



Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

 ФАКУЛЬТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

 ФАКУЛЬТЕТ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

 ГУМАНИТАРНЫЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ
БЕЗОПАСНОСТИ

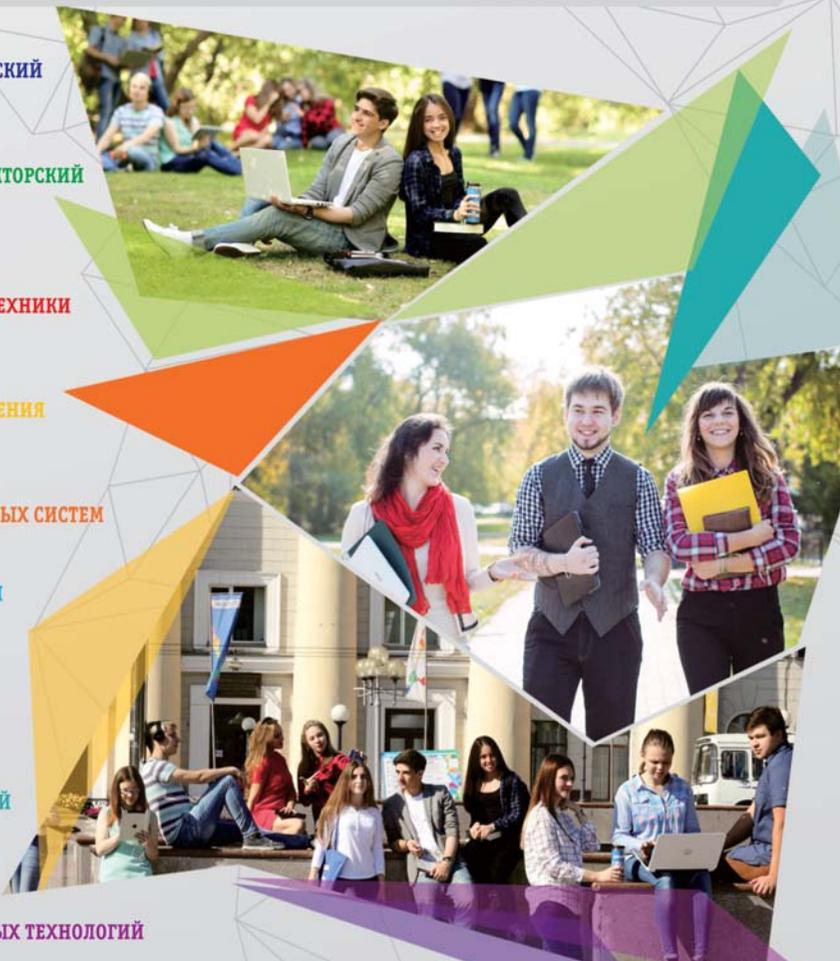
 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 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
Телефон/Факс: (3822) 900-100 Сайт: <http://tusur.ru/>

Информационный центр абитуриента: magistrant.tusur.ru

Сборник избранных статей научной сессии TUSUR



ПО МАТЕРИАЛАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
г. Томск, 16–18 мая 2018 г.
(в трех частях)

ЧАСТЬ 1

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

Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР

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

16–18 мая 2018 г., г. Томск

В трех частях

Часть 1

В-Спектр
2018

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

Н 34

Н 34 Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР, Томск, 16–18 мая 2018 г.: в 3 частях. – Томск: В-Спектр, 2018 – Ч. 1. – 282 с.

ISBN 978-5-91191-382-3

ISBN 978-5-91191-383-0 (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, нанопотоники, 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 978-5-91191-382-3

ISBN 978-5-91191-383-0 (Ч. 1)

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

Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР

по материалам Международной научно-технической
конференции 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.;
- Мещеряков 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.;
- Лоцилов 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 – *Курячий 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 Александр 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 Анто-*

нович, 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 секциям и частям сборника:

1-я часть – 1-я секция (подсекции 1.1 – 1.8); 4-я секция (подсекции 4.1 – 4.3); 5-я секция (подсекции 5.1 – 5.6);

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

3-я часть – 3-я секция (подсекции 3.1 – 3.9); 6-я секция; 8-я секция.

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 познакомиться с новейшим оборудованием для решения своих задач.

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

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

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

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

Спонсор 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

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

*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.

ИЗМЕРЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ЗАМЕТНОСТИ УГОЛКОВОГО ОТРАЖАТЕЛЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО НАД ГРАНИЦЕЙ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД ПРИ СКОЛЬЗЯЩИХ УГЛАХ ОБЛУЧЕНИЯ

Н.К. Блинковский, аспирант кафедры РТС

Научный руководитель В.Л. Гулько, доцент каф. РТС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, nkblink@yandex.ru

Уголковый отражатель часто используется при радиолокационных измерениях в качестве калибровочного тела с известной эффективной площадью рассеяния (ЭПР). Максимальная ЭПР металлического трёхгранного уголкового отражателя с треугольными гранями в свободном пространстве равна

$$\sigma_{\max} = \frac{4\pi a^4}{3\lambda^2}, \quad (1)$$

где a – длина ребра треугольной грани уголкового отражателя; λ – рабочая длина волны РЛС.

Формула (1) не пригодна для расчета ЭПР уголкового отражателя, наблюдаемого под скользящими углами к подстилающей поверхности. Для расчета ЭПР системы «трёхгранный уголковый отражатель + поверхность раздела» используется феноменологическая теория рассеяния радиоволн, в рамках которой отражение от гладкой подстилающей поверхности рассматривается в приближении геометрической оптики, а от трёхгранного уголкового отражателя – в приближении физической оптики.

ЭПР трёхгранного уголкового отражателя в неоднородном падающем поле определяется его радиолокационной заметностью [1], равной

$$\Sigma = \sigma_{\max} V^4, \quad (2)$$

где σ_{\max} – максимальная ЭПР трёхгранного уголкового отражателя в свободном пространстве; V – функция влияния поверхности раздела, формы и ориентации рассеивающего тела на мощность отраженного сигнала. В общем случае выражение для функции ослабления V не совпадает с известным выражением для множителя ослабления точечного изотропного отражателя.

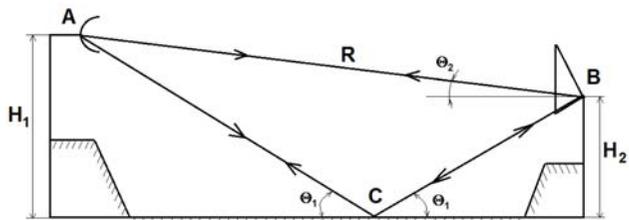


Рис. 1. Геометрия задачи обратного рассеяния на системе «трёхгранный уголкового отражатель + поверхность раздела»

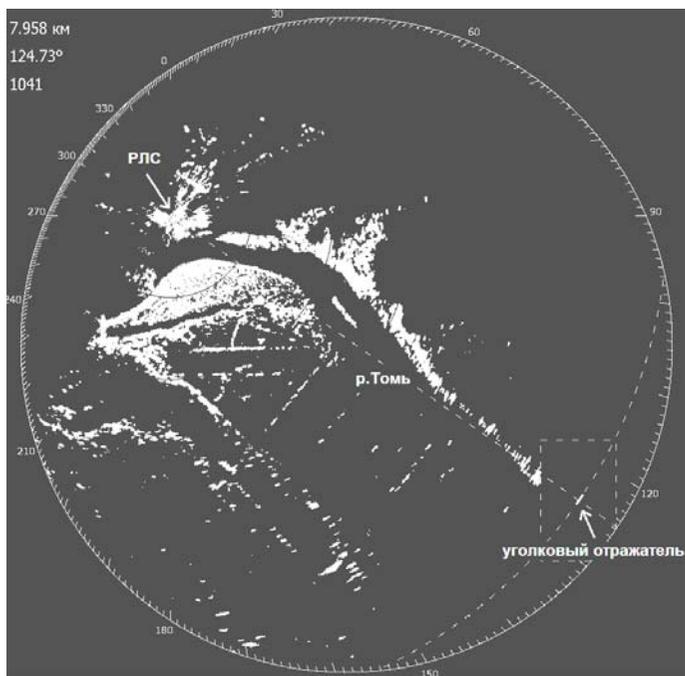


Рис. 2. Радиолокационное изображение участка р. Томь, поясняющее взаимное расположение антенны РЛС и уголкового отражателя в ходе проведения экспериментальных исследований 03 ноября 2017 г.

Радиолокационная заметность трёхгранного уголкового отражателя (2) рассчитывается с использованием четырёхлучевой модели распространения и отражения радиоволн над гладкой подстилающей поверхностью [2].

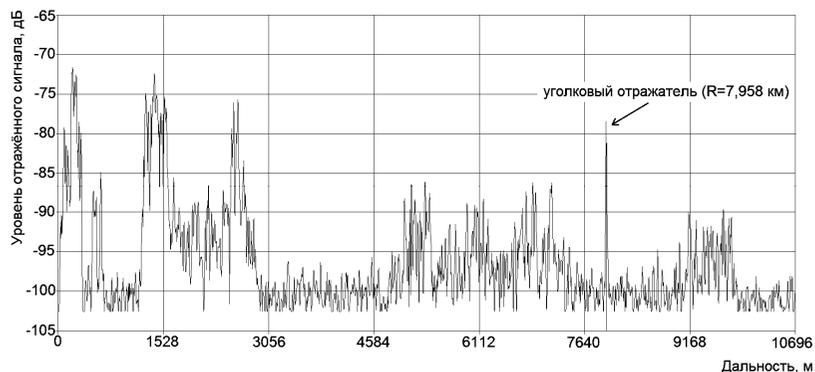


Рис. 3. Развёртка по дальности вдоль визирной линии, направленной на уголкового отражатель. 14 июля 2017 г.

Цель работы – экспериментальное измерение радиолокационной заметности трёхгранного уголкового отражателя при изменении свойств подстилающей поверхности. При экспериментальных исследованиях распространение и отражение радиоволн над водной поверхностью проходило вдоль трассы между приёмопередающей антенной РЛС и трёхгранным уголкового отражателем (рис. 1).

Ширина диаграммы направленности антенны РЛС в горизонтальной плоскости равна 1° , в вертикальной плоскости – 30° . Поляризация радиоволн – горизонтальная. Рабочая длина волны РЛС – 3,2 см. Антенна РЛС и трёхгранный уголкового отражатель были установлены на берегу реки Томь (рис. 2). Длина трассы составила 8 км. Измерения радиолокационной заметности уголкового отражателя проводились на индикаторе дальности типа А (рис. 3).

Результатом работы являются измеренные значения радиолокационной заметности трёхгранного уголкового отражателя при скользких углах облучения за период времени с июля 2017 г. по март 2018 г. Разность между максимальными и минимальными значениями радиолокационной заметности трёхгранного уголкового отражателя составила 11 дБ. В относительных единицах измеренные значения радиолокационной заметности уголкового отражателя находились в пределах от -84 до -73 дБ.

Заключение. По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. При скользящих углах облучения наибольший вклад в изменение радиолокационной заметности уголкового отражателя вносили понижение или повышение уровня воды в реке Томь, а в период ледостава – изменение толщины снежного покрова над поверхностью реки.

2. Вариации значений радиолокационной заметности уголкового отражателя наблюдались как в летний, так и в зимний период времени.

3. При использовании уголкового отражателя в качестве калибровочного тела для точного расчета ЭПР системы «трёхгранный уголкового отражатель + поверхность раздела» необходимо постоянно проводить предварительные измерения высот установки антенны РЛС – H_1 и уголкового отражателя – H_2 относительно текущего уровня подстилающей поверхности (см. рис. 1).

4. Применение радиооптического уголкового отражателя со светоотражающими гранями [3] позволяет из одной точки A (места установки антенны РЛС) с высокой точностью измерить угол скольжения Θ_1 и угол облучения Θ_2 (см. рис. 1), достаточные для расчета радиолокационной заметности уголкового отражателя.

Работа выполнена в рамках проекта по государственному заданию Минобрнауки РФ № 8.7348.2017/8.9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Штагер Е.А. Эффективная площадь рассеяния морских объектов в неоднородном падающем поле // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2007): матер. 17-й Междунар. Крым. конф., Севастополь, 10–14 сент. 2007 г. – Севастополь: Вебер, 2007. – С. 9–14.

2. Леонтьев В.В. Использование РЛС в сочетании с пассивным отражателем для обнаружения загрязнения водной поверхности нефтью // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 1991. – № 8. – С. 33–37.

3. Пат. 2634550 Российская Федерация, МПК Н 01 Q 15/18, В 63 В 22/01. Навигационный радиооптический уголкового отражатель направленного действия со светоотражающими гранями / Гулько В.Л., Блинковский Н.К., Мещеряков А.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР). – № 2016114834; заявл. 15.04.16; опубл. 31.10.17. Бюл. № 31. – 13 с.

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Н.А. Чебан, студент

*Научный руководитель А.А. Мецзяков, доцент каф. РТС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, ok.chenik@gmail.com*

Развитие методов и средств зондирования окружающей среды и изучение процессов, происходящих в атмосфере, являются одним из важных условий успехов во всех направлениях современной метеорологии [1]. Получаемая в процессе зондирования атмосферы информация необходима, прежде всего, при составлении численных прогнозов погоды, а также при исследовании явлений и процессов, происходящих в атмосфере и влияющих на работу различных радиотехнических систем.

Системы зондирования атмосферы, запускаемые с помощью шаров-зондов в свободную атмосферу, являются одними из основных средств получения аэрологической информации. Они обеспечивают потребителя метеорологической информацией о параметрах свободной атмосферы, таких как температура, влажность, давление, направление и скорость ветра, а также могут использоваться для измерения специальных параметров (радиации, уровня промышленных выбросов газов, аэрозолей и т.п.) [2].

Измерительные средства, используемые для получения первичной метеорологической информации, обеспечивают не только измерение метеорологических величин, но и их преобразование, запись и передачу потребителям.

Однако широко известные ранее разработанные метеозонды фирмой Vaisala [3] для получения метеорологических данных используют специальную аппаратуру, которую ТУСУР на данный момент не имеет.

Для измерения метеорологических параметров был разработан, изготовлен и испытан радиозонд, входящий в состав разрабатываемой нами системы зондирования атмосферы.

Радиозонд, функциональная блок-схема которого представлена на рис. 1, содержит первичные измерительные преобразователи температуры, относительной влажности и давления (ВМЕ280), микроконтроллер (АТmega2560), передатчик (NRF24L01P), усилитель мощности (F16680/81), источник питания (аккумулятор) и преобразователь напряжения, GPS-приемник.

Для поиска радиозонда при его возвращении на Землю используется звуковой сигнализатор (маячок), который снабжен независимым

микроконтроллером (ATmega328p), сенсором давления (BMP180) и пьезоизлучателем.

Радиозонд имеет достаточно малые массу, габариты и потребление энергии.

Технические характеристики датчика BME280 температуры, относительной влажности и давления имеют следующие значения:

- диапазон измерения относительной влажности: от 0 до 100% при температуре от -40 до $+85$ °C;
- точность измерения: $\pm 2\%$ относительной влажности;
- точность измерения абсолютного давления: ± 1 ГПа;
- точность измерения температуры: $\pm 0,5$ при 25 °C;
- разрешающая способность измерений: 0,01.

В процессе реализации зондирования измерялись температура, давление и относительная влажность воздуха, а также текущие координаты радиозонда, что позволило дополнительно определять такие важнейшие характеристики, как скорость и направление ветра.

Измеренные метеорологические параметры: температура, влажность, местоположение, атмосферное давление и скорость движения зонда – передавались в реальном времени по каналу связи на наземный приемный пункт.

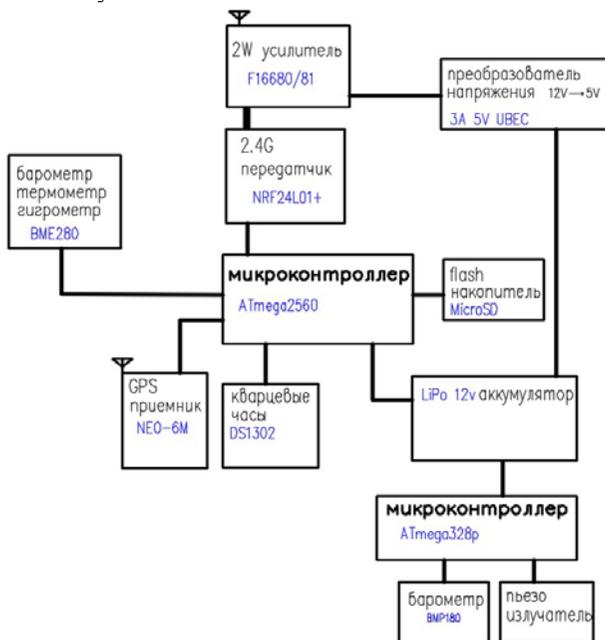


Рис. 1. Функциональная блок-схема радиозонда

На рис. 2 для примера приведены результаты измерений метеоданных в виде зависимостей от высоты полета радиозонда.

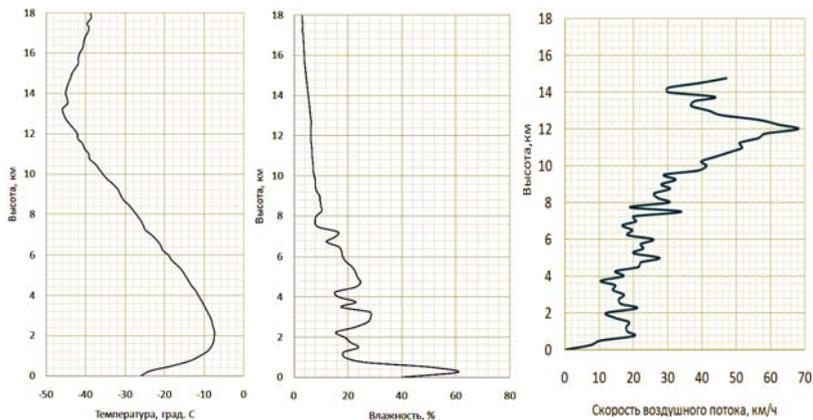


Рис. 2. Результаты измерений метеоданных

Экспериментальная проверка разработанной аппаратуры системы зондирования атмосферы показала, что аппаратура стабильно работала при предельно низких температурах (до -50°), пониженном давлении и повышенном воздействии солнечной радиации.

В ходе работы получен как опыт разработки и изготовления оборудования для метеорологических измерений, так и опыт в организации запусков радиозондов.

Работа выполнена в рамках проекта по государственному заданию Минобрнауки России № 8.7348.2017/8.9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев В.Н., Кузнецов А.Д. Методы зондирования окружающей среды (атмосферы): учебник. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2004. – 429 с.
2. Альтер-Залик Ю.Ж. Зондирование атмосферы с помощью аэростатов: учеб. пособие. – СПб.: Ленинградский гидрометеорологический институт, 1981. – 70 с.
3. Веб-страница компании Vaisala: Системы зондирования и радиозонды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vaisala.ru/ru/products/soundingsystemsandradiosondes>

АНАЛИЗ МНОГОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА ДОПЛЕРОВСКОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЛОКАТОРА

Ю.А. Донской, аспирант ИМКЭС СО РАН

*Научный руководитель Н.П. Красненко, д.ф.-м.н., проф. ТУСУРа, г.н.с.
ИМКЭС СО РАН, donsokoi.yuri@mail.ru*

Доплеровский акустический локатор, или содар, – это метеорологический инструмент для дистанционного измерения структуры вертикальной турбулентности и профиля ветра в нижних слоях атмосферы. Основной задачей, стоящей перед разработчиками содаров, является повышение надежности и качества измеряемых параметров. Один из способов достижения этой цели заключается в использовании кодированных импульсов и разработке соответствующих методов обработки принятого эхо-сигнала [1].

Несмотря на то, что сегодня частотно-кодированные импульсы используются в некоторых коммерческих доплеровских акустических локаторах [2], в немногочисленных статьях и литературе, посвященной теме многочастотных измерений [1, 3], плохо освещены аспекты цифровой обработки и анализа принятого сигнала, методы получения измеряемых параметров.

Целью данной работы является описание основных этапов анализа (обработки) отраженных многочастотных импульсов для получения доплеровского спектра в содарах.

Многочастотный сигнал локатора – это совокупность N импульсных сигналов с различными несущими частотами (f_1, f_2, \dots, f_N), с фиксированным шагом Δf . Все передаваемые импульсы имеют одинаковую длительность (τ , с.) и передаются последовательно [1, 3, 4]. Например, на рис. 1 представлен многочастотный сигнал, состоящий из трех импульсов длительностью $\tau = 18$ мс каждый, с частотами $f_1 = 100$ Гц, $f_2 = 200$ Гц, $f_3 = 300$ Гц (шаг $\Delta f = 100$ Гц).

Рассеянные от атмосферных неоднородностей эхо-сигналы принимаются приемником. Причем эхо-сигналы содержат частоты, соответствующие всем N переданным частотам с доплеровским смещением. Для пояснения на рис. 2 представлена схема многочастотного зондирования в координатах время–высота [1, 3].

Система (рис. 2) передает три импульса, длительностью τ с каждый с частотами f_1, f_2, f_3 . В момент времени t_1 антенна начинает принимать эхо-сигналы с высот h_1, h_2, h_3 с частотами f_1, f_2, f_3 соответственно. В момент t_2 – с высот h_2, h_3, h_4 и т.д. Таким образом, принимается один сигнал с высоты h_1 , два – с высоты h_2 и все три – со всех остальных высот [3, 4].

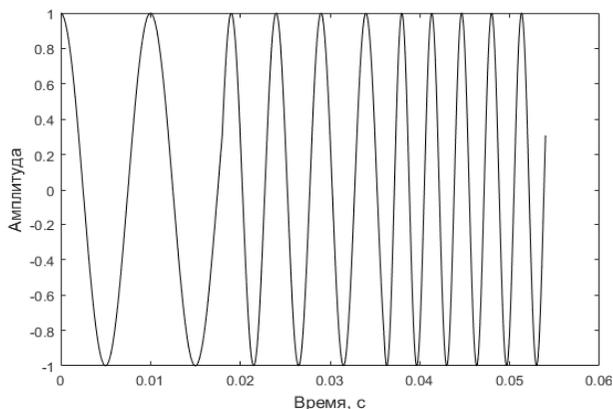


Рис. 1. Многочастотный сигнал

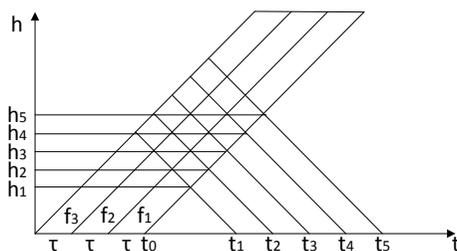


Рис. 2. Схема многочастотного зондирования в координатах время–высота

Цель анализа принятого многочастотного эхо-сигнала – получение доплеровского спектра для каждой высоты зондирования из заданного диапазона. В необходимой требуемой обработке сигнала можно выделить 5 этапов.

Этап 1 – преобразование временной выборки отраженного сигнала в эквивалентный спектр мощности для каждой высоты, для чего обычно используется преобразование Фурье [4, 5].

Этап 2 – сегментирование спектральных плотностей мощности с полосой $\pm\Delta f/2$ относительно каждой переданной частоты, для каждой измеряемой высоты (единственный критерий выбора шага по частоте Δf и соответственно полосы сегментирования – это максимальная измеряемая скорость ветра, следовательно, шаг Δf должен выбираться так, чтобы доплеровские частоты конкретного сегмента не попадали на соседние сегменты). Таким образом, получаем N сегментов (по сегменту для каждой частоты: f_1, f_2, \dots, f_N , которые являются центральными для каждого сегмента).

На этапе 3 для определения доплеровского сдвига для каждой высоты каждого сегмента из принятой частоты вычитается центральная частота. Так что для каждого из N сегментов центральной частотой станет частота 0 Гц.

Этап 4 – некогерентное спектральное усреднение спектральных плотностей мощности для каждой высоты измеряемого диапазона [4–6].

Этап 5 – по полученной на этапе 4 спектральной плотности мощности статистическими методами оцениваются мощность доплеровского спектра, частота Доплера принятого сигнала и дисперсия центральной частоты [3, 4, 6].

Таким образом, несмотря на сложность обработки, использование многочастотного сигнала в сравнении с одночастотным позволяет получить более надежную оценку частоты Доплера за счет некогерентного усреднения. То есть одно измерение импульсом, содержащим N частот, равносильно усреднению результатов N измерений одночастотным импульсом. В отличие от описанных в литературе методов анализа многочастотного сигнала [1, 3], в данной работе произведено разбиение обработки сигнала на этапы, что облегчает реализацию как в виде программы высокого уровня, так и в виде микропрограммы для цифрового сигнального процессора (ЦСП) или программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). В отличие от алгоритма, представленного в работе [4], выходными данными представленного анализа является частота доплеровского сигнала, а не скорость ветра, что облегчает на этапе вторичной обработки учет влияния параметров атмосферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bradley S. Use of Coded Waveforms for SODAR Systems // *Meteorology and Atmospheric Physics*. – 1999. – №71. – P. 15–23.
2. SCINTEC MFAS [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.scintec.com/english/web/Scintec/Details/A032002.aspx> (дата обращения: 22.02.2018).
3. Kouznetsov R. The multi-frequency sodar with high temporal resolution // *Meteorologische Zeitschrift*. – 2009. – Vol. 18, No. 2. – P. 169–173.
4. Anandan V., Shravan K. Multifrequency Decoding of a Phased Array Doppler Sodar // *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. – 2009. – Vol. 26, No. 4. – P. 44–57.
5. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов: 2 изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.
6. Lyons R.G. *The Essential Guide to Digital Signal Processing* / R.G. Lyons, D.L. Fugal. – Indiana: Prentice Hall, 2014. – 190 p.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ И МЕТОДА «СУММИРОВАНИЯ КОСИНУСОИД»

Д.В. Ерофеев, аспирант

Научный руководитель В.П. Денисов, проф. каф. РТС, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, erofeev_dv@mail.ru

В зарубежной литературе довольно подробно рассмотрены методы обработки результатов измерения, применяемых в многошкальных фазовых пеленгаторах [1]. Наиболее популярными являются метод максимального правдоподобия [2] и метод «суммирования косинусоид» [3]. Однако существует необходимость наглядно продемонстрировать точность данных методов в сравнении друг с другом.

Для проведения сравнения необходимо промоделировать работу этих методов на примере трехбазового фазового пеленгатора с четырехэлементной эквидистантной антенной решеткой (1;2;3) и разреженной (2;3;7) при введении нормально распределенных фазовых погрешностей, где одна из антенн является опорной.

Используя метод статистических испытаний, при количестве реализаций равном 1000, определим два параметра, таких как СКО направляющего косинуса σ_ν и вероятность устранения неоднозначности $P_{ОН}$ в зависимости от СКО разности фаз σ_ϕ .

В методе максимального правдоподобия происходит суммирование полных разностей фаз с весами, зависящими от структуры антенной системы и корреляционной матрицы ошибок измерений. Устранение неоднозначности по каждой из баз производится по совокупности всех измеренных разностей фаз. Оценка пеленга выполняется по совокупности всех полных разностей фаз, полученных в результате устранения неоднозначности измерений.

Чтобы найти требуемые параметры в методе максимального правдоподобия, необходимо вычислить двойной интеграл по собственной области D при 1000 реализаций, которая для трехбазового пеленгатора с линейной АР имеет форму шестиугольника, и установить, сколько значений попало в данную область.

$$P_0 = \iint_D W_2(y_1, y_2) dy_1, dy_2, \quad (1)$$

где $W_2(y_1, y_2)$ – двумерная плотность распределения нормальных случайных величин с дисперсиями.

В методе «суммирования косинусоид» формируются n (по числу измерительных баз) гармонических колебаний, начальные фазы кото-

рых равны разностям фаз сигналов на соответствующих базах, а частоты пропорциональны базам. Пеленг определяется по положению максимума суммы полученных колебаний.

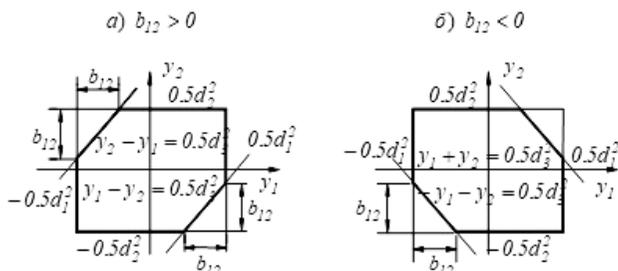


Рис. 1. Вид области интегрирования

Для поиска требуемых параметров в методе «суммирования косинусов» необходимо промоделировать отклик пеленгатора, при 1000 реализаций с нормально распределенными фазовыми погрешностями по формуле

$$S_{\varphi}(v) = \sum_{i=1}^n A_0 \cos[2\pi \cdot x_i (v - v_1)], \quad (2)$$

где $x_i = \frac{l_i}{\lambda}$, n – количество фазометрических баз, и установить, сколько значений главного максимума функции превышало порог.

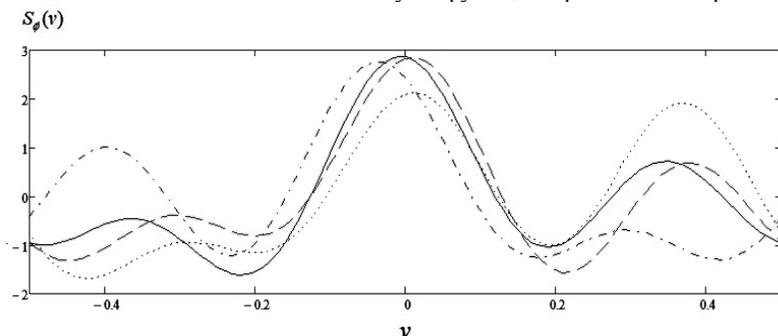


Рис. 2. Отклик пеленгатора при моделировании по методу «суммирования косинусов» для АР (1;2;3)

В результате моделирования были получены графики зависимости для эквидистантной и разреженной антенной решетки. Из полученных результатов видно, что метод максимального правдоподобия при малой погрешности эквивалентен по точности методу «суммиро-

вания косинусоид», однако вероятность устранения неоднозначности лучше в методе максимального правдоподобия.

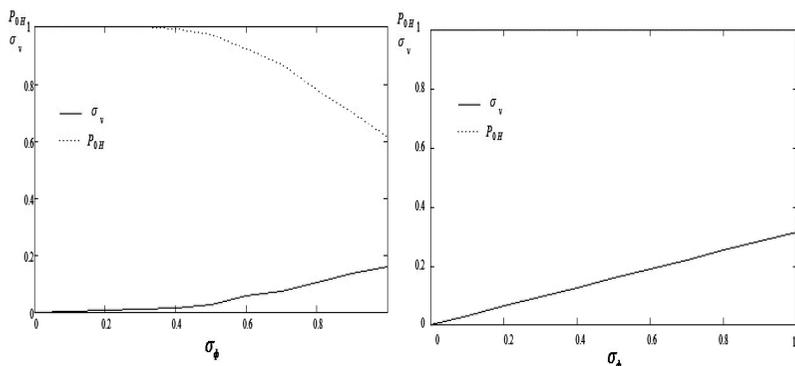


Рис. 3. Вероятность устранения неоднозначности P_{OH} и СКО направляющего косинуса σ_v в зависимости от СКО разности фаз σ_ϕ для АР (1;2;3).

Метод «суммирования косинусоид» слева, метод максимального правдоподобия справа

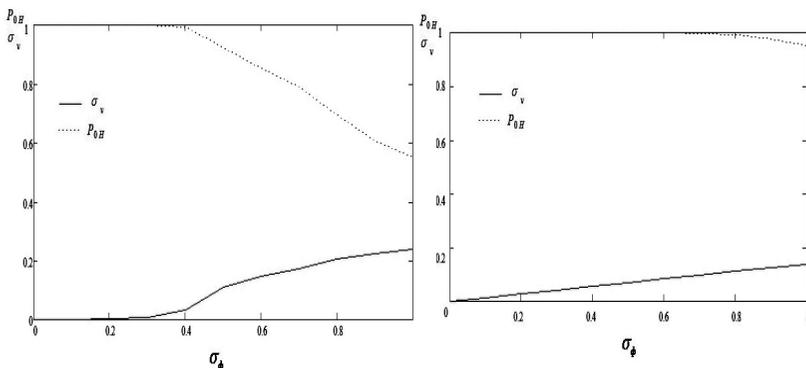


Рис. 4. Вероятность устранения неоднозначности P_{OH} и СКО направляющего косинуса σ_v в зависимости от СКО разности фаз σ_ϕ для АР (2;3;7).

Метод «суммирования косинусоид» слева, метод максимального правдоподобия справа

ЛИТЕРАТУРА

1. Liao B., Chan S.C. DOA estimation of coherent signals for uniform linear arrays with mutual coupling // Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems. – Rio de Janeiro, Brazil, 2011. – P. 377–380.

2. Zhang Y., Mu W., Amin M.G. Time-frequency maximum likelihood methods for direction finding // J. Franklin Inst. – July 2000. – Vol. 337, No. 4. – P. 483–497.

3. Денисов В.П. Фазовые радиопеленгаторы / В.П. Денисов, Д.В. Дубинин. – Томск: ТУСУР, 2002. – 251 с.

СИГНАЛ БАРКЕРА В РЕЗОНАНСНО-ПОГЛОЩАЮЩЕЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

Ю.С. Худышев, м.н.с.

Научный руководитель Г.М. Стрелков, д.ф.-м.н., проф.

г. Фрязино, Моск. обл., ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

Интенсивное развитие техники терагерцевого диапазона обуславливает необходимость аналитического описания закономерностей дисперсионных искажений импульсных радиосигналов в земной атмосфере. В указанном частотном диапазоне располагаются многочисленные резонансные линии малых газовых составляющих атмосферы, в том числе, водяного пара. В зависимости от начального спектра импульса могут возникать ситуации, когда процесс распространения практически полностью определяется одной спектральной линией. Ниже кратко изложены результаты анализа характера и уровня дисперсионных искажений сигнала Баркера с прямоугольной начальной формой и несущей, равной частоте резонансного поглощения сильной спектральной линии H_2O 183,36 ГГц, при распространении по приземной трассе.

Комплексная напряженность электрического поля \tilde{E} в излучаемом импульсе имеет вид

$$\tilde{E}(0;t) = A_0 \exp(i\omega't + i\Phi(N;t)) = \tilde{A}(0;t) \exp(i\omega't), 0 \leq t \leq t_{и},$$

где t – время; $\tilde{A}(0;t) = A_0 \exp(i\Phi(N;t))$ – комплексная огибающая сигнала Баркера; Φ – кодовая последовательность Баркера (см., напр., [1]); N – число элементов последовательности; A_0 и $t_{и}$ – «высота» и длительность импульса; $\omega' = 2\pi f'$; f' – несущая частота.

Последующая деформация распространяющегося импульса описывается соотношением (1) ($t' > 0$):

$$\begin{aligned} \tilde{A}(\tau;t') = & \tilde{A}(0;t') - \int_0^{t'} \frac{\sqrt{\delta_1}}{\sqrt{\theta}} J_1(2\sqrt{\delta_1\theta}) \exp((p_1 - i\omega')\theta) \tilde{A}(0;t' - \theta) d\theta - \\ & - \int_0^{t'} \frac{\sqrt{\delta_2}}{\sqrt{\theta}} J_1(2\sqrt{\delta_2\theta}) \exp((p_2 - i\omega')\theta) \tilde{A}(0;t' - \theta) d\theta + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \int_0^{t'} \exp(-i\omega'\theta) \tilde{A}(0; t' - \theta) \left[\int_0^\theta \frac{\sqrt{\delta_1}}{\sqrt{\eta}} J_1(2\sqrt{\delta_1}\eta) \exp(p_1\eta) \times \right. \\
& \left. \times \frac{\sqrt{\delta_2}}{\sqrt{\theta - \eta}} J_1(2\sqrt{\delta_2}(\theta - \eta)) \exp(p_2(\theta - \eta)) d\eta \right] d\theta. \quad (1)
\end{aligned}$$

Обозначения в (1): $t' = t - z/c$; c – скорость света; $\tau = \gamma_{ij}z$ и z – оптическая глубина и длина трассы; γ_{ij} – коэффициент поглощения среды на частоте резонансного поглощения ν_{ij} ; $\delta = 2\pi d\nu$; $d\nu$ – полуширина спектральной линии; $p_{1,2} = -\delta \pm i\omega_1 = -\delta \pm i\sqrt{\omega_{ij}^2 - \delta^2}$; $\delta_{1,2} = 0,5\tau\delta(1 \pm i\delta/\omega_1)$; $\omega_{ij} = 2\pi\nu_{ij}$; $J_1(x)$ – функция Бесселя.

Рисунок 1 иллюстрирует характер деформации огибающей сигнала Баркера с увеличением длины (оптической глубины) приземной трассы. Искажения проявляются как ее постепенная трансформация к виду последовательности подымпулсов с длительностями $\sim t_H/N$. Дополнительный анализ показывает, что относительные высоты подымпулсов могут заметно варьировать вместе с вариациями начальной длительности импульса и параметра N . Обратим также внимание на отсутствие как запаздывания импульса, так и практически отсутствие у него выраженного «хвоста».

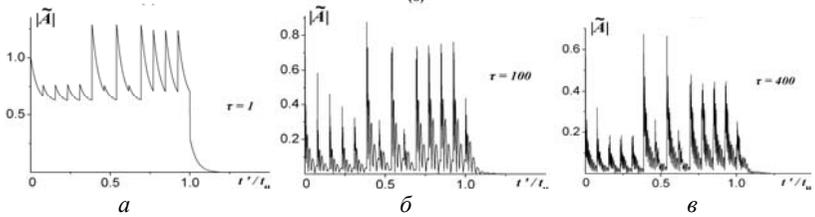


Рис. 1. Огибающая прямоугольного сигнала Баркера в резонансно-поглощающей газовой среде при $\nu_{ij} = 183,36$ ГГц; $d\nu = 3$ ГГц; $t_H = 1$ нс; $N = 13$ и $\tau = 1$ (а); 100 (б) и $\tau = 400$ (в)

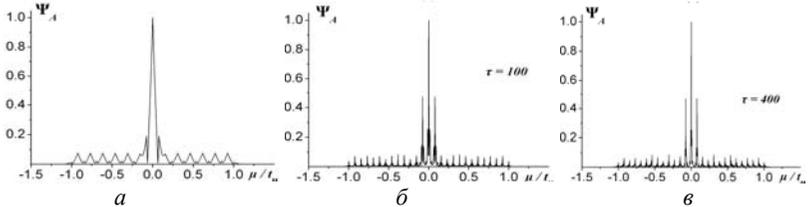


Рис. 2. Автокорреляционная функция прямоугольного сигнала Баркера в резонансно-поглощающей газовой среде (параметры те же, что и на рис. 1)

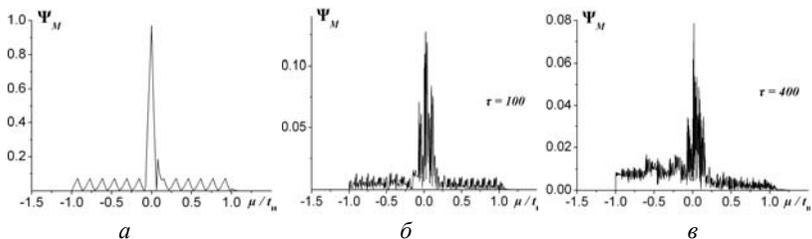


Рис. 3. Взаимкорреляционная функция излученного и деформированного в резонансно-поглощающей газовой среде прямоугольных сигналов Баркера (параметры те же, что и на рис. 1)

Обработка принятого сигнала предполагает установление его корреляционных характеристик, что непосредственно обеспечивается данными вычислений интегрального выражения (1). На рис. 2 и 3 приведены примеры автокорреляционной функции Ψ_A (АКФ) деформированного сигнала Баркера и взаимокорреляционной функции Ψ_M (ВКФ) излученного и деформированного сигналов Баркера.

$$|\Psi_A(\tau; \mu)| = \left| \frac{1}{E_n(\tau)} \int_0^{\infty} \tilde{A}(\tau; t' - \mu) \cdot \tilde{A}^*(\tau; t') dt' \right|;$$

$$|\Psi_M(\tau; \mu)| = \left| \frac{1}{\sqrt{E_n(0)E_n(\tau)}} \int_0^{\infty} \tilde{A}(\tau; t' - \mu) \cdot \tilde{A}^*(0; t') dt' \right|.$$

(μ – временной сдвиг; $E_n(0)$ и $E_n(\tau)$ – энергии сигнала в начале и конце трассы). Кривые *a–в* АКФ и ВКФ соответствуют огибающим *a–в* на рис. 1.

Выводы. Полученные результаты показывают, что при совпадающих или близких значениях резонансной и несущей частот следует ожидать значительных деформаций начальной огибающей и КФ простейших фазоманипулированных сигналов, к которым относится сигнал Баркера, из-за эффекта резонансного поглощения в атмосфере. Еще одним следствием эффекта в рассмотренной постановке задачи являются непрерывное сужение центрального пика АКФ с увеличением оптической глубины и относительно малые высоты двух вновь формирующихся соседних пиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. – М.: Сов. радио, 1970. – 376 с.
2. Стрелков Г.М. О распространении сверхкороткого радиопульса в резонансно-поглощающей атмосфере // Радиотехника и электроника. – 2013. – Т. 58, №10. – С. 989–1001.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТА СЖАТИЯ И АМПЛИТУДНО-ФАЗОВАЯ КОНВЕРСИЯ НЕЛИНЕЙНО- ИНЕРЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

Н.М. Исанов, магистрант

Научный руководитель В.П. Пушкарев, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, nurmanisanov@mail.ru

В радиотехнических системах и устройствах возникают нелинейные искажения, обусловленные наличием нелинейных усилительных полупроводниковых элементов [1].

Целью работы является исследование нелинейных эффектов в нелинейно-инерционных системах 3-го порядка (НИС) для разработки средств графической визуализации эффекта сжатия и амплитудно-фазовой конверсии.

На основе метода функциональных рядов Вольтерра (ФРВ) для нелинейных цепей с ограниченной «памятью» явная связь отклика $Y(t)$ и входного воздействия $U(t)$ представляется в форме (рис. 1):

$$y(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{\text{раз}}^{+\infty} h_k(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k) \prod_{r=1}^k x(t - \tau_r) d\tau_r, \quad (1)$$

где $h_k(\tau_1, \dots, \tau_k)$ – ядро Вольтерра k -го порядка.

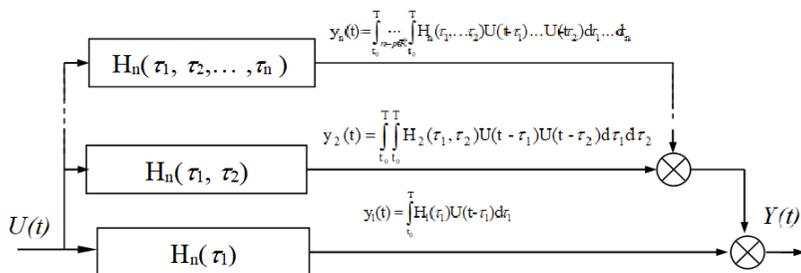


Рис. 1. Структурная модель нелинейной системы

Для устойчивых физически реализуемых цепей НИС выполняются условия:

- 1) $\int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{\text{раз}}^{+\infty} h_1(\tau_1, \dots, \tau_k) d\tau_1 \dots d\tau_k < \infty$,
- 2) $h_k(\tau_1, \dots, \tau_k) = 0$, где $\tau_k = 0$, $k = 1, \dots, n$.

Изображение Фурье ядра n -го порядка, или нелинейная передаточная функция (НПФ) порядка n , имеет вид (2)

$$\dot{H}_n(\omega_1, \dots, \omega_n) = \int_{-\infty}^{+\infty} \dots \int_{-\infty}^{+\infty} h_n(\tau_1, \dots, \tau_n) e^{-j(\omega_1 \tau_1 + \dots + \omega_n \tau_n)} d\tau_1 \dots d\tau_n. \quad (2)$$

Нелинейно-инерционная система, описываемая выражением (1) с учётом (2), представляется в виде структурной схемы (рис. 2).

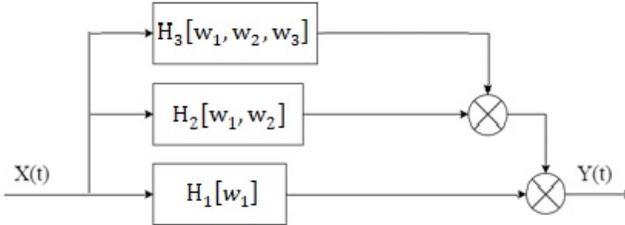


Рис. 2. Структурная модель нелинейно-инерционной системы 3-го порядка

В общем случае на вход НИС воздействует реальная часть моногармонического сигнала:

$$\dot{X}(t) = \dot{u}(t) = U \cdot \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где ω – круговая частота полезного сигнала; U – входное напряжение; φ_0 – начальная фаза.

Выходной отклик НИС в соответствии с алгоритмом разложения:

$$\dot{Y}(t, j\omega_n) = \sum_1^n \dot{H}_n[\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n] \cdot u^n(t), \quad (3)$$

где $\dot{H}_n[\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]$ – ядра Вольтерра n -го порядка НПФ.

Для описания передаточных свойств НИС исследуется система 3-го порядка, отклик нелинейной системы третьего порядка определяется согласно (3):

$$\begin{aligned} Y_c(t, j\omega) &= \dot{H}_1[\omega_c]u + \dot{H}_2[\omega_c, \omega_c]u^2 + \dot{H}_3[\omega_c, \omega_c, \omega_c]u^3 = \\ &= U \dot{H}_1[\omega_c] \cdot \cos(\omega_c t) + \frac{3}{4}U^3 \dot{H}_3[\omega_c, \omega_c, -\omega_c] \cdot \cos(\omega_c t) + \frac{1}{2}U^2 \dot{H}_2[\omega_c, -\omega_c] + \\ &+ \frac{1}{2}U^2 \dot{H}_2[\omega_c, \omega_c] \cdot \cos(2\omega_c t) + \frac{1}{4}U^3 \dot{H}_3[\omega_c, \omega_c, \omega_c] \cdot \cos(3\omega_c t). \end{aligned} \quad (4)$$

Комплексные НПФ для 3-го порядка на частоте полезного сигнала преобразованной системы определяются выражениями [2]:

$$\dot{H}_1[\omega_c] = \frac{\dot{W}_1[\omega_c]}{1 + \rho_1[\omega_c]},$$

$$\dot{H}_3[\omega_c, \omega_c, -\omega_c] = \frac{\dot{W}_1[\omega_c]}{(1 + \rho_1[\omega_c + \omega_c - \omega_c])(1 + \rho_1[\omega_c])} \left\{ \dot{W}_3[\omega_c, \omega_c, -\omega_c] - \frac{4 \dot{W}_2[\omega_c, \omega_c - \omega_c] \cdot \rho_2[\omega_c, -\omega_c]}{3 \cdot 1 + \rho_1[\omega_c - \omega_c]} - \frac{2 \dot{W}_2[\omega_c, -\omega_c - \omega_c] \cdot \rho_2[2\omega_c]}{3 \cdot 1 + \rho_1[2\omega_c]} \right\}$$

На рис. 2 и 3 представлены графики, которые визуализируют НИС 3-го порядка при моногармоническом воздействии.

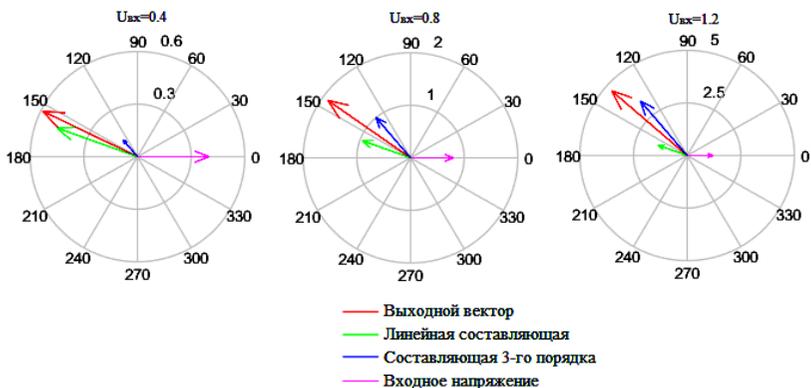


Рис. 2. Визуализация составляющих $H_1[\omega_c]$ и $H_3[\omega_c, \omega_c, -\omega_c]$

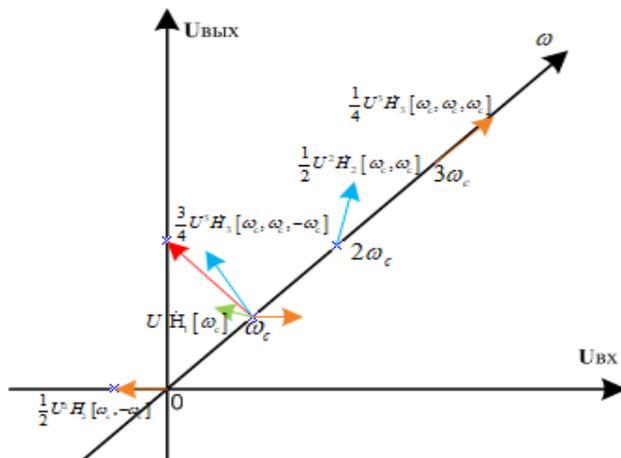


Рис. 3. Расположение нелинейных составляющих в пространстве

В результате исследования было найдено расположение нелинейных составляющих в пространстве. С помощью известных расположений линейной составляющей ($H_1[\omega_c]$) и составляющей 3-го порядка ($H_3[\omega_c, \omega_c, -\omega_c]$) было найдено расположение выходного вектора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданович Б.М. Нелинейные искажения в приемно-усилительных устройствах. – М.: Связь, 1980. – 256 с.

2. Пушкарев В.П. Минимизация нелинейных искажений сверхширокополосных приемно-преобразовательных трактов радиоэлектронных систем в условиях сложной электромагнитной обстановки // Военная техника, вооружение и современные технологии при создании военного и гражданского предназначения: IV Междунар. технологический конгресс (г. Омск, 4–9 июня 2007 г.). – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. – Ч. 2. – С. 294–297.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЛОКАТОРА НА ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКЕ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

А.А. Кузьмин, студент; А.С. Раков, м.н.с. ИМКЭС СО РАН;

И.Ю. Шеин, студент

*Научный руководитель, Н.П. Красненко, д.ф.-м.н., проф. ТУСУРа, г.н.с.
г. Томск, ИМКЭС СО РАН, kuzmich1232@gmail.com*

Каждый человек постоянно интересуется погодными условиями. Ему необходимо знать, какая температура будет завтра, будут ли осадки, сильный ветер, штормовые предупреждения. Погода и климат планеты определяются различными процессами, протекающими в толще атмосферы. Для достоверного предсказания поведения атмосферы необходимо знать ее характеристики на различных высотах, в различных районах, в различные моменты времени.

Акустические локаторы, или содары, на основе фазированных антенных решеток предназначены для контроля термической структуры (стратификации) атмосферного пограничного слоя (АПС), измерения вертикальных профилей скорости и направления ветра, характеристик турбулентности атмосферы [1–3]. В отличие от обычных многокомпонентных содаров, состоящих из нескольких приемопередающих антенн, содары, собранные на основе фазированной антенной решетки, имеют в составе только одну антенну в виде антенной решетки, позволяющей производить сканирование пространства путем отклонения луча диаграммы направленности в заданных координатах.

Использование многокомпонентных (многоканальных) содаров с применением нескольких антенн целесообразно в качестве стационарных, когда нет необходимости заботиться о площади размещения данных содаров. Если же имеются ограничения по площади размещения или требуется периодически менять место зондирования, то необходимо иметь мобильный содар с теми же или даже лучшими характеристиками. В этом случае наиболее оптимальным вариантом является содар, собранный на основе фазированной антенной решетки (ФАР).

Содары на ФАР обладают следующими преимуществами:

- позволяют осуществлять зондирование атмосферы с помощью одной антенны в нескольких направлениях путем переключения (сканирования луча), управляя амплитудой и фазой сигналов на входах единичных элементов решетки;
- обладают большей дальностью зондирования, поскольку мощность излучаемого сигнала определяется параметрами единичного излучателя и их количеством в решетке;
- обладают малыми массогабаритными параметрами.

Разработанный содар состоит из следующих функциональных блоков:

- приемопередающей ФАР;
- блока электроники (усилитель мощности, блок приемопередачи, малошумящий усилитель, аналого-цифровой преобразователь);
- модуля управления фазовым сдвигом сигналов;
- системы обработки, отображения и хранения измеряемых параметров.

На рис. 1 изображена структурная схема содара.



Рис. 1. Структурная схема содара на ФАР

Основу содара составляет фазированная антенная решетка. В качестве единичных элементов ФАР выбраны электроакустические пьезоэлектрические преобразователи.

зокерамические преобразователи ПЭП-1 [4]. Набор преобразователей для решетки был протестирован в безэховой камере и были отобраны 16 штук с близкими параметрами. Из них была собрана решетка. Были проведены исследования ФАР, снята её диаграмма направленности, измерена амплитудно-частотная характеристика, найдена ее резонансная частота. Далее были выполнены эксперименты с изменением длительности сигнала и подобран приемный усилитель с резонансной частотой, равной резонансной частоте решетки. После проведения всех экспериментов содар был смонтирован на крыше здания для тестирования и проведения измерений термической структуры атмосферы. В качестве примера на рис. 2 представлен пример трехмерной выотно-временной записи термической структуры атмосферы (факсимильная запись).

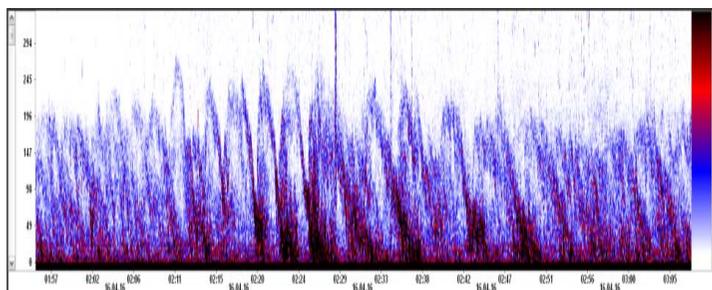


Рис. 2. Термическая структура АПС. Часовая запись до высоты 300 м

Таким образом, был разработан мобильный содар на ФАР, состоящей из 16 элементов. Проведено его первичное тестирование при вертикальном моностатическом зондировании, в результате которого получена запись обратно-рассеянного сигнала до высоты 100 м (рис. 2), показывающая его функциональную работоспособность.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. – Томск: Водолей, 2001. – 279 с.
2. Bradley S. Atmospheric Acoustic Remote Sensing. – CRC Press, Boca Raton; London; New Yourk, 2008. – 265 p.
3. Krasnenko N.P., Shamanaeva L.G. Sodars and their application for investigation of the turbulent structure of the lower atmosphere // ENVIROMIS-2016, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016. – Vol. 48. – P. 012025 (<http://iopscience.iop.org/1755-1315/48/1/012025>), 12 p.
4. Преобразователь электроакустический пьезокерамический ПЭП-1 [Электронный ресурс]. – URL: <http://aerofon34.ru/index.php/produktsiya> (дата обращения: 25.02.2018).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОМЕТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ В СОСТАВЕ БОРТОВЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ МАЛОГАБАРИТНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Д.Е. Миненко, Т. Абдирасул уулу, студенты;
А.В. Убайчин, доцент, к.т.н.*

*Научный руководитель А.В. Фатеев, зав. каф. РЗИ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, каф. КУДР, dmitriy.minenko.95@gmail.com*

Первый полет в космос, развитие СВЧ-техники, микро- и нано-электроники и многие другие факторы еще в прошлом столетии дали толчок для развития микроволновой радиометрии. Средствами и методами микроволновой радиометрии можно решить ряд глобальных задач по исследованию подстилающей поверхности, определению подповерхностных вод в засушливых регионах, экологическому мониторингу, обнаружению и предупреждению очагов возгорания лесных массивов, дистанционному измерению температуры, неразрушающему контролю, ранней неинвазивной медицинской диагностике и т.д. Устройства, используемые для измерения собственного электромагнитного излучения объектов наблюдения (измерения) в микроволновой радиометрии, получили название «микроволновые радиометры».

Радиометрические системы работают в различных СВЧ-диапазонах (в зависимости от поставленной задачи) и поэтому при измерениях собственных электромагнитных излучений объектов наблюдений (измерений) стоит выделить независимость от времени суток и от погодных условий. Микроволновые радиометры используются в качестве исследовательских систем на самолетах и спутниках. В связи с этим вытекают их недостатки, такие как низкая пространственная разрешающая способность, связанная с высокоорбитальным полетом спутников (также зависит от геометрических размеров применяемых антенн, при этом увеличение геометрических размеров используемых антенн сопровождается экономическими и технологическими ограничениями), длительный интервал повторения измерений (в настоящее время минимальное значение периода измерений параметров подстилающей поверхности Земли со спутников дистанционного зондирования составляет от нескольких часов до нескольких суток), высокая потребляемая мощность и т.д.

Основная идея использования радиометрических систем в составе бортовых измерительных систем на малогабаритных беспилотных летательных аппаратах (МБПЛА) влечет за собой пересмотр многих аспектов проектирования радиометрических приемников и создания

нового подхода к проектированию микроволновых радиометров. Возможность применения радиометрических систем в составе исследовательских систем МБПЛА позволит осуществлять зондирование подстилающей поверхности в очень короткие промежутки времени (период измерений примерно 2–4 ч), что может быть применимо для обнаружения (предупреждения) очагов возгораний лесных массивов, решения ряда обратных задач экологического мониторинга, определения местоположения подповерхностных вод в сельскохозяйственных угодьях и т.д.

Представленная работа направлена на выявление эффективности применения микроволновых радиометрических устройств в составе бортовых исследовательских систем МБПЛА на основных типах микроволновых радиометров: компенсационных, модуляционных и нулевых.

Первый тип радиометров (компенсационный) относится к радиометрам полной мощности и обладает самой высокой потенциальной флуктуационной чувствительностью. Классическая схема компенсационного радиометра представлена на рис. 1.

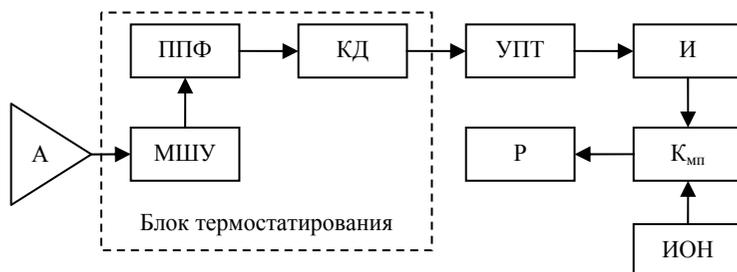


Рис. 1. Структурная схема компенсационного радиометра

Структурная схема классического компенсационного радиометра состоит из антенны А, малошумящего усилителя МШУ, полосно-пропускающего фильтра ППФ, квадратичного детектора КД, усилителя постоянного тока УПТ, интегратора И, компенсатора $K_{мп}$, источника опорного напряжения ИОН и регистратора Р [1].

Представленная классическая схема компенсационного радиометра обладает максимально возможной потенциальной флуктуационной чувствительностью (сигнал антенны измеряется непрерывно), но при этом существует недостаток в виде зависимости показаний измерений при изменении коэффициента усиления приемника и его собственных шумов. Зависимость результатов измерений при изменениях коэффициента усиления (дрейфа и флуктуаций) и собственных

шумов не дает достичь высокого значения потенциальной флуктуационной чувствительности в реальных условиях. Проблема снижения дрейфа коэффициента усиления решается термостатированием всего измерительного тракта, что приводит к повышению массогабаритных показателей и увеличению энергетических затрат.

Модуляционные радиометры впервые были описаны в 1946 г. в статье Роберта Дикке [2], в которой изложен новый метод приема слабых шумовых сигналов, на основе которого создан модуляционный радиометр.

На рис. 2 представлена структурная схема модуляционного радиометра и состоит из антенны А, входного СВЧ-модулятора (переключателя) ПК, опорного генератора шума ОГШ, малошумящего усилителя МШУ, полосно-пропускающего фильтра ППФ, квадратичного детектора КД, усилителя низких частот УНЧ, синхронного детектора СД, интегратора И, регистратора Р и устройства управления УУ.

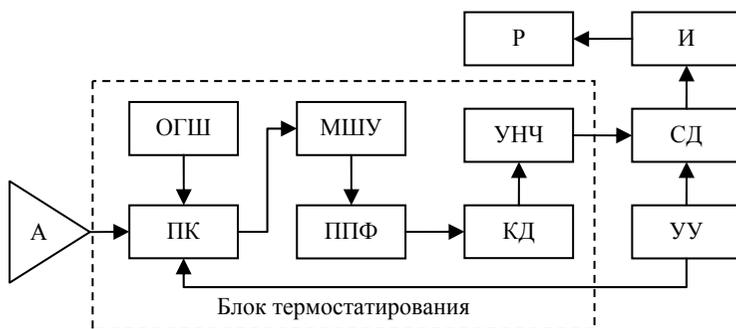


Рис. 2. Структурная схема модуляционного радиометра

Работа модуляционных радиометров заключается в использовании принципа дифференциальных измерений, применение которого позволяет устранить влияние постоянной составляющей собственных шумов радиометра на точность измерений.

Отличие модуляционного типа радиометра от компенсационного заключается в применении опорного генератора шума ОГШ, вырабатывающего шумовой сигнал неизменной мощности. Устройство управления осуществляет переключение ко входу МШУ антенны и опорного генератора шума и тем самым в схемах модуляционных радиометров выполняется амплитудно-импульсная модуляция сигналов антенны T_a и опорного генератора шума $T_{оп}$. В модуляционных радиометрах собственные шумы приемника $T_{ш}$ не подвергаются модуляции, и на выходе усилителя низких частот будет присутствовать

только модулированная составляющая сигналов. Из вышеописанного вытекает следствие, что в модуляционных схемах устранено влияние внутренних шумов приемника на точность измерений. В модуляционных схемах на точность измерений влияет изменение коэффициента передачи измерительного тракта, что, собственно, и является одним из основных недостатков модуляционных радиометров. Следует принимать во внимание, что время наблюдения за шумовой температурой антенны в модуляционных радиометрах уменьшено в два раза (вторая половина периода предназначена для наблюдения за сигналом опорного генератора шума).

Чаще всего модуляционные радиометры используются в квази-нулевом режиме. В начале измерений при помощи настройки опорного генератора шумовой температуры устанавливают равенство $T_a = T_{оп}$. Такой подход облегчает калибровку модуляционных радиометров.

Для повышения чувствительности приемника применяют малошумящие усилители с низким коэффициентом шума, понижение шумовой температуры за счет охлаждения, уменьшения потерь во входном тракте. Снижение потерь сводится к тому, что применяется автоматическая регулировка усиления для стабилизации коэффициента передачи, термостатирование приемника, что влечет за собой повышение массогабаритных показателей и увеличение энергопотребления.

Для устранения недостатков модуляционных радиометров применяют метод нулевых измерений [3–5]. Нулевой метод измерений достигается при условии, что регулировкой опорного генератора шума достигается выполнение условия равенства шумовой температуры антенны и шумовой температуры опорного генератора шума $T_a = T_{оп}$. В нулевых радиометрах также выполняется амплитудно-импульсная симметричная модуляция. Показателем нулевого метода является нулевое напряжение на выходе радиометра в оба полупериода модуляции. При этом на точность измерений не влияют изменения коэффициента передачи приемника и собственные шумы приемника. Точность измерений зависит только от стабильности опорных генераторов шумовой температуры.

На рис. 3 представлена структурная схема нулевого радиометра и состоит из антенны А, переключателя ПК, регулируемого генератора шума РГШ, малошумящего усилителя МШУ, полосно-пропускающего фильтра ППФ, квадратичного детектора КД, усилителя нижних частот УНЧ, синхронного детектора СД, интегратора И, устройства управления генератором шума УУГШ и устройства управления УУ.

Основная проблема нулевых радиометров заключается в сложности создания генератора шума с характеристикой высокой линейно-

сти. Полупроводниковые генераторы шума имеют существенную нелинейность зависимости выходной мощности от питающего тока. Если для регулировки использовать аттенюатор, то выходная мощность будет зависеть от коэффициента ослабления аттенюатора и от его физической температуры. Вследствие появляются трудности при калибровке нулевого радиометра и настройке на выбранный диапазон измерений.

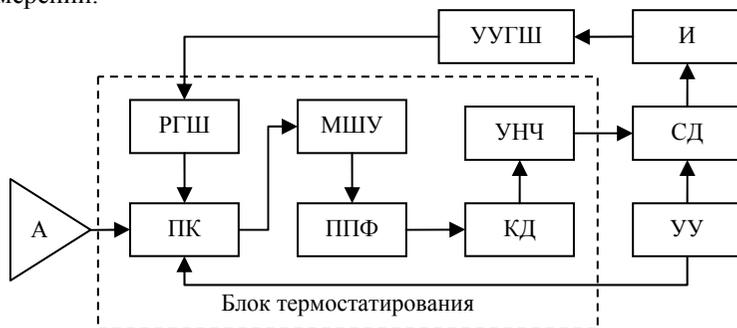


Рис. 3. Структурная схема нулевого радиометра

Заключение. В компенсационных радиометрах основная проблема заключается в зависимости показаний измерений от изменений коэффициента усиления приемника и его собственных шумов, что сказывается на снижении флуктуационной чувствительности приемника, необходимости термостабилизации приемника, что влечет за собой увеличение массогабаритных показателей и энергопотребления системы.

Модуляционные радиометры получили широкое распространение за счет достаточно высокой точности измерений. В модуляционных радиометрах устранено влияние собственных шумов приемника на точность измерения. Результаты зависят от изменений коэффициента передачи измерительного тракта.

Нулевые радиометры являются частным случаем модуляционных радиометров. В нулевых радиометрах исключается влияние флуктуаций коэффициента усиления на измеряемый сигнал посредством переключения на входе одного и того же измерительного тракта входного и опорного сигнала в разные промежутки времени. При реализации нулевых радиометров достаточно сложно реализовать приемник из-за присутствия трех эталонов сигнала на входе. Также применение активных генераторов шума подразумевает применение дополнительных блоков питания, что влечет за собой увеличение массогабаритных показателей и энергопотребления.

Подводя итоги рассмотрения трех типов радиометров с точки зрения возможности применения в составе бортовых исследовательских систем МБПЛА, стоит отметить, что для решения задачи по использованию радиометрических систем на МБПЛА необходимо решить ряд задач по обеспечению стабилизации коэффициента передачи приемника, использованию маломощных усилителей, радиокomпонентов с низкими вносимыми ослаблениями сигналов, устранению собственных шумов для повышения чувствительности радиометрических систем и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Есепкина Н.А. Радиотелескопы и радиометры / Н.А. Есепкина, Д.В. Корольков, Ю.Н. Парийский. – М.: Наука, 1973. – 415 с.
2. Dicke R.H. The measurement of Thermal Radiation at Microwave Frequencies // Rev. Sci. Instr. – 1946. – Vol. July. – P. 268–275.
3. Goggins W.B. A microwave feedback radiometer // IEEE Transactions Aerospace Electronics Systems. – 1967. – №3. – P. 83–90.
4. Геворкян В.Г. Автоматический нулевой радиометр диапазона длин волн 3–4 мм / В.Г. Геворкян, А.Г. Кисляков, Э.Г. Мирзаякин // Изв. вузов. Радиофизика. – 1979. – Т. 22, №2. – С. 240–242.
5. Многоприемниковые микроволновые радиометрические системы на основе модифицированного метода нулевых измерений / А.В. Убайчин, А.В. Филатов. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2014. – 154 с.

МАКСИМАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ НОРМИРОВАННОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

А.В. Могильников, студент

Научный руководитель Ю.П. Акулиничев, проф. каф. РТС, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, tog.v.andrey@yandex.ru

Проект ГПО РТС-1505 «Программный комплекс системы прогнозирования характеристик СВЧ-радиоволн»

В настоящее время наиболее популярным методом исследования характеристик радиоволн является численное решение параболического волнового уравнения (ПУ)

$$2ik \frac{\delta U(x,y)}{\delta x} + \frac{\delta^2 U(x,y)}{\delta y^2} + k^2 (\varepsilon(x,y) - 1)U(x,y) = 0, \quad (1)$$

где $U(x,y) = E(x,y) \exp(-ikx)$ – комплексная огибающая напряженности $E(x,y)$ электрического поля заданной поляризации, распространяющегося вдоль оси Ox в среде с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon(x,y)$ (форма (1) является двумерным ПУ) [1].

Параболическое уравнение является малоугловым приближением к уравнению Гельмгольца. Считается, что ПУ удовлетворительно описывает процесс распространения плоских волн при $|\beta| \leq \beta_{\max}$, где β – угол между вектором Пойтинга плоской волны и осью Ox ($\beta_{\max} \ll 1$).

Для расчета ожидаемой напряженности поля в прямоугольной области «дальность – высота» $0 \leq x \leq D$, $0 \leq y \leq H$, расположенной в заданном направлении от источника излучения, вводят прямоугольную дискретную сетку. Расчет поля ведется лишь в ее узлах, которые удалены друг от друга на расстояния, равные шагам дискретизации по дальности $\Delta x = D/N$ и высоте $\Delta y = H/M$. Сначала задают значения напряженности поля в узлах сетки при $x = 0$, а затем последовательно, применяя один и тот же алгоритм, находят значения напряженности в узлах сетки при $x = \Delta x$, $x = 2\Delta x$, ..., $x = D$ [1].

Из теоремы отсчетов следует:

$$\Delta x \leq \Delta x_{\max} = \frac{\lambda}{\beta_{\max}^2}, \quad \Delta y \leq \Delta y_{\max} = \frac{\lambda}{2\beta_{\max}}, \quad (2)$$

где λ – длина распространяющейся волны; Δx_{\max} и Δy_{\max} – максимально допустимые значения шагов дискретизации по дальности и высоте соответственно.

Тогда возникает естественный способ перехода к безразмерным пространственным переменным (3), после введения которых ПУ (1) приобретает вид (4):

$$X = \frac{x}{\Delta x_{\max}}, \quad Y = \frac{y}{\Delta y_{\max}}, \quad \Delta X = \frac{\Delta x}{\Delta x_{\max}}, \quad \Delta Y = \frac{\Delta y}{\Delta y_{\max}}, \quad (3)$$

$$\frac{\delta U(X, Y)}{\delta X} = \frac{i}{\pi} \frac{\delta^2 U(X, Y)}{\delta Y^2} + \frac{i\pi}{\beta_{\max}^2} (\varepsilon(X, Y) - 1) U(X, Y). \quad (4)$$

Алгоритм нахождения вектора $\mathbf{u}(x+\Delta x)$, содержащего отсчеты поля на расстоянии $x+\Delta x$ от источника, по значениям заданного или найденного ранее вектора $\mathbf{u}(x)$ можно описать выражением $\mathbf{u}(x+\Delta x) = \mathbf{L}\mathbf{E}\mathbf{G}\mathbf{u}(x)$, где \mathbf{E} – диагональная матрица, учитывающая неоднородности среды; \mathbf{L} – диагональная матрица, описывающая искусственный дискретный поглощающий слой (ПС); \mathbf{G} – оператор, описывающий распространение радиоволн на расстояние Δx в свободном пространстве [1].

Основными методами численной реализации оператора \mathbf{G} являются схема Кранка–Николсон [1] и дискретное преобразование Фурье ДПФ [2]. В обоих случаях возникает проблема задания нелокальных

граничных условий (ГУ) на боковых границах области расчета, особенно если они не совпадают с реальными границами раздела двух различных сред.

В методе ДПФ оператор $\mathbf{G} = \mathbf{F}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{F}$, где \mathbf{F}^{-1} и \mathbf{F} – матрицы обратного и прямого ДПФ; \mathbf{A} – матрица коэффициентов передачи гармоник ряда Фурье. В операторе \mathbf{G} фактически уже заложено неизменяемое ГУ – это свойство периодичности ряда Фурье. Поэтому введение ПС пока здесь является единственным средством решения проблемы задания ГУ. Несмотря на это, форма идеального согласованного ПС до сих пор не найдена, обычно ее задают в виде окна Хэннинга [1] или степенной функции [3]. Хотя эти окна и традиционные коэффициенты передачи гармоник ряда Фурье не являются оптимальными [4, 5].

Целью работы был совместный поиск на каждом шаге по дальности коэффициентов гармоник ряда Фурье и отсчетов ПС, которые бы обеспечивали минимум СКО (максимальную точность) расчета поля методом ДПФ по отношению к результатам тестового расчета (проведенного в области, размеры которой можно считать безграничными – в этом случае отсутствует влияние периодичности ряда Фурье).

В работе использовалось нормированное ПУ (4). Это позволило избежать дублирования расчетов, поскольку их результаты определяются нормированными значениями пространственных и угловых координат. Имитировался случай распространения плоской волны в свободном пространстве ($\varepsilon(x,y)=1$), распространяющейся над плоской поверхностью с коэффициентом отражения, равным единице, под углом $|\beta|\leq 1$. В работе ширина ПС обозначена как $M_{\text{пс}}$, нормированный шаг дискретизации высоте ΔY был принят равным единице.

На каждом шаге по дальности использовался следующий алгоритм. Входное поле задавалось в виде единичного источника, расположенного в узле сетки на некоторой высоте от нижней границы расчетной области. Коэффициенты гармоник ряда Фурье определялись как нормированные коэффициенты корреляции между отсчетами спектра входного поля (для дальности x) и отсчетами спектра поля, полученного в результате тестового расчета для дальности $x + \Delta x$. При этом для каждого возможного варианта расположения источника коэффициенты запоминались, и итоговыми для текущей дальности принимались средние значения. Отсчеты ПС находились аналогично, но коэффициенты корреляции определялись между отсчетами эталонного поля и отсчетами, полученными с помощью ранее определенных коэффициентов гармоник ряда Фурье. По полученным таким образом результатам можно заметить следующее.

При подборе вышеописанным способом коэффициентов гармоник ряда Фурье и отсчетов ПС на каждом шаге по дальности СКО расчета поля при малых X возрастает до единиц процентов. Однако при дальнейшем увеличении нормированной дальности X точность расчета повышается (рис. 1), хотя при использовании традиционного метода ДПФ СКО с дальностью постоянно увеличивается до сотен процентов. Таким образом, изменив коэффициенты гармоник ряда Фурье Λ и выбрав оптимальную форму ПС L , возможно увеличить точность расчета поля в сотни раз, не изменяя сам метод.

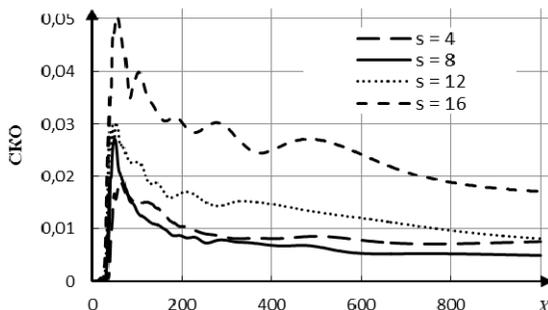


Рис. 1. Зависимость СКО расчета поля от нормированной расчетной дальности X при различных степенях свободы источника излучения s . Размер расчетной области $M = 128$, ширина ПС $M_{\text{пс}} = M/8$, шаг по дальности $\Delta X = 1$

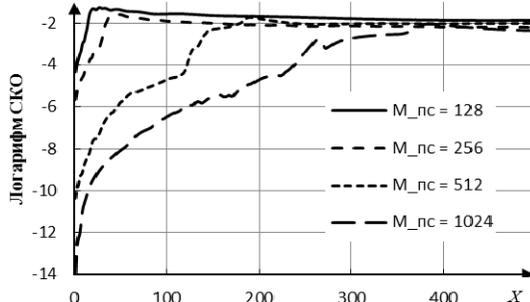


Рис. 2. Зависимость логарифма СКО расчета поля от нормированной расчетной дальности X при различных размерах расчетной области M . Число степеней свободы источника излучения $s=8$, ширина ПС $M_{\text{пс}}=M/8$, $\Delta X = 1$

Изменение величины нормированного шага по дальности ΔX или ширины ПС $M_{\text{пс}}$ при фиксированном размере расчетной области M существенно влияет лишь на значение максимальной ошибки. Увеличение же размера области M при фиксированном ΔX приводит к увеличению точности расчета поля на малых дальностях на несколько порядков (рис. 2).

Определение зависимостей оптимальных коэффициентов гармоник ряда Фурье и отсчетов оптимального ПС от параметров расчета требует дальнейшего анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Levy M. Parabolic equation methods for electromagnetic wave propagation // IEEE. – 2000. – 336 p.
2. Kuttler J.R. and G.D. Dockery. Theoretical description of parabolic approximation / Fourier split-step method of representing electromagnetic propagation in the troposphere // Radio Science. – 1991. – Vol. 26, No. 2. – P. 381–393.
3. Акулиничев Ю.П., Абрамов П.В., Ваулин И.Н. Влияние поглощающего слоя на численное решение параболического уравнения // Доклады ТУСУРа. – 2007. – № 2 (16). – С. 139–145.
4. Акулиничев Ю.П., Колединцева М.А., Могильников А.В. Коррекция применения метода БПФ для численного решения параболического волнового уравнения // Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн»: Томск, 4–9 июля 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://symp.iao.ru/files/symp/rwp/25/ru/abstr_8303.pdf (дата обращения: 12.03.18).
5. Акулиничев Ю.П., Колединцева М.А., Могильников А.В. Повышение точности численного решения параболического волнового уравнения методом прогонки // Всерос. науч. конф. «Распространение радиоволн»: Томск, 4–9 июля 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://symp.iao.ru/files/symp/rwp/25/ru/abstr_8368.pdf (дата обращения: 12.03.18).

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ИМПЕДАНС СИСТЕМЫ ИЗ ДВУХ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ АНТЕНН

Т.Г. Черныш, студент каф. КИПР

Научный руководитель А.С. Шостак, проф. каф. КИПР, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, tima_95@mail.ru

В настоящее время широкое распространение получили устройства инженерно-геотехнического обследования грунтов радиоволновыми методами. Для случая переносных приемопередающих антенных систем подповерхностного зондирования характерно расположение антенн на расстояниях, соизмеримых с рабочей длиной волны. При этом следует учитывать влияние подстилающей поверхности на импеданс и как следствие на коэффициент усиления антенных систем.

Ранее было проведено исследование влияния неоднородных плоскостойких сред на импеданс одиночной линейной антенны [1]. Однако существуют устройства радиоволнового контроля, которые используют систему из двух параллельно расположенных антенн, где одна антенна является передающей, а другая – приемной. В связи с этим возникает необходимость оценки влияния различных подстилающих поверхностей на параметры приземной антенной системы из двух параллельно расположенных антенн.

В данной работе теоретически исследуется влияние различных однородных плоскостойких сред на взаимное сопротивление двух полуволновых параллельно расположенных линейных антенн.

Постановка задачи и геометрическая модель. В исследуемой модели (рис. 1) система из двух параллельно расположенных полуволновых линейных антенн A_1 и A_2 находится на высоте h , размер плеча антенны l равен $\lambda/4$. Антенны удалены друг от друга на рас-

стояние y . Исследуемая структура состоит из двух плоских слоев. Каждый слой характеризуется собственной толщиной T_i и комплексной диэлектрической проницаемостью ϵ_i . При расчетах сопротивления линейных антенн с учетом влияния подстилающей поверхности среду с пространственным распределением диэлектрических параметров представляем в виде многослойной системы и для наглядности предполагаем однородной в X - и Y -направлениях. Слой T_1 – воздушное пространство, в котором расположена антенна, слой T_2 представляет собой однородную структуру с комплексной диэлектрической проницаемостью и является полупространством.

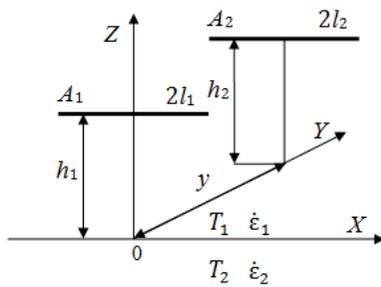


Рис. 1. Геометрия задачи

Для того чтобы оценить влияние различных подстилающих поверхностей на внесенное сопротивление отдельно взятого вибратора $Z_{вн}$ в системе из двух параллельно расположенных линейных антенн, требуется учесть их взаимное сопротивление в свободном пространстве Z_{12} , а также сопротивление, внесенное средой ΔZ :

$$Z_{вн} = Z_{12} + \Delta Z . \quad (1)$$

Данные о внесенном сопротивлении, обусловленном наличием второго полуволнового вибратора, на различных удалениях в свободном пространстве находятся в открытом доступе и взяты из справочной литературы [2]. Математическая модель [3] расчета вторичного импеданса, обусловленного присутствием границы раздела двух сред, основана на методе наводимых ЭДС. При расчетах приняты условия: $h_1 = h_2$, $l_1 = l_2$.

Для того чтобы оценить влияние подстилающей поверхности на импеданс системы из двух параллельно расположенных линейных антенн, были выбраны три вида грунта различной влажности, для которых построены зависимости изменения внесенного сопротивления $Z_{вн}$ от приведенного к длине волны расстояния между вибраторами y/λ . Диэлектрические параметры исследуемых грунтов: $\epsilon_2 = 3,5 - 0,01j$ –

для сухой почвы, $\dot{\epsilon}_2 = 7 - 0,25j$ – для почвы средней влажности, $\dot{\epsilon}_2 = 12 - 0,5j$ – для почвы высокой влажности. Расчеты проводились для низко расположенных антенн, высоты которых подобраны так, чтобы примерно соответствовать случаям, когда зондирование проводят в полевых условиях. Для исследования были выбраны следующие высоты: 1, 3, 5 и 8 см.

Далее в рамках статьи приведены построенные зависимости внешнего активного, реактивного и модуля полного сопротивления от расстояния между антеннами y/λ для почвы средней влажности. Также для сравнения приведены зависимости взаимного активного $R_{св.пр}$ и реактивного $X_{св.пр}$ сопротивлений двух линейных вибраторных антенн, расположенных в свободном пространстве.

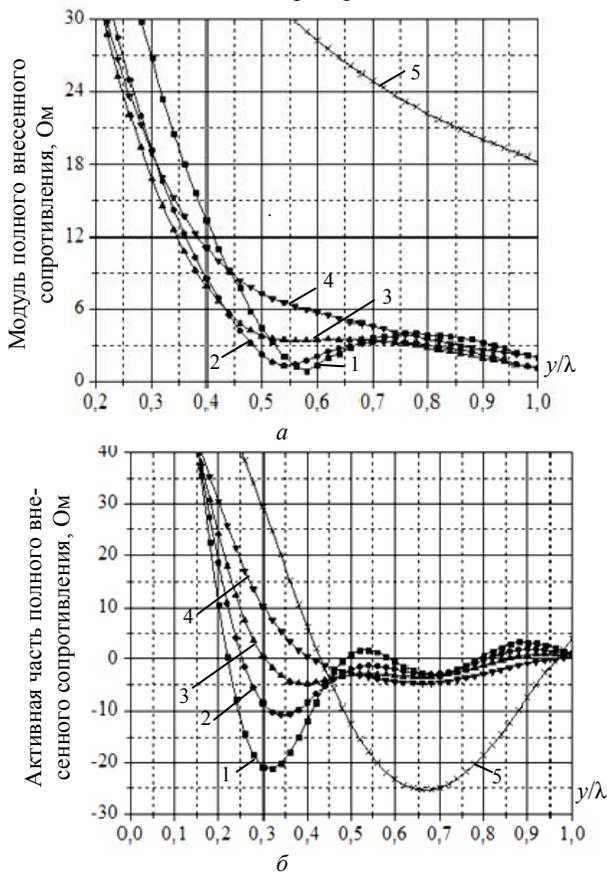


Рис. 2 (начало)

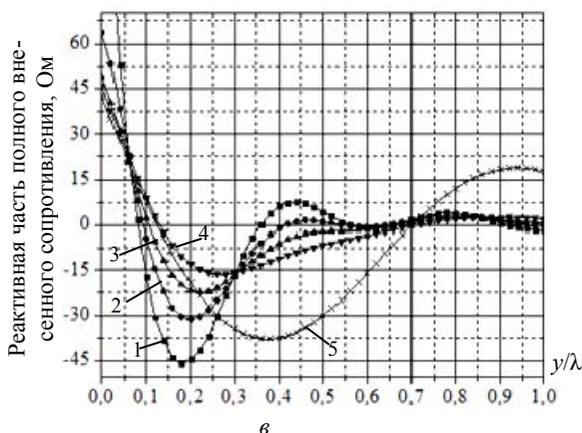


Рис. 2 (окончание). Зависимости полного внесенного сопротивления от приведенного к длине волны расстояния между антеннами: *a* – для модуля; *б* – для активной части; *в* – для реактивной части. Кривые построены для различных высот: 1 – 1 см; 2 – 3 см; 3 – 5 см; 4 – 8 см; 5 – в свободном пространстве

Анализ результатов. При сравнении графиков зависимостей активной (см. рис. 2, *б*) и реактивной (см. рис. 2, *в*) частей внесенного сопротивления с учетом влияния подстилающей поверхности можно заметить, что кривые имеют осциллирующий затухающий характер. Это связано с тем, что при разносе антенн в направлении *Y* (см. рис. 1) пропадает взаимное влияние вибраторов друг на друга, и в пределе это влияние стремится к нулю. В то же время если проследить развитие кривых с возрастанием высоты расположения антенн, можно заметить, что форма кривых стремится к значениям, которые соответствуют взаимному сопротивлению антенн в свободном пространстве, т.е. пропадает влияние подстилающей поверхности на импеданс.

На практике при использовании переносных приемопередающих антенных систем с параллельным расположением избежать влияния ни одной из компонент формулы (1) не представляется возможным. Однако если обратить внимание на зависимости модуля полного внесенного сопротивления (см. рис. 2, *a*) в окрестности значения $0,55 y/\lambda$, можно заметить околонулевые значения внесенного в отдельно взятый вибратор сопротивления. Это говорит о том, что при данном расположении антенн относительно друг друга сопротивление, обусловленное наличием соседнего вибратора, было скомпенсировано влиянием подстилающей поверхности. Наиболее ярко выражено данное явление для самых малых высот расположения антенн, в частности 1 и 3 см.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для грунтов средней влажности, при использовании системы из двух параллельно расположенных антенн, регулируя расстояние между вибраторами по оси Y , можно настроиться на практически нулевое влияние однородной или близкой к таковой подстилающей поверхности. Это обстоятельство позволяет сделать предположение о том, что если с настроенной таким образом системой из двух антенн двигаться вдоль однородного профиля до участка с искомой неоднородностью, то эта неоднородность повлияет на распределение диэлектрических свойств в профиле и как следствие приведет к сильным отклонениям параметров внесенного сопротивления, что, в свою очередь, теоретически упростит обнаружение неоднородности на фоне однородного профиля. Данная теория при дальнейшем исследовании может помочь улучшить существующие методы подповерхностного зондирования, а также условия эксплуатации приземных антенных систем и помочь при их конструировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абулкасымов М.М., Джакыпов К.А., Черныш Т.Г., Шостак А.С. Исследование влияния неоднородной плоскостной структуры на импеданс широкополосной антенны // Доклады ТУСУРа. – 2017. – Т. 20, № 2. – С. 19–22.
2. Марков Г.Т. Антенны. – М.: ГЭИ, 1960. – 535 с.
3. 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.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПОЕЗДНОЙ СВЯЗИ В ГЕКТОМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

А.С. Пушненко

*Научный руководитель М.В. Крутиков, зав. лаб. РРВ НИИ РТС
г. Томск, ТУСУР, alex2018tsr@gmail.com*

Задача исследования. Поездная радиосвязь предназначена для управления движением поездов на перегонах между станциями. Связь осуществляется между машинистами подвижных составов и диспетчерским персоналом станций, машинистами встречных и вслед идущих поездов, дежурными по станциям и другим персоналом, связанным с поездной работой [1].

К системам поездной радиосвязи предъявляются жесткие требования как к качеству связи, так и дальности действия. Необходимо, чтобы система поездной связи:

- обеспечивала уверенную двустороннюю связь между железнодорожным персоналом на расстоянии до 40 км;
- обеспечивала вероятность битовой ошибки (BER) не более 10^{-6} ;
- укладывалась в полосу частот, выделенную для этого Международным союзом электросвязи и Госкомиссией по радиочастотам.

Из-за особенностей распространения радиоволн основным диапазоном волн в поездной связи является гектометровый. Используется 2 канала: 2130 и 2150 кГц. Полоса излучения, согласно требованиям ОАО «РЖД» [2], должна быть не более 11,8 кГц.

Главной проблемой при реализации цифровой системы поездной связи является необходимость уложиться в узкую полосу частот. Зарубежные аналоги используют каналы с полосой излучения 20–25 кГц.

Целью исследования является анализ различных способов уменьшить полосу излучения. Было проведено исследование различных видов модуляции с целью выбора оптимальной для данной системы.

Результаты исследования. Полоса излучения цифровой модуляции во многом зависит от скорости передачи бит (битрейта) на входе системы, выраженной в кбит/с. Минимальная необходимая полоса (полоса Найквиста) равна [3]

$$B = \frac{f_b}{N}, \quad (1)$$

где f_b – пропускная способность канала (бит/с); N – число закодированных бит на каждый элемент сигнала.

По умолчанию скорость бит на входе системы равна 64 кбит/с (для системы с равномерным кодированием) и 32 кбит/с (для системы с неравномерным кодированием). Такие скорости, согласно (1), требуют больших полос излучения. Для уменьшения битрейта используют специализированные кодеки для сжатия речи.

Характеристики наиболее распространенных кодеков приведены в табл. 1 [4].

Т а б л и ц а 1

Наиболее распространенные кодеки для сжатия речи и их характеристики

Название	Битрейт, кбит/с
AMR	4,75–12,2
GSM	13
ITU G.711	64
ITU G.722	48/56/64
ITU G.722.1	24/32
ITU G.723.1	5,3/6,3
ITU G.726	16/24/32/40
ITU G.729	8

Кроме того, большое влияние на полосу излучения оказывает вид используемой модуляции. Модуляция должна одновременно занимать небольшую полосу излучения и обеспечивать минимальное отношение сигнал/шум.

По результатам моделирования, проведенного в программной среде Matlab, на рис. 1 представлен график зависимости отношения сигнал/шум от вероятности битовой ошибки для различных видов модуляции.

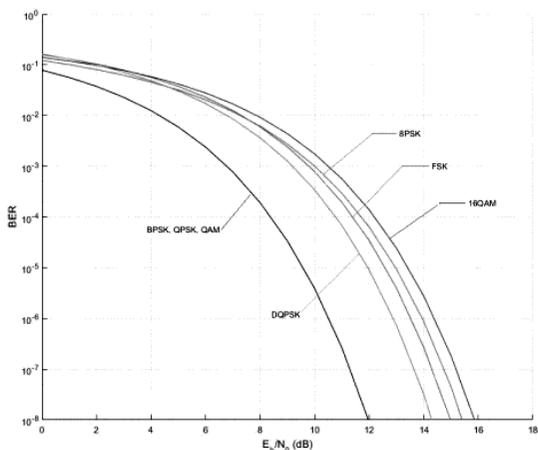


Рис. 1. Отношение сигнал/шум для различных видов модуляции

Затем были рассчитаны минимально необходимые полосы излучения (полосы Найквиста) для разных видов модуляции, используя выражение (1). Рассчитанные данные приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Различные виды модуляции и их характеристики

Название	Минимальное отношение сигнал/шум (при BER = 10 ⁻⁶), дБ	Полоса Найквиста, кГц
2FSK	13,5	14,6
BPSK	10,5	6,3
QPSK	10,5	3,15
8PSK	14	2,1
QAM	10,5	3,15
8QAM	13,5	2,1

Модуляции с большим индексом (8PSK, 8QAM и выше) занимают меньшую полосу, однако менее помехоустойчивы и требуют большего отношения сигнал/шум, как показано на рис. 1.

Анализ результатов. В ходе данной работы был проведен теоретический анализ возможности реализации цифровой системы связи в заданной полосе частот. По результатам теоретических исследований наиболее оптимальной является цифровая система с применением QPSK модуляции и кодека G.723.1 (с битрейтом 6,3 кбит/с), требующая минимальную полосу частот 3,15 кГц.

В дальнейшем планируется реализовать помехоустойчивое кодирование и промоделировать работу данной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафонов В.Г. Поездная радиосвязь и регламент переговоров: учеб. пособие. – ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 155 с.

2. Распоряжение об утверждении методов контроля технических требований к поездной радиосвязи ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. – <https://jd-doc.ru/2011/sentyabr-2011/5215-rasporuyazhenie-oao-rzhd-ot-13-09-2011-n-2014r> (дата обращения: 07.11.2017).

3. Томаси У. Электронные системы связи: пер. с англ. Н.Л. Бирюкова. – М.: Техносфера, 2007. – 1360 с.

4. Кодеки в VoIP [Электронный ресурс]. – <http://www.terratel.eu/ru/voip-codecs.html> (дата обращения: 07.11.2017).

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 5–11 ГГЦ НА ОСНОВЕ 0,5 МКМ PHEMT-ТЕХНОЛОГИИ

А.А. Сырвачев, магистрант, инженер ЛИКС;

М.В. Черкашин, доцент, к.т.н., каф. КСУП

г. Томск, ТУСУР, syrвачев2017@yandex.ru

Твердотельная сверхвысокочастотная (СВЧ) электронная компонентная база, одним из важнейших элементов которой являются усилители мощности, активно востребована для разработки и производства систем беспроводной связи, включающей широкий спектр аппаратуры, в том числе для стационарной и мобильной телекоммуникационной аппаратуры, высокоскоростной оптоволоконной связи, спутникового и кабельного телевидения, устройств радиолокации на основе активных фазированных антенных решеток, радиоастрономии, телеметрии, контрольно-измерительной аппаратуры и многого другого [1].

Одним из часто используемых технологий для производства полупроводниковых усилителей мощности (УМ) в СВЧ-диапазоне являются технологии на основе псевдоморфных гетероструктур AlGaAs-InGaAs-GaAs (Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor – pHEMT) [1].

В данной работе рассматривается проектирование широкополосного УМ-диапазона частот 5–11 ГГц на основе 0,5 мкм InGaAs рНЕМТ-технологии PD5010 фирмы Win Semiconductor [2].

К усилителю предъявляются следующие требования: коэффициент усиления по мощности $G_T = 16$ дБ, выходная мощность P_{out} не менее 24 дБм; КПД по добавленной мощности PAE 15–20%; согласование по входу и выходу: S_{11} и S_{22} не менее –12 дБ; усилитель должен быть безусловно устойчивым во всем частотном диапазоне ($K > 1$); суммарный ток потребления не более 150 мА при напряжении питания 5 В.

Первый этап проектирования заключался в стабилизации транзистора выходного каскада. Были рассчитаны RC -цепь на входе транзистора и резистор во входной цепи питания, обеспечивающие устойчивость при как можно большем значении коэффициента усиления.

Следующий этап заключается в синтезе выходной СЦ. С помощью Load-pull-моделирования в среде Keysight ADS были получены значения импедансов нагрузки и генератора для УМ на частоте 5, 8 и 11 ГГц, обеспечивающие требуемое значение PAE и выходной мощности P_{out} (таблица). Для синтеза выходной СЦ по заданным импедансам использовалась диаграмма Смита, встроенная в Keysight ADS.

Результаты Load-pull-моделирования выходного каскада

Частоты, ГГц	Z_{in} , Ом	Z_{out} , Ом	P_{out} , дБм	PAE, %
5	$5,74 - j40,32$	$28,12 + j14,34$	24,6	39
8	$3,34 - j26,41$	$19,73 + j11,34$		
11	$2,95 - j19,16$	$20,49 + j3,77$		

Далее было выполнено проектирование входного каскада УМ, который является предварительным усилителем для УМ. Входной каскад усилителя охвачен цепью параллельной отрицательной обратной связи в виде последовательной RLC-цепочки для выравнивания АЧХ в полосе рабочих частот и повышения устойчивости всего УМ.

Следующий шаг проектирования состоит в переходе от идеальных элементов к реальным. Также в схему УМ были добавлены цепи смещения по постоянному току, разделительные и блокировочные конденсаторы. Далее выполнялась окончательная параметрическая оптимизация всей схемы УМ.

Конечная топология разработанного широкополосного УМ показана на рис. 1. На рис. 2 приведены результаты моделирования характеристик монолитного УМ в зависимости от частоты сигнала и уровня входной мощности (выходная мощность P_{out} , коэффициент усиления G_T и КПД по добавленной мощности PAE).

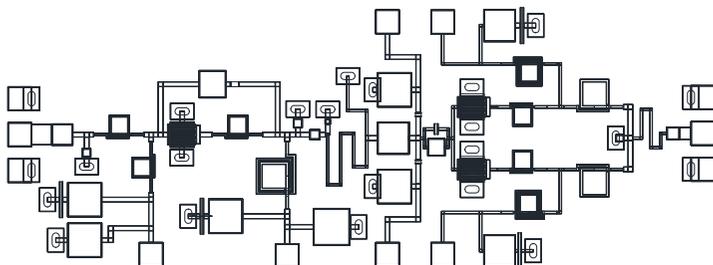


Рис. 1. Топология широкополосного УМ на реальных элементах

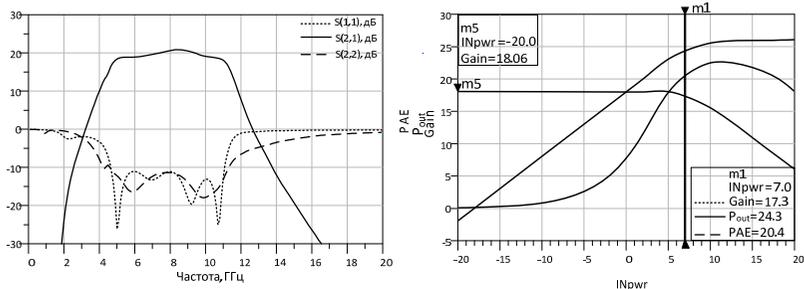


Рис. 2. Результаты моделирования широкополосного УМ на реальных элементах

В результате характеристики монолитного УМ получились следующие: в диапазон частот 5–11 ГГц при входной мощности $P_{in} = 7$ дБм, коэффициент усиления $G_T = 18 \pm 0,5$ дБ; выходная мощность $P_{out} = 24,3$ дБм; КПД по добавленной мощности PAE = 20%; коэффициент отражения по входу и выходу $S_{11} = -11$, $S_{22} = -11,4$ дБ, суммарный ток потребления 148 мА при напряжении питания 5 В.

В дальнейшем планируется проведение электромагнитного анализа топологии полученного УМ, окончательное уточнение параметров, разработка технологической документации и изготовление данного усилителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашин В.М., Пашковский А.Б., Журавлев К.С. и др. Перспективы развития мощных полевых транзисторов на гетероструктурах с донорно-акцепторным легированием // Физика и техника полупроводников. – 2014. – Т. 48, вып. 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/27068> (дата обращения: 10.03.2018).

2. Технология PD5010 Win Semiconductor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.winfoundry.com/Tech/tech_advanced (дата обращения: 10.03.2018).

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА ПО ЛИНИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Т.М. Жакишева, магистрант; В.М. Саклаков, аспирант НИ ТПУ

Научный руководитель Е.В. Якимов, к.т.н., доцент

г. Томск, ТУСУР, romanov_ky@mail.ru

Проводная передача цифровых сигналов между различными электронными устройствами обычно осуществляется по выделенным для этого сигнальным линиям [1]. Использование длинных сигнальных линий вблизи источников мощных электромагнитных помех нередко приводит к искажению передаваемой информации и как следствие, влечет за собой ошибки в коде сигнала. В некоторых случаях одним из вариантов повышения помехозащищенности передаваемой кодированной информации на большие расстояния является использование в качестве сигнальных проводов линии постоянного или переменного (промышленной частоты) тока. Принцип такой передачи заключается в модулировании напряжения силовой линии высокочастотным переменным сигналом, несущим закодированную информацию [2].

Целью данной работы являлось исследование и разработка технического решения передачи цифрового сигнала по линии постоянного тока между контрольным и исполнительным блоками. Согласно техническому заданию, устройство должно соответствовать следующим параметрам работы:

- напряжение питания блоков 4,25–5,25 В;
- мощность потребления исполнительным блоком 2 Вт;
- длина двухпроводной линии между блоками до 5 м;
- скорость передачи информации между блоками 10 кбод/с.

В то же время необходимо, чтобы разрабатываемое устройство отвечало требованиям надежности, высокой наработкой на отказ и низким производственным затратам.

Согласно техническому заданию максимально возможная величина постоянного тока силовой линии при низковольтном питании составляет 500 мА. Этот факт ограничивает использование известных низковольтных маломощных устройств и требует разработки нового схемного решения. Схема прототипа контрольного и исполнительного блоков устройства представлена на рис. 1. Стоит отметить, что схемные решения приемопередающих узлов каждого блока идентичны.

На схеме (см. рис. 1) узел В1 является преобразователем протокола данных шины USB (для связи персонального компьютера с контрольным блоком) в протокол передачи данных исполнительного ме-

ханизма или датчика B4. Схемное решение приемопередающих узлов B2 и B3 на данный момент проходит стадию испытаний. Общий принцип работы устройства заключается в следующем. Линию положительного потенциала (+5 В) делят на три участка (обозначены цифрами на рис. 1) с помощью разделительных элементов, в качестве которых в данном устройстве из-за необходимости обеспечения требуемого тока в цепи могут выступать только диоды (VD1–VD4). Участки 1 и 3 служат для питания элементов схемы постоянным напряжением. На участке 2 происходит изменение напряжения линии положительного потенциала без существенного изменения потенциала на участках 1 и 3 во время передачи одним из блоков устройства логической единицы. Это осуществляется путем кратковременного подключения нагрузки в виде последовательной цепи резистора R1 (или R2) и открытого транзистора VT1 (или VT2) к линии +5 В. Таким образом, происходит модулирование линии положительного сигнала на участке 2 в соответствии с цифровой кодировкой сигнала, передаваемого контрольным или исполнительным блоком устройства.

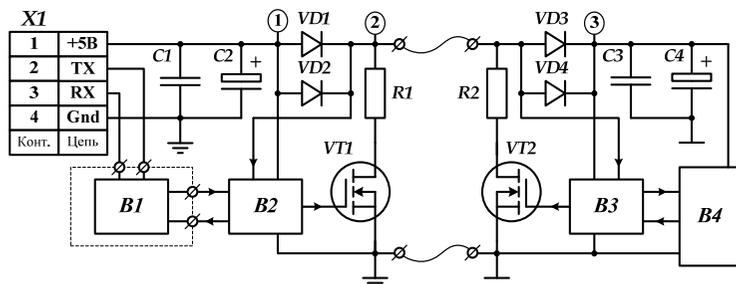


Рис. 1. Структурно-функциональная схема устройства передачи информации по длинной линии питания постоянного тока

Одним из ключевых критериев выбора разделительных диодов VD1–VD4 для данной схемы является наименьшее значение падения напряжения в прямом направлении. Под это требование наилучшим образом подходят диоды 10BQ015 (Infineon Technologies), обеспечивающие при параллельном включении двух корпусов и токе в цепи 500 мА падение напряжения 250 мВ. При этом расчетная мощность, рассеиваемая на разделительных диодах VD1–VD4, будет составлять порядка 250 мВт. Вопрос потери передаваемой на исполнительный механизм или датчик B4 мощности является одним из ключевых для данной схемы и требует серьезного контроля.

На стадии предварительных экспериментальных исследований получены положительные результаты работы устройства, где в каче-

стве узла В4 использовался нагрузочный резистор (серии SQP) мощностью 10 Вт и номиналом $9,7 \pm 0,2$ Ом. Притягивание резисторов R1 и R2 номиналом 20 Ом к общему проводу осуществлялось с помощью тактовой кнопки вместо транзисторов VT1 и VT2. Напряжение на участке 3 контролировалось мультиметром UT56 (Uni-Trend Technology Limited), а на участках 1 и 2 – осциллографом WaveJet322 (Teledyne LeCroy). Напряжение на участке 3 соответствовало расчетному значению 4,5 В при мощности, рассеиваемой на нагрузочном резисторе, порядка 2 Вт при длине линии питания между контрольным и исполнительным блоками 5 м. При этом изменение напряжения 1 В, зафиксированное на участке 2 линии положительного потенциала, является достаточным для дальнейшего преобразования его в логическую единицу цифрового сигнала требуемого протокола данных.

В итоге проведенных исследований были установлены все технические аспекты, необходимые для разработки устройства, осуществляющего передачу цифрового сигнала между двумя удаленными блоками по двухпроводной низковольтной линии питания и обеспечивающего передачу достаточной мощности для работы различных исполнительных механизмов и датчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. Цифровые системы передачи: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Гор. линия-Телеком, 2012. – 376 с.
2. Руденков Н.А., Долинер Л.И. Основы сетевых технологий: учеб. для вузов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. фед. ун-та, 2011. – 300 с.

ПОДСЕКЦИЯ 1.3

РАДИОТЕХНИКА

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

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОДОБРОТНОГО ПЛАНАРНОГО ОПТИЧЕСКОГО МИКРОРЕЗОНАТОРА

А.А. Лукина, аспирант; 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*

В настоящее время основным методом стабилизации частоты автогенераторов (АГ) оптического диапазона (лазеров) является метод PDH (Pound–Drever–Hall) [1], обеспечивающий решение этой проблемы за счет использования системы автоматического регулирования на основе ПИД-регулятора, обеспечивающего динамическую подстройку частоты лазера относительно внешней высокочастотной резонансной системы. Техника PDH имеет широкий спектр применений, включая интерферометрические гравитационные измерения, атомную физику, а также стандарты измерения времени [2]. Идея PDH, как известно, является адаптацией к оптическому диапазону предложенного Паундом в 1946 г. метода стабилизации частоты микроволновых автогенераторов [3]. В основе такой системы лежит принцип фазовой модуляции (ФМ) несущей частоты ν стабилизируемого АГ гармоническим сигналом с частотой F_M . Как известно, при малых индексах $\beta \ll 1$ ФМ светового поля с амплитудой E_0 и частотой ν гармоническим колебанием с частотой F_M спектр лазерного пучка на выходе модулятора содержит три частотные составляющие [1]

$$E \approx E_0 \{ J_0 \exp[i\nu t] + J_{+1} \exp[i(\nu + F_M)t] - J_{-1} \exp[i(\nu - F_M)t] \}, \quad (1)$$

где $J_{0,\pm 1}$ – функции Бесселя 0 и ± 1 порядков.

В данной схеме резонатор используется в качестве дискриминатора отклонения частоты ν относительно резонансной частоты ν_0 эталона РФП.

Целью настоящей работы является исследование возможности сокращения массогабаритных показателей известной системы PDH за

счет замены громоздкого РФП на компактный дисковый оптический микрорезонатор (ДОМР) в соответствии с рис. 1. Ниже предложена также расчетная модель сигнала ошибки U_e данной системы.

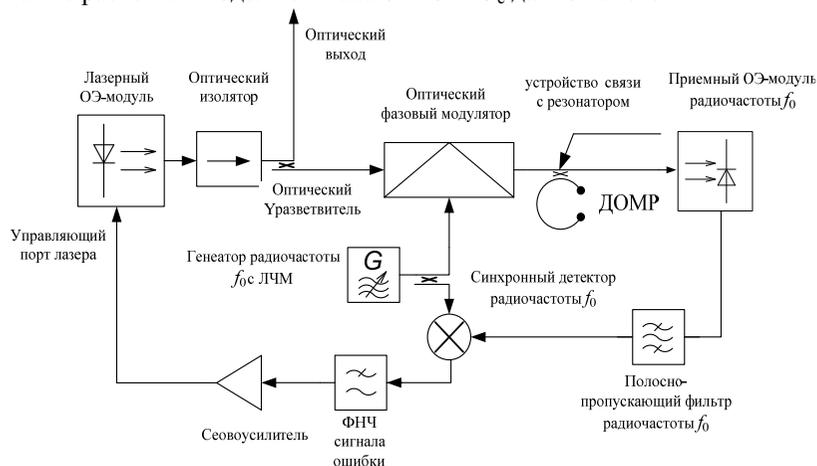


Рис. 1. Схема стабилизации частоты лазера методом PDH

Рассмотрим показанный на рис. 2 оптический дисковый диэлектрический микрорезонатор, возбуждаемый на одной из его резонансных частот ω_0 фундаментальной азимутальной модой. Радиус и высоту резонаторного диска обозначим как R_0 и h , а его показатель преломления материала на длине световой волны λ_0 – как n_s . В качестве элемента связи (ЭС) резонатора по рис. 2 предлагается волноводная структура, расположенная вблизи экваториальной плоскости ДОМР [4]. Данная одномодовая структура представляет собой оптический направленный ответвитель, обеспечивает направленное возбуждение резонатора и съем отраженного от него сигнала. Коэффициент отражения данного резонатора в схеме рис. 1 определится как [4]

$$\Gamma = \frac{\frac{\delta_c}{\delta_0} - 1 - i\xi Q_0}{\frac{\delta_c}{\delta_0} + 1 + i\xi Q_0}. \quad (2)$$

Здесь Q_0 , $\xi = \nu/\nu_0 - \nu_0/\nu$ – ненагруженная добротность и обобщенная расстройка резонатора; δ_0 , δ_c – декременты затухания резонатора и элемента связи.

Установим зависимости сигнала ошибки U_e от относительной расстройки ν/ν_0 частоты сигнала АГ относительно ν_0 для двух характерных режимов работы системы – медленной и быстрой перестройки

ФМ-модулятора. В первом из них модулирующая частота F_M меньше, а во втором – больше полосы частот эталонного резонатора $\delta\nu$ [1]. Для этого действительные части амплитуд отраженных от резонатора оптической несущей и боковых составляющих обозначим как $P_c = E_0^2 J_0^2(\beta)$ и $P_s = E_0^2 J_s^2(\beta)$, а фазу первой из них – как φ_b . При этом фазы коэффициентов отражения нижней и верхней боковых составляющих обозначим как φ_{sa} и φ_{sc} . Кроме этого, в дальнейшем величину E_0^2 будем обозначать как P_0 .

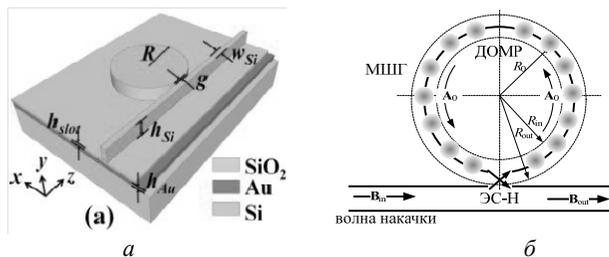


Рис. 2. Пример топологии дискового оптического микрорезонатора (ДОМР) с элементом связи в виде планарного оптического волновода [5] (а) и его структурная схема (б)

С учетом данных обозначений несложно найти мощность сигнала биений по частоте F_M , формируемого отраженными от резонатора составляющими поля (1) в резистивной нагрузке фотодиода (ФД) с номиналом r_0 :

$$P_r(F_M) \approx |V_0|^2 / 2r_0 \times \{ -\sqrt{R_c R_{sa} P_c P_s} \cos[F_M t - (\varphi_b - \varphi_{sa})] + \sqrt{R_c R_{sc} P_c P_s} \cos[F_M t - (\varphi_b - \varphi_{sc})] \}, \quad (3)$$

где V_0 – средняя амплитуда немодулированного оптического сигнала в указанной нагрузке ФД.

Заметим, что при выводе последнего соотношения сигнал локального генератора ФМ $u_{10}(t)$ на рис. 1 полагался пропорциональным $\sim u_{10} \sin(F_M t)$. Выполнение данного требования обеспечивается за счет фазирования $U_{10}(t)$ специально введенным в схему для этой цели перестраиваемым фазовращателем. С учетом сделанного замечания получим, что в результате синхронного детектирования сигнала (3) по схеме рис. 1 искомое значение U_e на выходе ФНЧ будет

$$U_e \approx |V_0|^2 U_{10} J_{10}(\beta) J_1(\beta) \sqrt{R_c P_0} / 2r_0 \times \left[\sqrt{R_{sa}} (\sin \varphi_b \cos \varphi_a - \cos \varphi_b \sin \varphi_a) \right] \times \sqrt{R_{sb}} (\sin \varphi_b \cos \varphi_b - \cos \varphi_b \sin \varphi_b). \quad (4)$$

Воспользуемся полученным выражением для описания режима медленной ФМ, где $F_M \ll \delta\nu$.

Полагая, что в данном случае выполняются соотношения

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{R_C R_S} &\approx R_S, \\ \varphi_{sa} &= \varphi_b - \Delta\varphi, \\ \varphi_{sc} &= \varphi_b + \Delta\varphi, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

из (4) получим

$$\begin{aligned} U_e(F_M) &= |V_0|^2 / r_0 \cdot U_{10} J_{10}(\beta) J_1(\beta) P_0 [(dR_C / d\nu)(d\nu / d\varphi)] \Delta\varphi \approx \\ &\approx |V_0|^2 / r_0 \cdot U_{10} J_{10}(\beta) J_1(\beta) P_0 [(dR_C / d\nu) \cdot F_M]. \end{aligned} \quad (6)$$

Можно показать, что в режиме $F_M \ll \delta\nu$ полученное выражение для сигнала ошибки совпадает с известным из литературы [1].

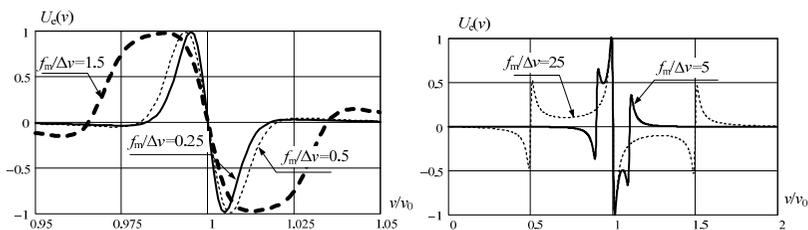


Рис. 3. Зависимость сигнала ошибки U_e от относительной расстройки v/v_0 при медленной ФМ и при быстрой ФМ

Приведенные оценки показывают возможность применения в PDH-системе стабилизации частоты лазерного источника высокодобротного дискового оптического микрорезонатора (ДОМР), позволяющей значительно сократить массогабаритные системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eric D. Black. An introduction to Pound-Drever-Hall laser frequency stabilization // American Journal of Physics. – 2001. – Vol. 69, No. 79.
2. Drever R.W.P., Hall J.L., Kowalski F.V. et al. Laser phase and frequency stabilization using an optical resonator // Appl. Phys. – 1983. – Vol. B 31, No. 97.
3. Pound R.V. Electronic frequency stabilization of microwave oscillators. Rev. Sci. Instrum. – 1946. – Vol. 17, No. 490-1-16.
4. Городецкий М.Л. Оптические микрорезонаторы с гигантской добротностью. – М.: Физматлит, 2011. – 415 с.
5. Fei Lou, Lars Thylen, and Lech Wosinski. Experimental demonstration of silicon-based metallic whispering gallery mode disk resonators and their thermotuning // The Optical Fiber Communication Conference and Exposition (OFC), 2014.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ МНОЖЕСТВЕННОГО КАНАЛА СВЯЗИ С МОЩНОСТНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ НА ОРТОГОНАЛЬНЫХ НЕСУЩИХ PD/OFMDA

*В.И. Иванов, магистрант; Я.В. Крюков, ассистент
Научный руководитель А.Я. Демидов, к.ф.-м.н., доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, ivanovladimir94@mail.ru*

Для наиболее эффективной работы системы мобильной связи необходимо распределять частотно-временной ресурс между пользователями так, чтобы он использовался каждым пользователем максимально эффективно. Использование метода разделения каналов по мощности PD-NOMA на базе метода ортогонального частотного разделения каналов OFDMA образует метод множественного доступа с разделением пользовательских каналов по мощности на ортогональных гармонических несущих PD/OFDMA. Такая комбинация дает возможность увеличить спектральную эффективность используемой полосы частот.

В данной статье рассматривается сравнение характеристик помехоустойчивости каналов передачи данных PD/OFDMA с отличными друг от друга мощностями. Варианты параметров парциальной мощности каждого канала приведены в таблице.

Варианты парциальной мощности каждого канала

№	Парциальная мощность 1-го канала, Вт	Парциальная мощность 2-го канала, Вт
1	0,7	0,3
2	0,8	0,2
3	0,9	0,1

Для упрощения задачи используются два канала с модуляциями QPSK для первого и QAM-16 для второго канала, одинаковые битовые скорости передачи и одинаковые условия распространения сигнала. Помехоустойчивость оценивается по зависимости вероятности битовой ошибки BER от величины отношения сигнал/шум SNR. Передача данных осуществляется по каналу распространения радиоволн (РРВ) с многолучевым распространением и аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ). Общая мощность излучения нормирована на 1 Вт. Структурная схема модели представлена на рис. 1.

Формирование PD/OFDMA-сигнала осуществляется в базовой станции, структурная схема которого приведена на рис. 2. Уплотнение по мощности и формирование канальных символов происходит по схеме PD-NOMA, а распределение канальных символов в частотном ресурсе происходит по классической схеме OFDMA.

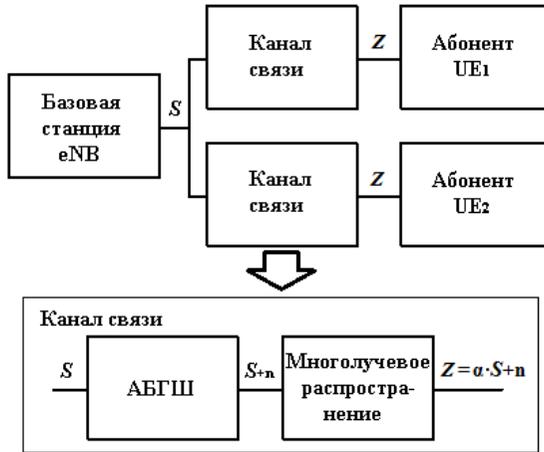


Рис. 1. Структурная схема модели

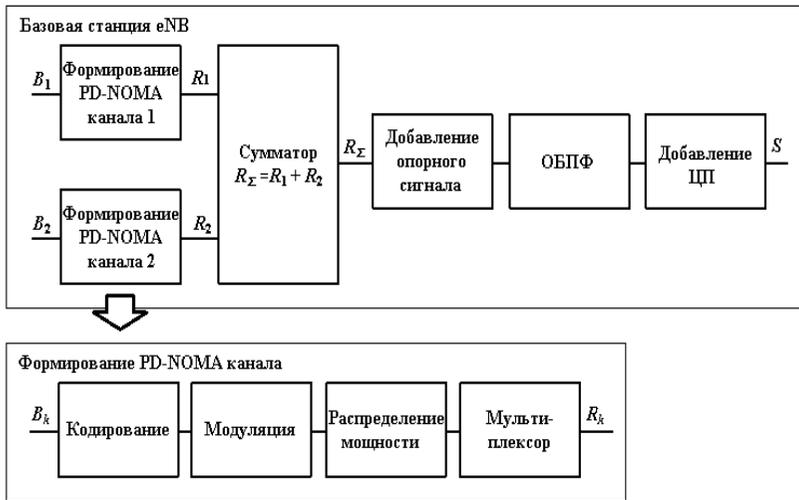


Рис. 2. Структурная схема модели базовой станции

Демодуляция методом последовательного подавления помех SIC (Successive Interference Cancellation) сигнала с максимальной мощностью осуществляется в приемнике 1-го абонента, а с минимальной – в приемнике 2-го абонента.

Из полученных характеристик видно, что чем выше парциальная мощность канала верхнего уровня, тем лучше помехоустойчивость и демодуляция происходит при меньшем отношении сигнал/шум.

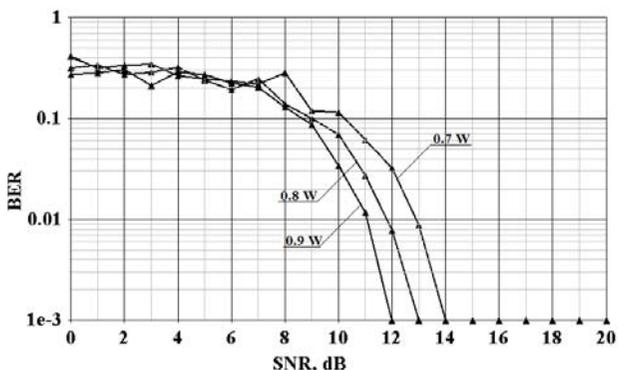


Рис. 3. Зависимость BER(SNR) первого канала при разных парциальных мощностях

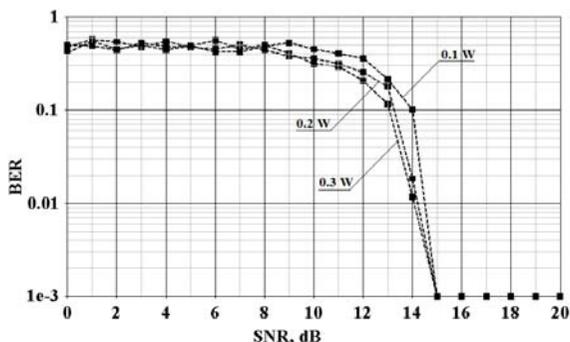


Рис. 4. Зависимость BER(SNR) второго канала при разных парциальных мощностях

Манипулируя мощностью, можно управлять характеристиками канала, такими как помехоустойчивость. Из рис. 3 и 4 видно, что в первом случае, увеличив мощность, можно повысить помехоустойчивость у первого абонента, а во втором случае – у второго абонента. Но надо учитывать то, что при изменении соотношения мощностей между каналами помехозащищенность становится лучше в одном канале и хуже в другом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крюков Я.В., Демидов А.Я., Покаместов Д.А. Метод множественного доступа с разделением каналов по мощности на ортогональных несущих // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2018. – Т. 12, №1. – С. 17–22.
2. Osseiran A., Boccardi F., Braun V. et al. Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project // IEEE Communications Magazine. – 2014. – Vol. 52, № 5. – P. 26–35.

МОНОЛИТНЫЙ ТРАНСИМПЕДАНСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДИАПАЗОНА DC-20 ГГц НА ОСНОВЕ SiGe BiCMOS-ТЕХНОЛОГИИ

А.С. Коряковцев, А.В. Помазанов, Е.А. Шутов, м.н.с.;
А.А. Коколов, с.н.с., 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, ЛИКС, leonid.babak@mail.ru

Радиофотоника [1, 2] – направление, объединяющее в себе радиоэлектронику и оптоэлектронику, за последние 30 лет вызвала огромный интерес как со стороны ученых, так и со стороны коммерческого сектора, и ему предсказывают светлое будущее. Это направление получило такую широкую популярность, с одной стороны, благодаря тому, что позволяет реализовывать СВЧ-компоненты, которые ранее было сложно либо практически невозможно создать в радиодиапазоне, а с другой стороны, оно открывает новые пути для построения информационных и телекоммуникационных систем и сетей.

Основой любой системы радиофотоники является аналоговый оптический канал передачи данных, который состоит из модулятора для преобразования электрического сигнала в оптический, линии передачи (оптического волокна) и фотоприемника, который производит обратное преобразование оптического сигнала в электрический.

Как правило, фотоприемник представляет собой фотодиод (ФД) и трансимпедансный усилитель (ТИУ). Фотодиод преобразует падающее на него излучение в выходной ток пропорционально интенсивности лазерного потока. Основной целью ТИУ является преобразование выходного тока фотодиода, который возникает в нем при падении на него оптического сигнала, в выходное напряжение. Модуль отношения выходного напряжения к входному току называется коэффициентом трансимпедансного усиления.

Коэффициент трансимпедансного усиления выражается как модуль отношения выходного напряжения к входному току (V_0/I_{in}) и имеет размерность Ω или дБ $\cdot\Omega$.

Целью данной работы является разработка ТИУ с полосой до 20 ГГц на основе монолитной 0,25 мкм SiGe BiCMOS-технологии. Разрабатываемый интегральный ТИУ состоит из трех каскадов (рис. 1): входной каскад преобразует ток ФД в напряжение, промежуточный каскад усиливает сигнал и преобразует его в дифференциальный, выходной буфер обеспечивает требуемую выходную мощность и согласование с 50-омным трактом. В ТИУ также встроена обратная связь для компенсации смещения постоянного тока от ФД.

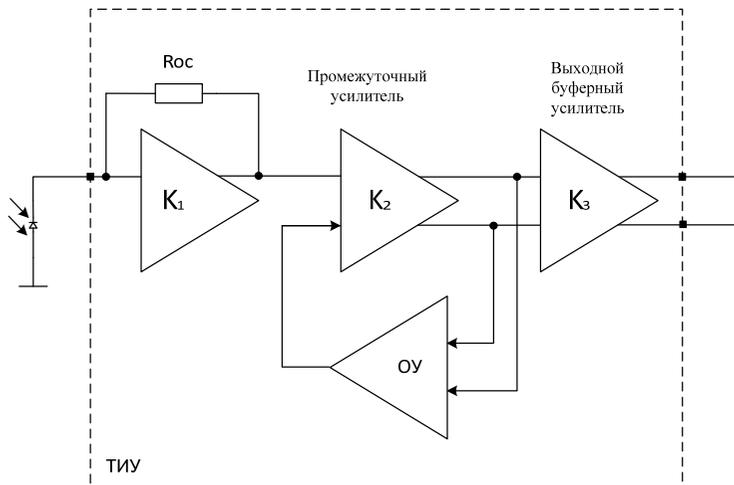


Рис. 1. Структурная схема ТИУ

На рис. 2 представлена электрическая схем ТИУ. Входной каскад (Т1–Т4) реализован на основе схемы с параллельной обратной связью, резистор R1 определяет трансимпеданс ТИУ и согласование по входу. Промежуточный каскад (Т8–Т12) выполнен по дифференциальной каскодной схеме, для согласования с выходным буферным каскадом используются эмиттерные повторители (Т21, Т22). Выходной дифференциальный буферный каскад (Т30–Т36) содержит цепи обратной связи по току для коррекции АЧХ ТИУ. Операционный усилитель (ОУ) выполнен на КМОП-транзисторах. ОУ компенсирует постоянный ток от ФД и изменение рабочей точки промежуточного каскада из-за разброса интегральных компонентов.

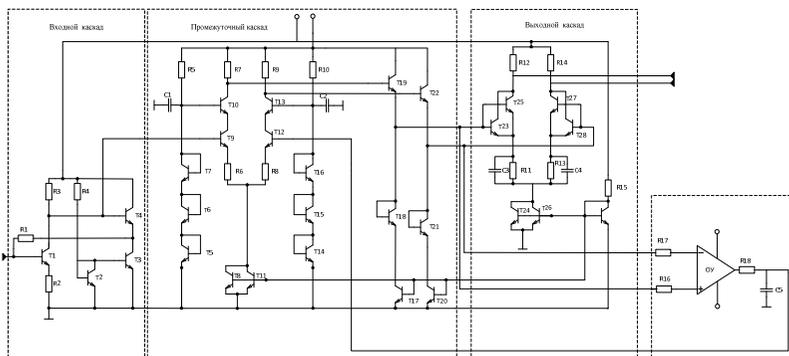


Рис. 2. Электрическая схем ТИУ

На рис. 3 представлены характеристики ТИУ, смоделированные в системе Cadence, а именно: S -параметры и выходная мощность с двух дифпортов. Выходная мощность с каждого порта -5 дБм, что соответствует $0,12$ В, в сумме будет составлять порядка $0,24$ В, что соответствует -2 дБм.

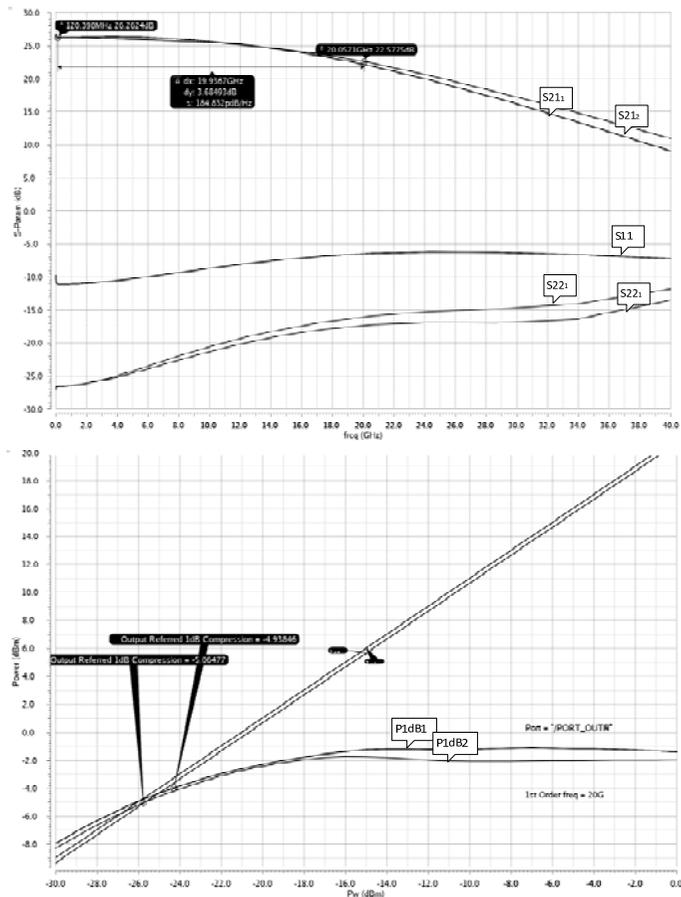


Рис. 3. Характеристики ТИУ

На рис. 4 представлена характеристика трансимпеданса, выраженная в дБ·Ω. Коэффициент трансимпедансного усиления Z_T вычисляется из S -параметров (таблица) по следующему выражению:

$$Z_T = 50 \frac{2 \cdot S_{21}}{(1 - S_{11}) \cdot (1 - S_{22}) - S_{21} \cdot S_{12}}$$

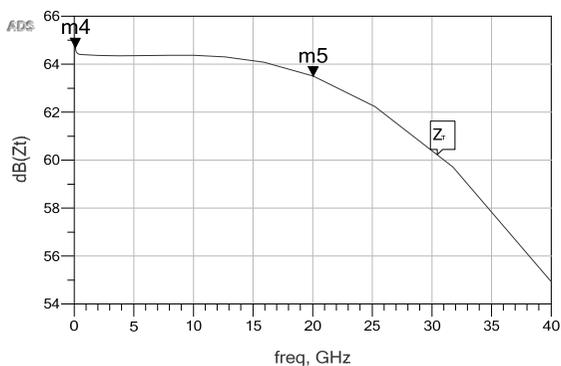


Рис. 4. Трансимпеданс (дБ·Ω)

Параметры ТИУ

Коэффициент передачи, дБ	K_v	> 20
Неравномерность коэффициента усиления S_{21} , дБ	dk_v	≤ 4
Выходная мощность, дБм	P_1 дБ	> -5
Коэффициент отражения, дБ	S_{22}	< -12
Трансимпеданс, дБ·Ω	Z_T	> 60
Ток потребления, мА	I_{II}	< 60

На рис. 5 представлена топология интегрального ТИУ, разработанная в САПР Cadence. Размер кристалла 600×800 мкм.

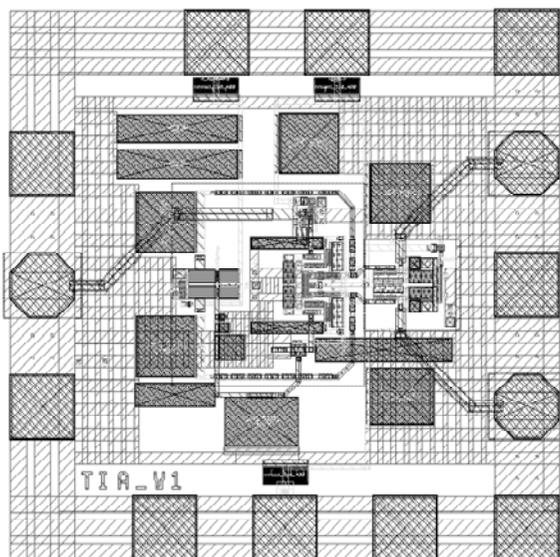


Рис. 5. Топология ТИУ

Разработанный ТИУ обладает широкой полосой пропускания более 20 ГГц, имеет достаточный коэффициент усиления, чтобы скомпенсировать потери в ФД. ТИУ имеет две цепи питания 2,5 и 3,3 В. Потребление тока составляет 55 мА. Трансимпеданс всей схемы составляет 63–64 дБ·Ω.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Уникальный идентификатор 8.4029.2017/4.6.

ЛИТЕРАТУРА

1. Seeds A. Microwave photonics // IEEE Trans. Microw. Theory Tech. – 2002. – Vol. 50(3). – P. 877–887.
2. Capmany J., Novak D. Microwave photonics combines two worlds // Nat. Photonics. – 2007. – Vol. 1(6). – P. 319–330.
3. Coldren L. Photonic integrated circuits for microwave photonics // Proceedings of the IEEE Topical Meeting on Microwave Photonics. – 2010. – P. 1–4.
4. Kim J., Buckwalter J.F. Bandwidth enhancement with low groupdelay variation for a 40-Gb/s transimpedance amplifier // IEEE Trans. Circuits Syst. I. – 2010. – Vol. 57. – P. 8.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ВЕКТОРНОГО ДАТЧИКА LSM330C

А.Т. Махамбетов, магистрант

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

Современное развитие технологий позволяет создавать многофункциональные измерительные устройства для различных применений. Одним из таких устройств является сверхминиатюрный модуль, содержащий в одном корпусе векторный датчик магнитного поля, векторный акселерометр и термометр (рис. 1). Такая комбинация измерительных устройств необходима для различных применений, например в беспилотных аппаратах, ориентации на местности и др. Температурный датчик поможет учесть влияние температуры на результаты измерения. Поскольку датчик появился совершенно недавно, то техническое описание его характеристик в области измерений явно недостаточно и является актуальным.

Целью данной работы является получение измерений постоянного магнитного поля с помощью магнитного векторного датчика на основе движения неодимового магнита по прямолинейной траектории относительно датчика.

Для использования датчика была разработана лабораторная установка, содержащая в себе микроконтроллер Ардуино, к которому

подключен модуль с датчиком по интерфейсу I2C. Программное обеспечение микроконтроллера дорабатывалось аналогично [1].



Рис. 1. Общий вид модуля LSM330C с векторным магнитным датчиком

Первая линейная траектория неодимового магнита находилась на расстоянии 5 см от датчика, последующие еще 4 траектории проходили параллельно первой также на расстоянии 5 см. Использовались две системы отсчета ориентации датчика. Первая – ось Y параллельна траектории движения магнита в плоскости X - Y , а вторая – ось X параллельна траектории движения магнита в плоскости X - Z . Датчик предварительно не калибровался – использовались заводские настройки. Регистрировались величины синхронного изменения координат X , Y , Z , они представлены на рис. 2, 3.

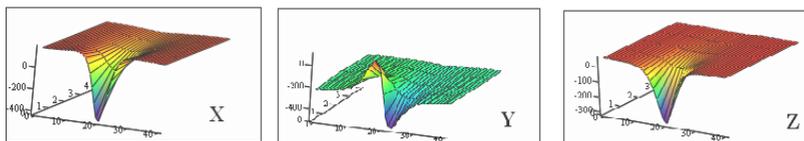


Рис. 2. Измерения координат вектора магнитного для первой системы координат при движении магнита вдоль Y

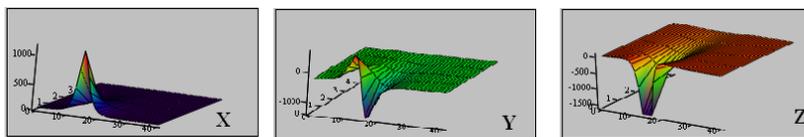


Рис. 3. Измерения координат вектора магнитного для второй системы координат при движении магнита вдоль Y

Из результатов измерений (см. рис. 2, 3) видно, что значения координат стабильные и не имеют выбросов. Видна также и возможность получения отрицательных значений координат, что указывает на чувствительность датчика к направлению магнитного поля. Осо-

бенно хорошо это проявляется для оси Y – здесь видно изменение знака координат, когда северный полюс в процессе прохождения магнита сменяется на южный. При смене системы координат датчика на вторую посредством его поворота видно, что датчик отреагировал и на это действие.

Таким образом, на практике показана возможность векторного измерения направления магнитного поля с помощью модуля LSM330C, а на основе дифференциальной зависимости датчика по любой координате имеется возможность регистрации смены направления магнитного поля [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационная топология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://narodstream.ru/stm-urok-49-hal-magnitometr-lsm303dlhc-chast-1>
2. Микроконтроллер Arduino Nano [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano>

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ ФАЗОВОГО ПОРТРЕТА ГЕНЕРАТОРА С МОСТОМ ВИНА

Д.А. Маурер, А.С. Буллер, Н.Р. Литвинова, студенты

Научный руководитель Р.В. Литвинов, доцент, к.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, maurerdanil@yandex.ru

Проект ГПО ТОР-1507 «Искажение сигналов

в оптических каналах связи»

Генераторы электрических сигналов являются одним из важнейших функциональных узлов электроники [1]. Широко распространенный метод их анализа в частотной области, основанный на определении баланса амплитуд и фаз на частоте генерации, не описывает процесс установления колебаний и их трансформацию при нарушении этого баланса.

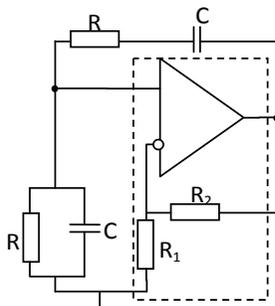


Рис. 1. Схема генератора

Полное представление об автоколебательном процессе можно получить на основе анализа решений нелинейного дифференциального уравнения генератора (уравнения Ван дер Поля) [2–4]. Ниже этот подход используется для расчета переходных процессов и установившихся состояний хорошо известного генератора на операционном усилителе с мостом Вина (рис. 1).

В рассматриваемом случае аналог уравнения Ван дер Поля можно получить относительно входного напряжения усилительного каскада $U_{вх}$ в следующем виде:

$$\frac{d^2 U_{вх}}{dt^2} + \omega_0(3 - K_{NL}(U_{вх})) \frac{dU_{вх}}{dt} + \omega_0^2 U_{вх} = 0, \quad (1)$$

где $\omega_0 = 1/RC$, а нелинейный коэффициент усиления $K_{NL}(U)$ можно представить при помощи прямоугольной функции в форме $K_{NL}(U) = \text{rect}(KU_{вх}/2E_{пит})$, где $K=R_2/R_1$ есть коэффициент усиления линейного режима инвертирующего каскада (выделенного пунктиром, см. рис. 1); R_2 и R_1 – сопротивления делителя цепи обратной связи [1]; $E_{пит}$ – напряжение питания.

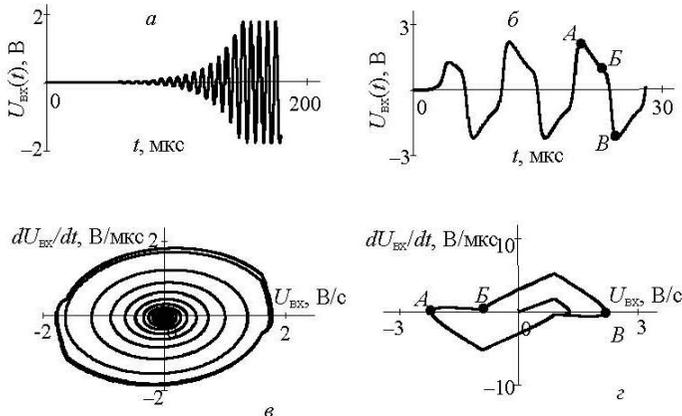


Рис. 2. Переходные процессы (а, в) и их фазовые (б, г) траектории генератора с мостом Вина для коэффициентов усиления $K = 3,1$ (а, б) и $K = 5,5$ (в, г)

Задача Коши для нелинейного уравнения (1), описывающая переходной колебательный процесс, имеет точное аналитическое решение. Процесс нарастания колебаний с выходом автогенератора на стационарный режим становится возможным при превышении коэффициентом усиления K порогового значения, равного 3 ($K > 3$) и соответствующего хорошо известному условию баланса амплитуд [1]. Результаты расчета этого процесса для $K = 3,1$ и $5,5$ представлены на

рис. 2, *a*, *б* соответственно. Расчеты выполнены для $E_{\text{пит}} = 5$ В и $\omega_0 = 1$ М·рад/с ($f_0 = 159$ кГц). Как следует из рис. 2, *a*, коэффициенту усиления, близкому к 3, соответствует квазигармонический характер выходного сигнала с частотой близкой к частоте ω_0 , временем переходного процесса $\tau_{\text{пер}} \approx 150$ мкс. Для большего коэффициента $K = 5,5$ (см. рис. 2, *б*) переходной процесс существенно короче $\tau_{\text{пер}} \approx 4$ мкс, а сами колебания относятся к релаксационным. Эффективным методом анализа нелинейной динамической системы второго порядка, к которой относится рассматриваемый генератор, является метод фазовой плоскости [4]. Он позволяет провести качественное исследование динамической системы. На рис. 2, *в*, *г* представлены фазовые траектории переходных автоколебательных процессов, показанных на рис. 2, *a*, *б* соответственно. Предельные замкнутые циклы фазовых траекторий соответствуют установившимся режимам автоколебаний. Предельный цикл квазигармонического процесса имеет форму, близкую к эллипсу, и достигается после многократного обхода траекторией точки покоя (см. рис. 2, *в*). Предельный цикл релаксационного процесса (см. рис. 2, *г*) имеет сложную форму, на которой можно выделить участки медленных (от *A* до *B*) и быстрых (от *B* до *B*) движений. Фазовая траектория приближается к предельному циклу после однократного обхода точки покоя.

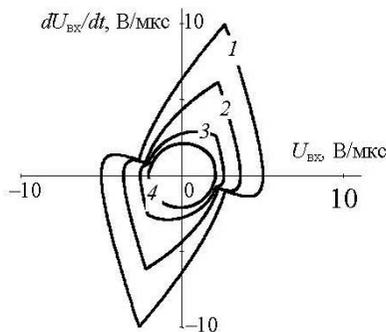


Рис. 3. Предельные циклы фазовых траекторий генератора с мостом Вина:
 1 – $K = 4,5$; 2 – $K = 4$; 3 – $K = 3,3$; 4 – $K = 3,05$

Установившиеся автоколебания рассматриваемого генератора были найдены на основе аналитического решения задачи Штурма–Лиувилля для нелинейного уравнения (1) с периодическими граничными условиями и заранее неизвестным периодом колебаний. Семейство предельных циклов фазовых траекторий для исследуемой системы представлено на рис. 3. Из рис. 3 следует, что темп нарастания длины

участков быстрых движений с ростом коэффициента усиления является более значительным, чем темп аналогичного нарастания длины участков медленных движений. Это свидетельствует о трансформации формы, установившихся колебаний генератора от квазигармонической до формы близкой к меандровой.

Таким образом, анализ фазовых траекторий генератора на операционном усилителе с мостом Вина показывает возможность его использования не только как генератора квазигармонических колебаний, но и как генератора релаксационных колебаний, близких к импульсным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титце У. Полупроводниковая схемотехника: справочное руководство: пер. с нем. / У. Титце, К. Шенк; ред. пер. А.Г. Алексенко. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
2. Van der Pol B. On relaxation-oscillations. – The London, Edinburgh and Dublin Phil. Mag. & J. of Sci, 1927. – No. 2(7). – P. 978–992.
3. Лефшец С. Геометрическая теория дифференциальных уравнений / пер. с англ. Р.Э. Винограда и М.И. Грабаря; под ред. В.В. Немыцкого, В.М. Алексеева. – М.: Изд-во иностр. лит., 1961. – 387 с.
4. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний; предисл. Л.И. Мандельштам. – 2-е изд. – М.: Наука, 1981. – 568 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ФОРМИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЧУА С ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКОЙ

Д.Р. Парфинович, магистр

Научный руководитель В.В. Афанасьев, проф., д.т.н.

*г. Казань, КНИТУ им. А.Н. Туполева (КАИ), ivans8585@mail.ru,
parfinovichdaniel@gmail.com*

Проведена оценка эффективности обработки 3D-сигналов дискретно-нелинейной системы Чуа с помощью квазиоптимальной линейной фильтрации при изменении отношения с/ш и вариации продолжительности интервала обработки.

В радиоэлектронике интерес к динамическому хаосу в значительной степени связан с возможностью обеспечения передачи информации с высоким уровнем конфиденциальности. Однако системы с динамическим хаосом очень чувствительны к различного рода возмущениям, помехам. Оценка возможности выделения сигналов системы Чуа на фоне помех может быть полезна при проектировании систем связи с применением эффектов динамического хаоса.

Целью работы является оценка качества квазиоптимальной фильтрации сигналов дискретно-нелинейной системы Чуа на базе корреляционной обработки при действии ВЧ- и НЧ-аддитивных помех.

Исследование проводилось в пакете MathCad. Для моделирования системы Чуа был применен численный метод решения дифференциальных уравнений Эйлера. Шаг дискретизации Δt при решении системы Чуа методом Эйлера выбирался из условия $K = T_1/\Delta t > 100$, где T_1 – период квазирезонансных колебаний системы [1]. Статистические характеристики оценивались с помощью встроенных функций MathCad. Реализации помех сформированы с помощью встроенной в MathCad функции `runif`, которая возвращает вектор случайных значений с равномерным законом распределения. Корреляционные интегралы рассчитывались численным методом трапеций. Интервал корреляционной обработки ΔT соотносился с величиной периода квазирезонансных колебаний системы T_1 путем оценки $NT = \Delta T/T_1$.

При моделировании применены вариант системы Чуа и вид аппроксимации ВАХ, приведенные в работе [1]. Корректная работа моделируемой системы Чуа наблюдалась при следующих значениях параметров, влияющих на кусочно-линейную аппроксимацию: $m_0 = 0,535$; $m_1 = -0,149$; $G = 4,662 \times 10^{-4}$ см. Исследование проводилось в хаотическом режиме работы системы Чуа с аттрактором «двойной завиток» при параметрах системы $\alpha = 9,117$; $\beta = 14,417$.

Статистические характеристики формируемых сигналов системы Чуа рассмотрены в работе [2].

Статистические характеристики формируемых 3D-сигналов XYZ системы Чуа в режиме с хаотической динамикой, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Статистические характеристики формируемых 3D-сигналов

$M(x)$	$M(y)$	$M(z)$	$\sigma(x)$	$\sigma(y)$	$\sigma(z)$
-0,275	$9,47 \cdot 10^{-4}$	0,277	1,096	0,172	1,327

Аддитивная помеха для сигнала X – это u_x , для сигнала Z – u_y , для сигнала $Z - u_z$. Статистические характеристики помех представлены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические характеристики помех

	$M(u_x)$	$M(u_y)$	$M(u_z)$	$\sigma(u_x)$	$\sigma(u_y)$	$\sigma(u_z)$
ВЧ	$3,034 \cdot 10^{-4}$	$3,622 \cdot 10^{-4}$	$-1,652 \cdot 10^{-3}$	1,123	0,176	1,361
НЧ	0,031	$3,668 \cdot 10^{-3}$	-0,017	1,123	0,175	1,385

Полученные зависимости значений корреляционных интегралов $R(NT)$ от нормированной величины NT интервала обработки для разных значений $C/Ш$ представлены на рис. 1.

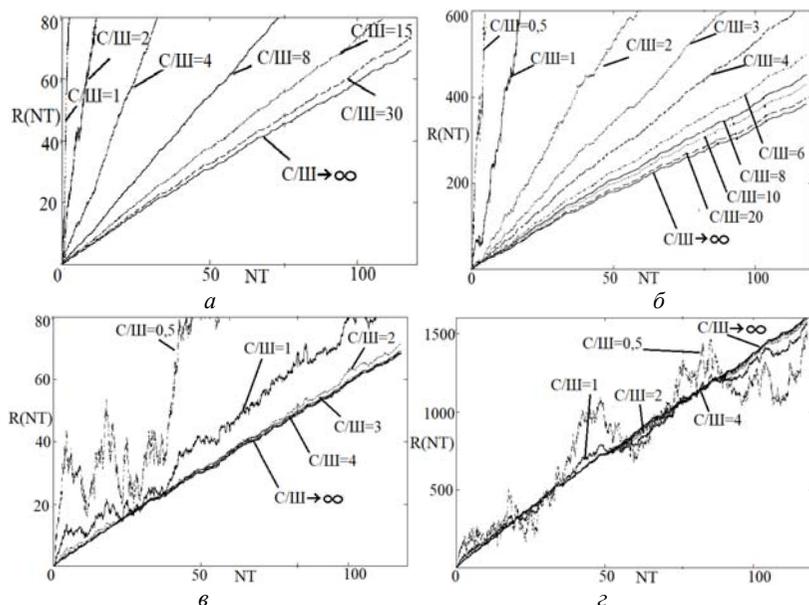


Рис. 1. Зависимости значений $R(NT)$ от NT при ВЧ-помехах: а – для Y ; при НЧ-помехах: б – для X , в – для Y , г – для Z

Полученные данные позволяют оценить качество корреляционной обработки при различных значениях отношения сигнал/шум при обработке дифференцированных сигналов.

На малом интервале наблюдения $NT = 0 \div 10$ при малом отношении $C/Ш = 0,5 \div 4$ значения корреляционного интеграла близки к значениям корреляционного интеграла в случае отсутствия шумов. Но при увеличении интервала наблюдения значения существенно расходятся. Если же отношение $C/Ш$ велико, то значения корреляционного интеграла близки к значениям корреляционного интеграла при $C/Ш \rightarrow \infty$ на всем интервале времени. При воздействии ВЧ-помех наблюдаем резко возрастающие значения корреляционного интеграла относительно случая с отсутствием шумов. Значения корреляционных интегралов становятся близки к значениям корреляционного интеграла при $C/Ш \rightarrow \infty$ при: для $X - C/Ш > 30$, для $Y - C/Ш > 30$, для $Z - C/Ш > 8$. При воздействии НЧ-шумов резко возрастающие значения корреля-

ционного интеграла наблюдаем для отношения $C/\text{Ш} = 0,5 \div 3$. Значения корреляционных интегралов становятся близки к значениям корреляционного интеграла при отсутствии шумов: для $X - C/\text{Ш} > 20$, для $Y - C/\text{Ш} > 3$, для $Z - C/\text{Ш} > 4$. Установлено, что корреляционная обработка наиболее эффективна при воздействии НЧ-помех при нормированной продолжительности интервала обработки NT не менее 100.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В., Логинов С.С., Польский Ю.Е. Анализ и синтез нелинейных радиоэлектронных динамических систем и устройств с варьируемым шагом временной сетки. – Казань: Изд. Казан. гос. техн. ун-та, 2013. – 231 с.
2. Афанасьев В.В., Парфинович Д.Р. Моделирование радиоэлектронной дискретно-нелинейной системы Чуа с динамическим хаосом // XXIII Тупольские чтения (школа молодых ученых): Междунар. молодёжная науч. конф., 8–10 ноября 2017 г.: матер. конф.: сб. докл. в 4 т. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2017. – Т. 3. – 763 с.

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКОДОБРОТНЫХ ВАРИКАПОВ

А.С. Шабалин, студент каф. ФЭ

*Научный руководитель О.Ю. Малаховский, нач. лаб. №42,
АО «НИИПП», к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, shiba220v@mail.ru*

На сегодняшний день есть потребность в проектировании и изготовлении высокодобротных приборов. Но для контролирования добротности, в первую очередь, необходимо корректно измерять данную величину.

Добротность варикапа является одним из важных параметров данного прибора. Добротность – это параметр колебательного контура, характеризующий отношение запасённой энергии в системе к потерям энергии за время одного периода колебаний. Добротность варикапа можно определить как отношение реактивной составляющей прибора к активной или мнимой части импеданса к реальной [1].

При помощи ВЧ-анализатора импеданса и материалов Agilent E4991A была снята частотная зависимость добротности варикапа. Также, в ходе эксперимента были измерены характеристики исследуемого варикапа и рассчитана частотная зависимость добротности данного прибора. Рассчитанная и снятая частотные зависимости добротности имеют вид частотных зависимостей добротности из литературных данных [2] и представлены на рис. 1.

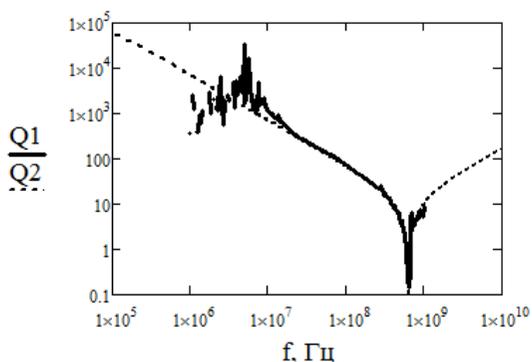


Рис. 1. Рассчитанная (Q1) и измеренная (Q2) частотные зависимости добротности исследуемого варикапа

Из рис. 2 видно, что модель хорошо описывает поведение частотной зависимости добротности на высоких частотах в диапазоне от 30 МГц до 1 ГГц. На более низких частотах наблюдается высокая погрешность измерения, что видно из высокого разброса измеренных значений. Наибольшая погрешность измерения наблюдается в диапазоне от 1 до 10 МГц.

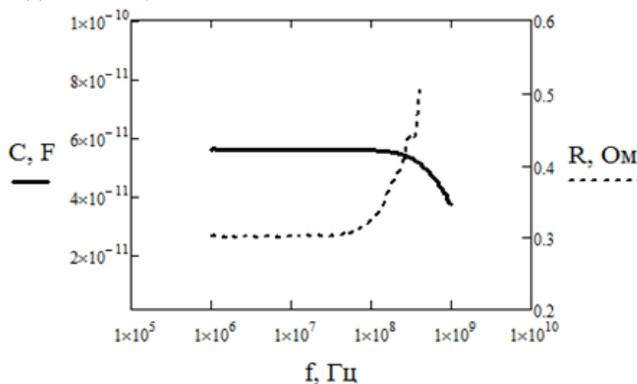


Рис. 2. Частотная зависимость сопротивления резистора

Для определения, какая из частей импеданса вносит наибольший вклад в погрешность по добротности, было решено провести физическое моделирование реальной части импеданса, мнимой части импеданса и полного импеданса.

В качестве модели реальной части импеданса использовался резистор. Сопротивление резистора подбиралось максимально близко к R_s исследуемого варикапа и составило 0,3 Ом. В качестве модели

мнимой части импеданса использовался конденсатор. Емкость конденсатора подбиралась максимально близко к емкости исследуемого варикапа и составила 56 пФ. На рис. 2 представлены частотные зависимости емкости конденсатора и сопротивления резистора.

Как видно из зависимостей сопротивления и емкости от частоты, погрешность прибора не дает таких сильных погрешностей измерения на частотном диапазоне от 1 до 10 МГц, как при измерении частотной зависимости добротности варикапа.

Теперь рассмотрим модель полного импеданса. В качестве модели полного импеданса использовалась простейшая эквивалентная схема варикапа, состоящая из резистора и конденсатора. Для чистоты эксперимента в качестве мнимой и реальной части использовались элементы из предыдущих экспериментов. На рис. 3 представлены частотная зависимость добротности полного импеданса и измеренная частотная зависимость добротности исследуемого варикапа.

Из рис. 3 видно, что частотные зависимости добротности варикапа и физической модели полного импеданса имеют одинаковый вид и наблюдается высокая погрешность измерений в диапазоне частот от 1 до 10 МГц.

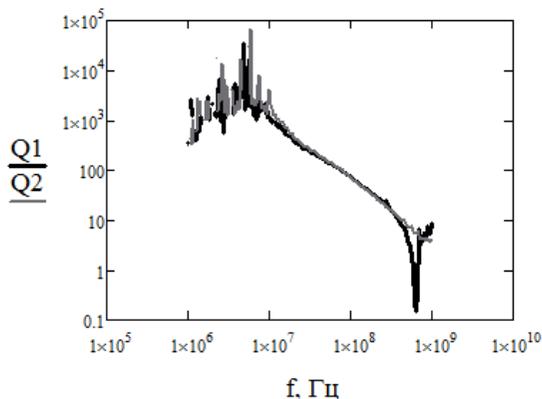


Рис. 3. Частотные зависимости добротности варикапа (Q1) и модели полного импеданса (Q2)

Исходя из полученных данных, можно сказать, что ВЧ-анализатор импеданса и материалов Agilent E4991A имеет высокую погрешность измерения в случае, когда отношение реактивных составляющих к активным превышает 1000 ед.

Это может быть связано с принципом работы данного прибора. Во время работы Agilent E4991A измеряет импеданс исследуемого устройства, которое имеет активные и реактивные составляющие. Для

реактивных составляющих устройства импеданс составляет тысячи Ом, в свою очередь, для активных – единицы. При погрешности измерения полного импеданса в 1% погрешность измерения полного импеданса будет много больше величины активных компонентов прибора. Исходя из этого, невозможно прямое измерение добротности с высокой точностью высокодобротных варикапов, у которых отношение реактивных составляющих к активным превышает 1000 ед.

ЛИТЕРАТУРА

1. Agilent E4991A RF Impedance/Material Analyzer. Operation manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://storage.tusur.ru/files/61046/2017_2.pdf (дата обращения: 25.02.2018).
2. Norword M.H., Shatz E. Voltage Capacitor Tuning // IEEE Microwave Magazine. – 1968. – 58 p.

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОЛИТНОГО ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА НА ОСНОВЕ 0,25 мкм SiGe БИКМОП-ТЕХНОЛОГИИ

А.С. Коряковцев, А.В. Помазанов, Е.А. Шутов, м.н.с., ЛИКС

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

НОЦ «Нанотехнологии» ТУСУРа, проф. каф. КСУП

г. Томск, ТУСУР, leonid.babak@mail.ru

Пассивные компоненты широко используются в согласующих цепях, резонаторах, фильтрах, цепях питания. В настоящее время возрастает интерес к уменьшению размеров пассивных компонентов, полезно интегрировать многие пассивные компоненты по возможности на чипе.

Частотные фильтры предназначены для выделения или подавления частей спектра сигналов и являются важными компонентами большинства радиотехнических устройств [1]. Проектирование полосовых фильтров СВЧ-диапазона представляет собой сложную техническую задачу. Можно выделить два основных этапа проектирования фильтров [2]:

1. Структурный и параметрический синтез.
2. Корректировка параметров по результатам макетирования.

По динамическим характеристикам SiGe-технология выдерживает конкуренцию с доминирующей сегодня GaAs СВЧ-технологией. Возможность использования БИКМОП добавляет SiGe-технологии очевидное преимущество перед GaAs, оно заключается в существенном увеличении степени интеграции аналого-цифровых МИС, в том

числе систем на кристалле (СНК), включающих как СВЧ-аналоговые схемы так и быстродействующие цифровые КМОП-блоки.

LC-фильтры были первыми фильтрами, которые применялись в устройствах передачи сигналов. Элементы фильтра выбираются таким образом, чтобы обеспечить передачу максимальной мощности в полосе пропускания. Пассивные фильтры устойчивы, не требуют источников питания, имеют низкую чувствительность характеристик к изменениям номиналов элементов. Методы синтеза LC-фильтров достаточно хорошо разработаны. Имеется обширная справочная литература, которая содержит данные о фильтрах различных порядков. Процедура расчета фильтра сводится к выбору типа и порядка фильтра.

Схема ПФ на идеальных компонентах представлена на рис. 1.

Моделирование выполнялось в среде автоматизированного проектирования ADS. На рис. 2 представлены основные характеристики ПФ (на идеальных элементах).

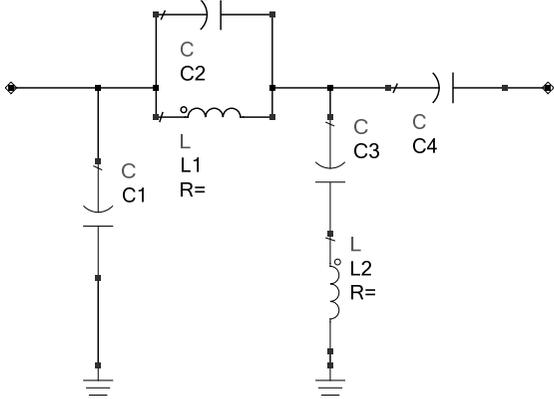


Рис. 1. Схема ПФ на идеальных компонентах

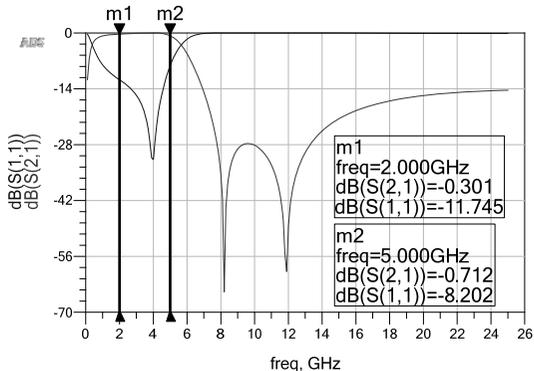


Рис. 2. Характеристики ПФ на идеальных элементах

Следующим этапом проектирования была замена идеальных элементов реальными из библиотеки INP SG25H3 и создание топологии ПФ. Для более точного представления основных характеристик фильтра было просчитано электромагнитное моделирование в ADS Momentum.

На рис. 4 представлена топология полосового фильтра выполненного по технологии 0,25 мкм SiGe БикМОП. Индуктивности находятся в слое металлизации TopMetal1, конденсаторы в слое Metal2 и Metal3, соединительные линии выполнены в слое TopMetal2.

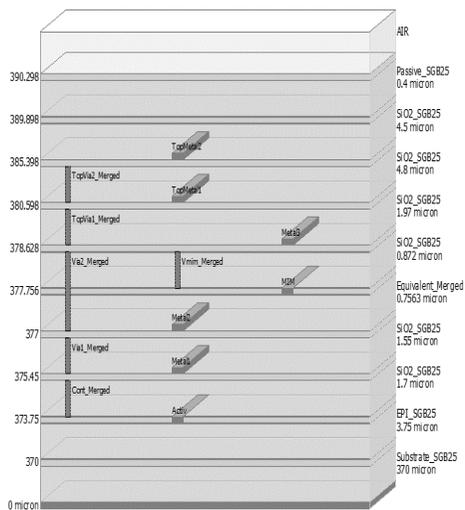


Рис. 3. Модель подложки 0,25 мкм

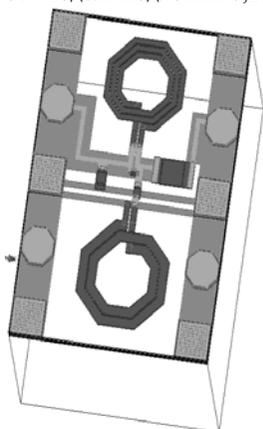


Рис. 4. Топология полосового фильтра SiGe БикМОП-технологии в ADS

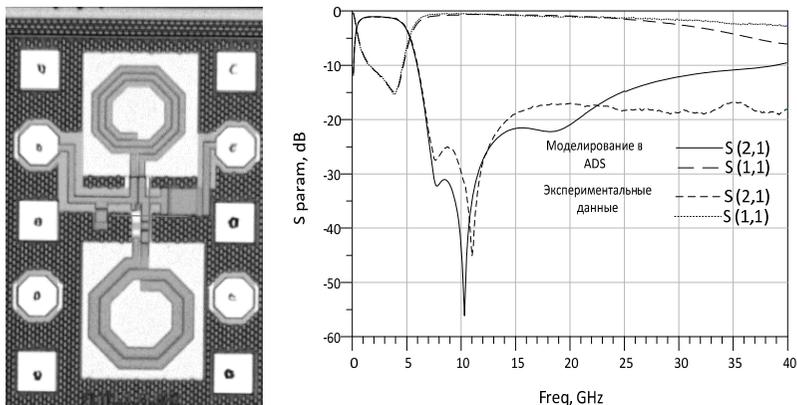


Рис. 5. Фотография ПФ (494×690 мкм) и сравнение измеренных и смоделированных S-параметров

Экспериментальные данные были получены с помощью зондовой станции Cascade Microtech и 4-портового векторного анализатора цепи компании Rohde Schwarz ZVA40.

Была получена модель полосового фильтра (рис. 5) с использованием пассивных компонентов на основе 0,25 мкм SiGe БиКМОП-технологии, представлены результаты моделирования и экспериментальные данные.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ. Уникальный идентификатор 8.3423.2017/4.6.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. Кушнира. – М.: Связь, 1971. – 439 с.
2. Беляков А.Ю., Петров Е.В., Попов В.В., Штейнгарт А.П. Расчет СВЧ-полосовых фильтров с частотными характеристиками специального вида // Вестник НовГУ. – Сер.: Техн. науки. – 2015. – №91. – С. 45–51.
3. Немудров В., Бычков М., Ионов Л., Малышев И. СВЧ-кремний-германиевые монолитные интегральные схемы: преимущества и достижения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/4/article_4768_220.pdf (дата обращения: 03.08.2017).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ РАБОТАЮЩЕГО В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 7,1–8,4 ГГц НА МАТЕРИАЛЕ ПОДЛОЖКИ ROGERS

Е.А. Шутов, А.С. Коряковцев, А.В. Помазанов, студенты

Научный руководитель П.П. Анкудович, инженер 1-й кат.

АО «НПФ» Микран»

г. Томск, ТУСУР

В современном мире связь занимает очень важное место. Существует множество способов обеспечения связи, одним из таких способов является обеспечение связи посредством радиорелейных станций.

Радиорелейная связь – это такой вид радиосвязи, образованный цепочкой приемопередающих (ретрансляционных) радиостанций. Для радиорелейной связи характерно следующее: восстановление принятого сигнала на каждой промежуточной станции и дальнейшая его передача.

Радиорелейные станции делятся на два типа: радиорелейные станции прямой видимости и радиорелейные станции тропосферного рассеяния. В случае радиорелейной станции прямой видимости трасса выбирается так, чтобы между антеннами соседних станций имелась прямая видимость, и связь осуществляется за счет радиоволн, распространяющихся вдоль поверхности Земли. Во втором случае радиоволны распространяются и достигают точки приема за счет рассеяния на неоднородностях тропосферы.

В данной статье речь пойдет о проектировании передающего модуля с заданными техническими характеристиками, представленными в табл. 1, 2.

Проектирование передатчиков начинается с разработки функциональной схемы. Выбранная схема передатчика не является единственной, но была выбрана как самая оптимальная.

Таблица 1

Технические характеристики передающего модуля

Наименование параметра	Значение
Подавление сигнала гетеродина относительно сигнала радиочастоты	15 дБ
Выходная мощность передатчика, при относительном уровне интермодуляционных искажений 3-го порядка не более: минус 24 дБн минус 42 дБн	Не менее 30 дБм Не менее 24 дБм
Коэффициент усиления	38–44 дБ
Регулировка коэффициента усиления	Не менее 18 дБ

Расчет передатчика начинается с выходного каскада. В ходе разработки передатчика проанализировано множество документаций на микросхемы. Критерием выбора каждой микросхемы являются параметр IP3 и коэффициент усиления, которые, как правило, прописаны в технической документации. В результате расчетов функциональная схема передатчика представлена на рис. 1.

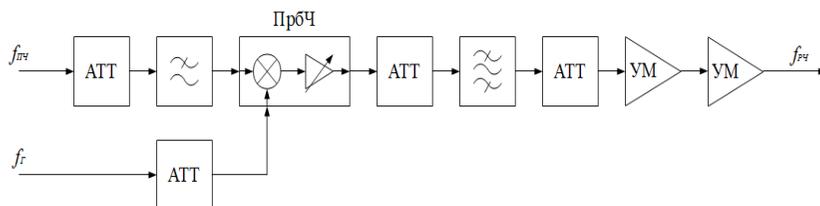


Рис. 1. Структурная схема передатчика: АТТ – аттенюатор; ПрбЧ – преобразователь частоты; УМ – усилитель мощности

Аттенюаторы в схеме ослабляют сигнал на входе отдельных микросхем до безопасного уровня. Микросхема преобразователя частоты необходима для переноса сигнала с промежуточной частоты на радиочастоту. Усилители мощности усиливают сигнал до необходимого уровня.

После выбора микросхем и структурной схемы в общем выполнялась трассировка платы. Топология передающего модуля представлена на рис. 2.

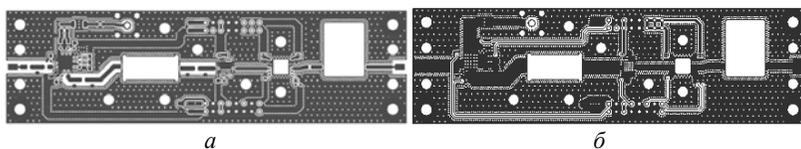


Рис. 2. Топология печатной платы: а – верхний слой; б – нижний слой

После создания опытного образца произведены измерения. Основными параметрами при проведении измерений являются КУ, IMD3 и уровень выходной мощности.

По полученным значениям видно:

1. Уровень выходной мощности при уровне IMD3 –24 дБн составляет не менее 30 дБм.
2. Уровень выходной мощности при уровне IMD3 –42 дБн составляет не менее 24 дБм.

Результаты измерений представлены на рис. 3, 4.

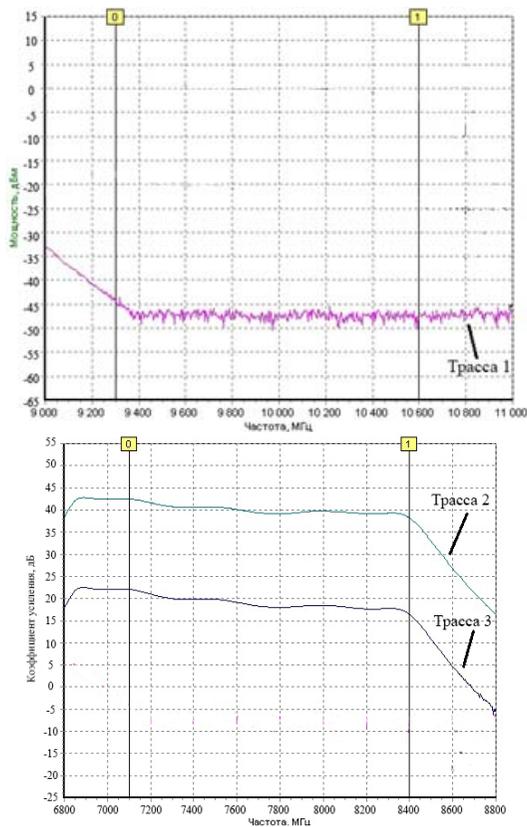


Рис. 3. Результаты измерений передатчика: трасса 1 – уровень пролаза гетеродина при отсутствии сигнала ПЧ; трасса 2 – уровень выходного сигнала при подаче сигнала ПЧ и гетеродина при минимальном уровне аттенюатора; трасса 3 – уровень выходного сигнала при подаче сигнала ПЧ и гетеродина при максимальном уровне аттенюатора

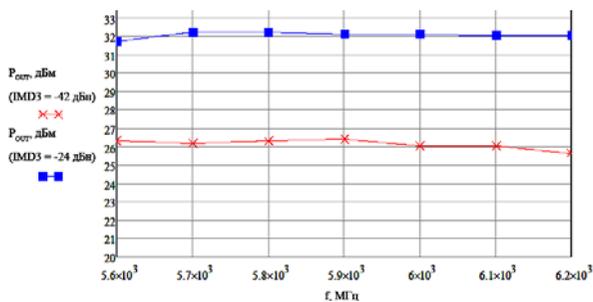


Рис. 4. Результаты измерений передатчика

Технические характеристики передающего модуля

Наименование параметра	Требуемое значение	Полученное значение
Подавление сигнала гетеродина относительно сигнала радиочастоты	Не менее 15 дБ	47,5 дБ
Выходная мощность передатчика, при относительном уровне интермодуляционных искажений 3-го порядка не более: минус 24 дБ минус 42 дБ	Не менее 30 дБм Не менее 24 дБм	32 дБм 26,5 дБм
Коэффициент усиления	38–44 дБ	40
Регулировка коэффициента усиления	Не менее 18 дБ	20 дБ

В ходе проектирования передатчиков были решены задачи обеспечения необходимого уровня выходной мощности при требуемых относительных уровнях интермодуляционных искажений, обеспечения требуемого уровня КУ, а также обеспечения глубины регулировки КУ. Также были спроектированы схемы электрические принципиальные, топологии печатных плат, созданы трехмерные модели передатчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Принцип радиорелейной связи, её достоинства и недостатки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vivalaradio.ru/archives/485> (дата обращения: 07.05.17).
2. Методика измерений IP2 и IP3 при двухтональном воздействии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://advantex.ru/HTML_Papers/Intermod_IPx_Article/main.html#HarmonicDistortion (дата обращения: 07.05.17).
3. Документация на микросхему [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://faza-don.ru/ferrite/msiso2_18_5.html (дата обращения: 07.05.17).
4. Документация на микросхему [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cdn.macom.com/datasheets/XP1039-QJ.pdf> (дата обращения: 07.05.17).
5. Документация на микросхему [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cdn.macom.com/datasheets/XP1050-QJ.pdf> (дата обращения: 07.05.17).
6. Документация на микросхему [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.radiant.su/other/hittite/pdf/hmc925lc5.pdf> (дата обращения: 07.05.17).

РАСЧЁТ СПЕКТРА ВЫХОДНОГО ТОКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ПРИ СИНХРОННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

М.В. Южанин, аспирант каф. РЭТЭМ

Научный руководитель В.И. Туев, директор НИИ СТ,

зав. каф. РЭТЭМ, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, juzhaninmv@yandex.ru

Существует большой класс цепей с двумя входами, на которых присутствуют колебания одинаковой частоты, – синхронные детекторы. Задача расчета полезного и побочных продуктов нелинейного взаимодействия сигналов в этих устройствах решена не окончательно.

Цель работы – обобщение метода, основанного на аппарате функциональных рядов Вольтерра (ФРВ) для расчёта спектра выходного тока синхронных детекторов, построенных на полевых транзисторах, при воздействии двух синхронных колебаний. Вывод формул произведен в рамках метода нелинейного тока (МНТ), применяемого для расчета нелинейных передаточных функций (НПФ) [1, 2].

К входам устройства подключены источники сигнала и гетеродина

$$\left. \begin{aligned} u_c(t) &= U_c \cdot \cos(\omega_c t) \\ u_r(t) &= U_r \cdot \cos(\omega_r t + \varphi) \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

Синхронное преобразование выполняется при равенстве частот

$$\omega_c = \omega_r = \omega_0. \quad (2)$$

К выходу преобразователя подсоединена нагрузка с сопротивлением $Z_H(\omega)$ на частоте ω . Нелинейный четырехполюсник содержит источник тока, зависящий от напряжений на обоих управляющих входах, и произвольное количество линейных и нелинейных RLC-элементов.

Расчет переменных составляющих тока зависимого источника в соответствии с МНТ производится в виде

$$i = \sum_{n=1}^N i_n, \quad (3)$$

где N – наивысший порядок учитываемой нелинейности; i_n – нелинейный ток n -го порядка.

На основании обобщенных формул для расчета нелинейных эквивалентных источников тока многоэлектродных активных элементов [3] составляющие тока первых двух порядков ($N = 2$), представляющие практический интерес при расчете синхронных детекторов [1, 2], можно представить в виде

$$i_1(\omega_1) = \sum_{k=1}^2 g_k^{(1)} u_k^{(1)}(\omega_1), \quad i_2(\omega_1, \omega_2) = \sum_{k=1}^3 i_{2k}(\omega_1, \omega_2). \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} i_{21}(\omega_1, \omega_2) &= g_1^{(2)} \cdot u_1^{(1)}(\omega_1) \cdot u_1^{(1)}(\omega_2), \\ i_{22}(\omega_1, \omega_2) &= g_2^{(2)} \cdot u_2^{(1)}(\omega_1) \cdot u_2^{(1)}(\omega_2), \\ i_{23}(\omega_1, \omega_2) &= g_{1,2}^{(1+1)} \cdot \left\{ u_1^{(1)}(\omega_1) \cdot u_2^{(1)}(\omega_2) \right\}_{\text{Sym}}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где символом $\{\}_{\text{Sym}}$ обозначена операция симметризации [1]. Частные и смешанные проводимости g^0 в (4)–(6) определяются из разложения аналитической зависимости тока источника в кратный ряд Тейлора в окрестности рабочей точки, определяемой напряжениями смещения U_{10}, U_{20} :

$$g_{1,2}^{(m_1+m_2)} = \frac{1}{m_1! m_2!} \cdot \frac{\partial^{m_1+m_2} I(U_{10}, U_{20})}{\partial U_1^{m_1} \partial U_2^{m_2}}. \quad (6)$$

Нелинейные токи (4)–(6) в совокупности с коэффициентами разложения в ряд Тейлора нелинейных зависимостей двухполюсных элементов используются для определения НПФ вида $W_n^{k, \dots, l}[\omega_1, \dots, \omega_n]$ (k, \dots, l – номера входов), дающих явную связь отклика и воздействий на конкретных входах [1, 2]. Полезный продукт – постоянное напряжение, в частности, определяется выражением

$$U_{\text{вых}}(0) = \text{Re} \left(W_2^{1,2}[\omega_{c'} - \omega_r] \cdot U_c \cdot U_r \cdot e_{j\phi} + \frac{1}{2} (W_2^{1,1}[\omega_{c'} - \omega_c] \cdot U_c^2 + W_2^{2,2}[\omega_{r'} - \omega_r] \cdot U_r^2) \right).$$

Сравнительные расчетная и экспериментальная зависимости постоянного выходного напряжения пассивного синхронного преобразователя на МДП ПТ (рис. 1, а) типа 2N70002P представлены на рис. 1, б). При расчёте постоянной составляющей выходного напряжения влияние реактивных составляющих эквивалентной схемы рис. 2 было исключено, поскольку частота воздействующих колебаний на ПТ мала. Моделирование свойств источника тока ПТ основано на применении аналитического описания семейства вольт-амперных характеристик ПТ. Единое аналитическое выражение, позволяющее аппроксимировать вольт-амперные характеристики во всех областях допустимых напряжений на электродах при прямом и инверсном включении полевых транзисторов, описано в [4].

В расчете использованы следующие параметры эквивалентной схемы ПТ: $U_0 = -2,4$ В; $Z_C = 1$ кОм; $Z_r = 180$ Ом; $Z_H = 430$ Ом. Амплитуда генератора – 4 В, частота – 100 кГц.

Представлены результаты расчета полезного продукта на выходе синхронного преобразователя на МДП-полевом транзисторе.

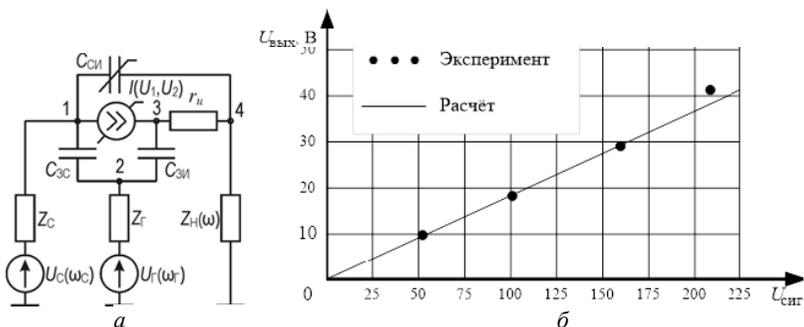


Рис. 1. Эквивалентная схема преобразователя на полевом транзисторе и зависимость постоянного напряжения на выходе преобразователя от напряжения сигнала на входе

Показано, что расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 10% в диапазоне мгновенных значений напряжения гетеродина, не выходящих за пределы раствора передаточной вольт-амперной характеристики транзистора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буссанг Дж., Эрман Л., Грейам Дж. Анализ нелинейных систем при воздействии нескольких входных сигналов // ТИИЭР. – 1974. – № 8. – С. 56–92.
2. Богданович Б.М. Нелинейные искажения в приемно-усилительных устройствах. – М.: Связь, 1980. – 280 с.
3. Жаркой А.Г., Туев В.И. Расчет нелинейных эквивалентных источников тока многоэлектродных активных элементов // Радиотехника и электроника. – 1989. – Т. 34, № 6. – С. 1142–1150.
4. Туев В.И., Южанин М.В. Применение модифицированной функции гиперболического тангенса для аппроксимации вольт-амперных характеристик полевых транзисторов // Изв. Том. политехн. ун-та. – 2009. – № 4. – С. 135–138.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОМЕТРОВ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ ТЕПЛОЙ ПРИРОДЫ

Г.Г. Жук, Т. Абдирасул уулу, студенты;

А.В. Убайчин, доцент каф. КУДР, к.т.н.

*Научный руководитель А.В. Фатеев, зав. каф. РЗИ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, каф. КУДР, grigoriy26.04@mail.ru*

Активное развитие систем радиосвязи является одной из главных составляющих мирового прогресса в сфере телекоммуникаций. За последние несколько десятилетий системы радиосвязи вошли в по-

вседневную жизнь миллионов людей. Ввиду увеличения количества пользователей и потока передаваемых данных возникает потребность создания дополнительных каналов радиосвязи.

В настоящее время к системам радиосвязи предъявляются всё более высокие требования (повышение помехоустойчивости, дальности, электромагнитной совместимости и т.д.). Для реализации этих требований предлагается создание нового канала радиосвязи на основе шумовых сигналов тепловой природы.

Концепция реализации предлагаемой радиосвязи включает в себя передатчик, приемопередающую антенну и приемник. В основе передатчика используется управляемый генератор шума с равномерным спектральным распределением. Приемник будет реализован на базе технических средств микроволновой радиометрии, то есть микроволновых радиометров, которые применяют для измерения параметров шумовых сигналов тепловой природы.

Для качественного приема передаваемой информации необходимо определить наиболее подходящий метод построения радиометрической системы с целью выделения полезного сигнала из шума с достаточной чувствительностью и динамикой измерений.

Среди многочисленных методов построения радиометрических систем выделяются несколько основных типов радиометров: компенсационные, модуляционные, и нулевые. Рассмотрим возможность применения каждого из этих типов радиометров в основе приемника системы связи для выделения информационного сигнала из теплового шума.

Радиометрические системы, построенные на основе классического компенсационного радиометра, обладают самой высокой флуктуационной чувствительностью. Так как накопление сигналов антенны происходит непрерывно, и между антенной и усилителем высоких частот нет дополнительных узлов с потерями [1]. Ввиду того, что накопление сигналов происходит непрерывно, возникает высокая зависимость результатов от изменений коэффициента передачи всего измерительного тракта и его собственных шумов. Для уменьшения погрешности измерений все узлы компенсационного радиометра должны быть хорошо термостатированы, что увеличивает энергопотребление и массогабаритные размеры.

Формула для определения флуктуационной чувствительности компенсационного радиометра имеет вид

$$\Delta T = (T_{ш} + T_a) \sqrt{\frac{1}{\Delta f \tau} + \left(\frac{\Delta G}{G}\right)^2}, \quad (1)$$

где τ – постоянная времени интегратора радиометра, равная $1/2\Delta f$; Δf – полоса пропускания низкочастотной части измерительного тракта; ΔG – изменения коэффициента усиления приемника по мощности; G – коэффициент усиления; $T_{ш}$ – шумовая температура радиометра; T_a – эффективная температура шумов антенны.

Исключить влияние собственных шумов на точность измерений позволяет применение модуляционного радиометра. В основе модуляционных радиометров заложен принцип дифференциальных измерений. Суть этого метода измерений заключается в использовании модулятора (переключателя «два входа – один выход»), на один вход которого подключается приемная антенна, а на второй – эталонный генератор шума [2]. Таким образом, роль реперных величин, определяющих положение передаточной характеристики, выполняют опорный шумовой сигнал и коэффициент усиления радиометра. Следовательно, изменение коэффициента передачи измерительного тракта по-прежнему влияет на точность измерений модуляционных радиометров. В модуляционном радиометре формула для определения флуктуационной чувствительности имеет вид

$$\Delta T = \sqrt{\frac{2((T_{ш} + T_a) + (T_{ш} + T_{оп}))}{\Delta f \tau} + (T_a - T_{оп})^2 \left(\frac{\Delta G}{G}\right)^2}, \quad (2)$$

где τ – постоянная времени интегратора; ΔG – изменения коэффициента усиления УВЧ; $T_{оп}$ – шумовая температура опорного генератора.

Повышения чувствительности модуляционных радиометров добиваются путем понижения шумовой температуры приемника за счет систем охлаждения, применения малошумящих усилителей, систем автоматической регулировки усиления и т.д. Вследствие применения дополнительных систем термостатирования, автоматической регулировки усиления, как и в компенсационных схемах, происходит увеличение массогабаритных размеров и энергопотребления.

Недостатки модуляционных радиометров можно исключить путем применения в них метода нулевых измерений. Суть этого метода заключается в выполнении условия равенства шумовой температуры антенны и опорного генератора шума путем регулировки опорного генератора шума. Индикатором нулевого баланса является нулевое напряжение на выходе радиометра в оба полупериода модуляции.

В этом случае на точность измерений не влияют изменения коэффициента передачи всего измерительного тракта, его дрейф и флуктуации, частоты которых меньше частоты амплитудно-импульсной модуляции в радиометре. Таким образом, влияние двух основных дестабилизирующих факторов сведено к нулю [3]. Флуктуационная чув-

ствительность нулевой радиометрической системы определяется по формуле (3):

$$\Delta T = \sqrt{\frac{2(T_{\text{ш}} + T_{\text{оп1}})^2 + \frac{T_{\text{оп2}}^2}{4}}{\sqrt{\Delta f \tau R}}}, \quad (3)$$

где τ – постоянная времени синхронного фильтра; R – количество усредненных цифровых кодов длительности широтно-импульсного сигнала в цифровом устройстве управления радиометром на интервале одного измерения.

Результаты экспериментов. По формулам (1)–(3) был проведен сравнительный анализ зависимостей флуктуационной чувствительности радиометрических систем различных типов от периода измерений. На рис. 1 представлены результаты сравнительного анализа в виде графика зависимости флуктуационной чувствительности от периода измерений.

Для оценки зависимости флуктуационной чувствительности от периода измерений радиометрических систем различных типов применены следующие параметры приемников: шумовая температура $T_{\text{ш}} = 150$ К, рабочая полоса частот $\Delta f = 100$ МГц, шумовая температура эталонных генераторов шума $T_{\text{оп1}} = 300$ К, шумовая температура антенны $T_{\text{а}} = 50$ К. При моделировании компенсационной и модуляционной схем приведенные флуктуации коэффициента передачи приняты равными $\Delta G = 10^{-2}$ для удобства сравнения на представленном графике (рис. 1).

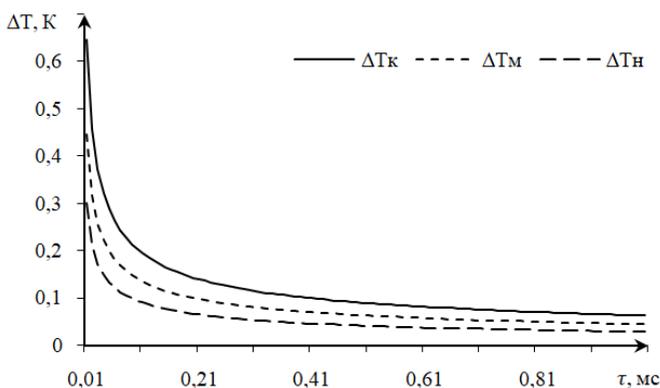


Рис. 1. Зависимость флуктуационной чувствительности от периода измерений радиометрических систем различных типов: ΔT_k – компенсационная схема с величиной приведенных флуктуаций 10^{-2} ; ΔT_m – модуляционная схема с величиной приведенных флуктуаций 10^{-2} ; ΔT_n – нулевая схема

По проведенному сравнительному анализу можно сделать вывод о том, что схемы компенсационных и модуляционных радиометров не эффективны в целях измерения параметров шумовых сигналов тепловой природы с высокой динамикой. Использование модуляционных радиометров для измерения радиотепловых сигналов с высокой динамикой возможно в случае использования их в режиме нулевых измерений, что обеспечивает уменьшение влияния флуктуаций коэффициента передачи на результаты и динамику измерений.

Заключение. На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным типом радиометров для измерения шумовых сигналов тепловой природы с высокой динамикой, является нулевая радиометрическая система, так как данные схемы обладают высокими характеристиками по абсолютной точности измерений, стабильностью параметров при изменении условий окружающей среды и долговременной стабильностью.

В дальнейшем планируется исследование возможности повышения быстродействия нулевых радиометров путем увеличения количества приемников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Убайчин А.В. Многоприемниковые микроволновые радиометрические системы на основе модифицированного метода нулевых измерений / А.В. Убайчин, А.В. Филатов. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2014. – 154 с.
2. Dicke R.H. The measurement of Thermal Radiation at Microwave Frequencies // Rev. Sci. Instr. – 1946. – Vol. July. – P. 268–275.
3. Филатов А.В. Радиометрические системы нулевого метода измерений. – Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 276 с.
4. Убайчин А.В. Линейность передаточной характеристики нулевых радиометров с комбинированной импульсной модуляцией при высоком динамическом диапазоне измеряемых шумовых температур // Изв. вузов. Физика. – 2012. – Т. 55, № 9/3. – С. 130–134.

СВЧ-РАДИОВИДЕНИЕ

Б.С. Бальжинимаев, магистрант;

И.С. Федянин, инженер-исследователь СФТИ, к.ф.-м.н.,

Т.Р. Муксунов, инженер-исследователь СФТИ, к.т.н.

*Научный руководитель И.Ю. Кузьменко, доцент каф. РЗИ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, kuzmenko@sibmail.com*

Основной задачей томографии является восстановление 3D-формы сканируемых объектов, в том числе скрытых за оптически непро-

зрачными преградами. В настоящее время подобные задачи возникают при досмотре граждан и их багажа с целью обнаружения запрещенных предметов, в том числе и изготовленных из диэлектрических материалов. При неразрушающем контроле необходимо исследовать внутреннюю структуру изучаемого объекта, что также сводится к задаче томографии. Существует потребность в такой методике достижения заданных целей, которая должна быть безопасной для сканируемого объекта и реализация которой возможна без использования дорогостоящего и труднодоступного оборудования.

В радиотомографии для снятия волновых проекций рассеянного поля применяются:

- системы СШП-зондирования;
- системы ЛЧМ-зондирования;
- системы монохроматического зондирования.

Монохроматические системы зондирования являются более простыми в реализации и менее дорогостоящими по сравнению с СШП и ЛЧМ-системами.

На рис. 1 показан тестовый объект, радиоизображение которого необходимо восстановить. В качестве зондирующего сигнала использовался монохроматический сигнал частотой 24 ГГц и ЛЧМ-сигнал с диапазоном рабочих частот 24–26 ГГц.



Рис. 1. Тестовый объект

На рис. 2, а показано исходное распределение волновых проекций, снятых доплеровским датчиком с шагом 4 мм для тестового треугольника, помещенного на расстоянии 100 мм от плоскости зондирования. На рисунке прослеживается контур тестового объекта и наблюдается отверстие в его центре. Поскольку используется слабонаправленный излучатель, то каждая точка на изображении – результат мно-

жественных отражений, в связи с чем изображение выглядит размытым в двух направлениях.

На рис. 2, *б* показано исходное радиоизображение того же тестового объекта, полученное с использованием ЛЧМ-датчика, расстояние до объекта 600 мм. Как видно из рисунка, изображение объекта размыто, контуры объекта неразличимы, отверстие в центре не наблюдается.

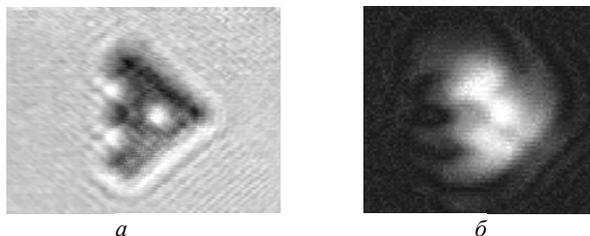


Рис. 2. Радиоволновое изображение тестового объекта:
a – доплеровский датчик; *б* – ЛЧМ-датчик

Для увеличения разрешающей способности в плоскости сканирования предлагается произвести операцию пространственной согласованной фильтрации. Результат применения представлен на рис. 3, *a* и *б*. Контуры объекта выражены четко, отверстие в центре объекта различимо.

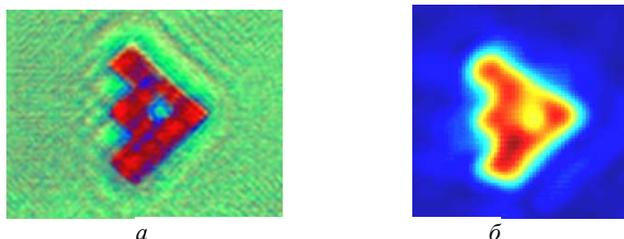


Рис. 3. Результат применения математической обработки к радиоизображению: *a* – доплеровский датчик; *б* – ЛЧМ-датчик

Реальные объекты обладают сложным рельефом, существенно отличающимся от плоского. В связи с этим проведена серия экспериментов. На рис. 4 представлены результаты одного из них. В эксперименте восстанавливалось изображение двух металлических пластин, плоскости которых сдвинуты на 2 мм друг от друга. Геометрические размеры пластины 35×15 см, фотография объекта изображена на рис. 4, *a*. На рис. 4, *б* представлен результат интерференционной фокусировки на ближайшую из пластин. По восстановленному изобра-

жению не удастся определить пространственное расположение пластин. Фокусировка на другую пластину также не позволяет восстановить рельеф зондируемого объекта. Применение операции пространственной согласованной фильтрации для восстановления 3D-рельефа, представленного на рис. 4, *в*, уже не дает желаемого результата.

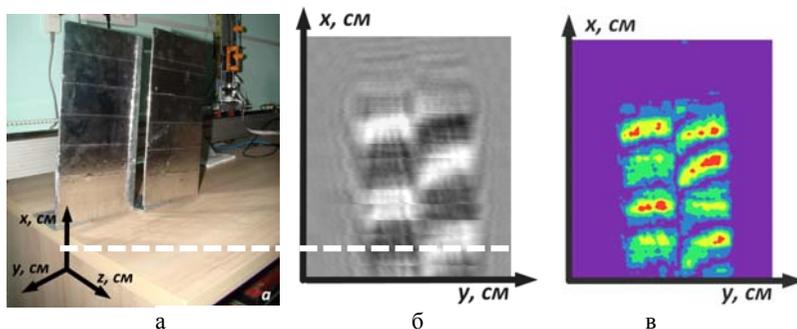


Рис. 4. Фотография объекта: *а* – тестовый объект; *б* – интерференционная картина; *в* – радиоизображение

Для построения трехмерного рельефа зондируемого объекта предлагается использовать фазовую информацию восстановленного изображения. Для исследования пространственного распределения фазы выбрана строчка изображения, отмеченная на рис. 4 в пунктирной линии.

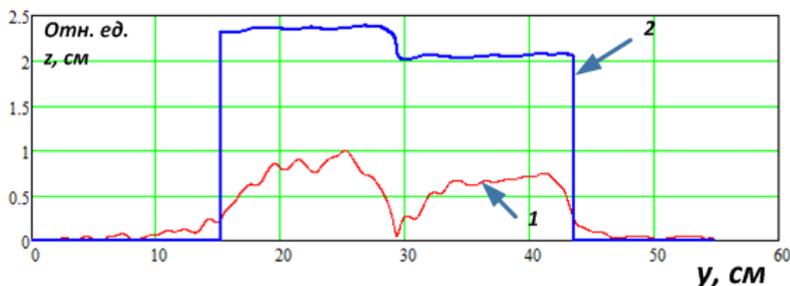


Рис. 5. Строчка изображения: *1* – нормированная интенсивность; *2* – пространственное распределение фазы радиоизображения

На рис. 5 цифрой *1* помечена интенсивность выбранной строки, а цифрой *2* представлено пространственное распределение фазы восстановленного изображения. Необходимо уточнить, что на рис. 5 ось ординат переведена из радианов в метры простым умножением фазы

на коэффициент $1/2k$, где k – волновое число. Из приведенного графика видно, что фаза изображения вдоль металлического листа постоянна, при переходе с одного металлического листа на другой изменяется скачком.

Однако при полном восстановлении 3D-рельефа тестового объекта из-за фазовой неоднозначности возникают проблемы, представленные на рис. 6.

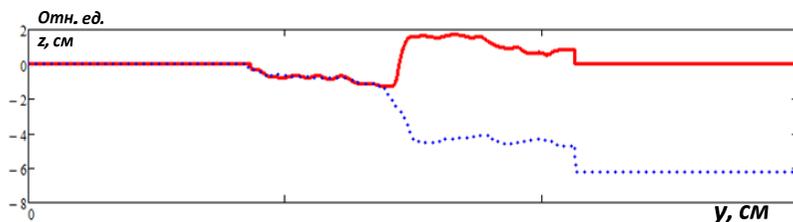


Рис. 6. Пространственное распределение фазы у строчек изображения № 38 и № 117

Рассмотрены и сопоставлены две системы радиотомографии и сделаны выводы:

1. По причине большого буфера данных задача обработки результатов более ресурсоемка при использовании ЛЧМ-системы.

2. После обработки качество изображений сопоставимо, но при использовании доплеровской системы объект находился на расстоянии в 6 раз меньше, чем при использовании ЛЧМ-системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yakubov V.P. Radiowave tomography of hidden object for security systems / V.P. Yakubov, K.G. Sklyarchik, D.Ya. Suhanov et al. // Proceedings of the higher educational institutions, Physics. – 2008. – № 10. – P. 63–79.

2. Yakubov V.P. Radiowave tomography: achievements and perspectives / V.P. Yakubov, S.E. Shipilov, D.Ya. Suhanov, A.V. Klovov. – Tomsk: NTL, 2014. – 280 p.

3. Fedyanin I.S. Radiovision using lattice of microwave detector modules / I.S. Fedyanin, I.Yu. Kuzmenko, S.E. Shipilov, V.P. Yakubov // Proceedings of the higher educational institutions, Physics. – 2012. – № 9-2. – P. 270–271.

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.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

С.Ю. Красных, студент каф. ОПД ТС

Научный руководитель **В.Т. Куанышев**, доцент каф. ОПД ТС, к.ф.-м.н.
г. Екатеринбург, УрТИСИ СибГУТИ, sergakrasnyh@yandex.ru

Цветомузыкальное устройство (ЦМУ) – прибор, способный к разделению входного сигнала на полосы частот и световой индикации их. Как правило, подобные установки применяются для создания цветовой атмосферы при прослушивании музыкальных композиций.

Во многих странах уже выпускаются цветомузыкальные установки широкого потребления. Это простейшие устройства декоративного назначения. Книжки, а также интернет-ресурсы содержат лишь общее представление о проектировании ЦМУ (рис. 1).

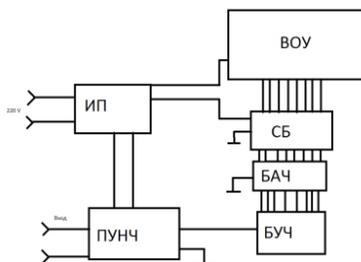


Рис. 1. Структурная схема цветомузыкального прибора

ИП – источник питания, представляющий собой понижающий трансформатор с несколькими вторичными обмотками, диодный мост и сглаживающий конденсатор.

ПУНЧ – предварительный усилитель низких частот – каскад из транзисторов с набором пассивных элементов, а также повышающим трансформатором 12–220 В.

БУЧ – блок управления чувствительностью – группа последовательно и параллельно подключенных переменных резисторов. На данном этапе сигнал раскладывается на 8 параллельных каналов.

БАЧ – блок анализа частот – группа (по одному на каждый канал) частотных фильтров. Для 1-го канала – фильтр нижних частот (ФНЧ), для 2–6-го канала – полосовой фильтр (ПФ), для 8-го канала – фильтр верхних частот (ФВЧ).

СБ – силовой блок, осуществляет автоматическое управление цветоиндикацией ВОУ в зависимости от полосы частот входного сигнала, собирается на каскаде транзистора МП-42А и тиристорах КУ-202Н.

ВОУ – выходное оптическое устройство – набор цветоиндикационных элементов.

В качестве определяющей для выбора диапазона выбрана октавная система.

Основой для частотных фильтров послужили Г-образные LC-фильтры, поскольку они имеют более лучшие параметры чем RC- и RL-фильтры, и не требуют значительных величин по индуктивности и ёмкости, как Т- и П-образные фильтры.

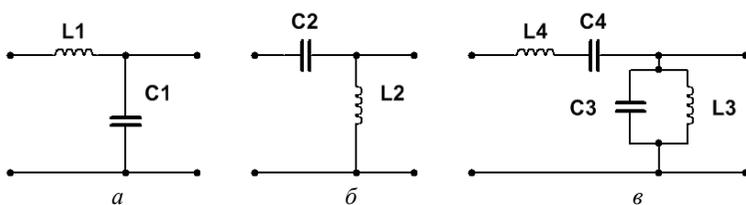


Рис. 2. Г-образные фильтры частот: а – ФНЧ; б – ФВЧ; в – ПФ

Расчет фильтров (рис. 2) осуществляется по формулам (1), (2) для ФНЧ и ФВЧ, (3)–(6) для полосового фильтра:

$$L = \frac{0,16 \times R}{f_c}, \quad (1)$$

$$C = \frac{160}{R \times f_c}, \quad (2)$$

$$L_1 = \frac{0,16 \times R}{\Delta f}, \quad (3)$$

$$C = \frac{160}{R \times f_1 \times f_2}, \quad (4)$$

$$L_2 = \frac{0,16 \times R}{f_1 \times f_2}, \quad (5)$$

$$C_2 = \frac{160}{R \times \Delta f}, \quad (6)$$

где L – индуктивность в мГн; C – электрическая ёмкость в мкФ; f_c – частота среза в кГц; $\Delta f = f_2 - f_1$; R – коэффициент сопротивления в Ом; R подбирается таким образом, чтобы выполнялось соотношение $R_{\text{ген}} \ll R \ll R_{\text{нагр}}$; $R = 50$ Ом.

Результаты расчетов сведены в таблицу.

Параметры частотных фильтров

№ канала	ФВЧ, кГц	ФНЧ, кГц	Цветои- дикация	ФНЧ, ФВЧ		ПФ			
				L , мГн	C , мкФ	L_1 , мГн	C_1 , мкФ	L_2 , мГн	C_2 , мкФ
1		0,13	Красный	61,5	24,6				
2	0,13	0,261	Красный			61,1	12,6,14	30,9	24,4
3	0,261	0,523	Желтый			30,ю5	3,06	15,4	12,2
4	0,523	1,046	Желтый			15,3	1,53	7,65	6,12
5	1,046	2,093	Зеленый			7,64	0,76	3,83	3,06
6	2,093	4,186	Зеленый			3,82	0,38	2,92	1,53
7	4,186	8,372	Синий			1,91		0,96	0,76
8	8,372		Синий	0,96	0,38				

Достоинства данного проекта:

- Высокая чувствительность к входному сигналу благодаря встроенному усилителю низких частот.
- Возможность регулировать чувствительность к определенному диапазону частот.
- Возможность подключать ВОУ высокой мощности (к примеру: прожектора).

ЛИТЕРАТУРА

1. Галеев Б.М., Сайфиуллин Р.Ф. Цветомузыкальные устройства. – М.: Энергия, 1978.
2. Хайзель Г. Справочник по расчету фильтров. – М.: Сов. радио, 1974.
3. Зааль Р. Справочник по расчету фильтров. – М.: Радио и связь, 1983.

SWOT- И PEST-АНАЛИЗЫ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ETHERNET ОТ КОНДУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ МОЩНЫХ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ

К.С. Полунина, П.Н. Никитенко, студенты

Научный руководитель В.А. Семизлазов, доцент, к.т.н.

*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, 43ket@mail.ru, appolinashka@gmail.com,
vadim.tusur@mail.ru*

*Проект ТУ-1402 «Компьютерное моделирование управленческих
решений», направление: информационный сервис*

Принцип работы устройства защиты оборудования Ethernet от кондуктивных воздействий мощных сверхкоротких импульсов основан на явлении модального разложения сигнала помехи (сверхкороткий импульс, разряд молнии и т.д.) на множество идущих последовательно составляющих с малой относительно исходной амплитудой. Разложение помехи на последовательность импульсов позволяет работать традиционным устройствам защиты и минимизировать ее влияние на критичные цепи РЭА. Основными заинтересованными отраслями являются авиакосмическая отрасль, судостроение, нефтегазовая отрасль, энергетика, приборостроение и научные учреждения [1].

В данной статье представлены SWOT- и PEST-анализы устройства защиты оборудования Ethernet от кондуктивных воздействий мощных сверхкоротких импульсов.

Проанализировано наличие на рынке товаров-аналогов и существующих компаний конкурентов, рассмотрено положение компании на рынке, оценены тенденции (медиаканалы, экономика, политика). В колонку сильных сторон были включены критерии: уровень кастомизации (число каналов у нашего продукта), персонал (квалификация), присутствие на выставках, наличие патентов, расположение офиса, первоначальное маркетинговое сопровождение (выставки, раздаточный материал), высокая вовлеченность персонала, наличие сайта, возможность принятия гибких решений, импортозамещение. К слабым сторонам были отнесены критерии: технологическое преимущество, низкий уровень знаний о товаре, отсутствие имиджа у товара, отсутствие торговых связей, отсутствие клиентской базы, отсутствие каналов продаж. Возможности: новые рынки сбыта (выход за пределы Томской области), увеличение ассортиментной матрицы товара (как компании), снижение себестоимости товара, увеличение сегментов продаж, комплексное маркетинговое сопровождение, предоставление гарантии, анализ рынка (поиск клиентов, анализ конкурентов), коммерческие предложения (e-mail рассылки). Угрозы: переход на опто-

волокно (экономические соображения, срок службы) (возможен отказ от продукции), рост затрат превышает рост цен, рост курса доллара, повышение налоговых ставок, ввод крупных игроков (рост компаний, которые занимаются больше чем одним продуктом), возможно нестабильное финансовое положение компании.

Каждый критерий, в свою очередь, был оценен по шкале размеров и умножен на «вес критерия». Оцененные факторы сложили и выявили коэффициент «конкурентоспособности».

Положительные суммарные оценки составляют: $S\Sigma + O\Sigma = 21,6 + 12,2 = 33,8$; отрицательные суммарные оценки составляют: $W\Sigma + T\Sigma = 11,4 + 5,4 = 16,8$; коэффициент конкурентоспособности рассчитывается по формуле $K_k = (S\Sigma + O\Sigma)/(W\Sigma + T\Sigma) = 33,8/16,8 = 2,012$.

Полученные данные позволяют сделать выводы, что коэффициент конкурентоспособности находится на нижней границе и его необходимо повышать. Так как вывод продукта еще не запущен, необходимо презентовать устройство целевой аудитории, то есть освещение сильных сторон продукции в рамках различных маркетинговых мероприятий. Использование возможностей поможет увеличить продажи оборудования в несколько раз. Также возможность привлечения инвесторов может быть простимулирована такими сильными сторонами, как высокий уровень квалификации персонала, присутствие на выставках, наличие сайта и патента.

Для того чтобы минимизировать слабые стороны и нейтрализовать угрозы, необходимо запустить полноценную рекламную кампанию, осуществлять постоянный поиск инвесторов, устанавливать различные торговые связи на выставках при взаимодействии с клиентом, грамотно работать над брендом и раскруткой товара, создать прочную упаковку [2].

PEST-анализ необходим для предоставления руководителю компании, филиала, финансового или другого подразделения той информации об окружающем мире, которая важна для принятия решений и которая оказывает прямое и непосредственное влияние на ведение операций компании [3].

Выделено 4 группы факторов, каждый фактор в группе оценен по 5-балльной шкале в зависимости от степени влияния. Экспертами выступили: по 1-й группе – Никитенко П.Н., по 2-й – Семиглазов В.А., по 3-й – Суворцев Р.С., по 4-й – Полунина К.С. Приоритет рассчитывается как отношение средней оценки к сумме средних оценок, взвешенная оценка – как приоритет средней оценки к сумме приоритетов.

1. Политические факторы:

– Устойчивость политической власти и существующего правительства (оценки: 1, 3, 1, 2; средняя оценка: 1,75; взвешенная оценка: 0,07).

– Налоговая политика (тарифы и льготы) (оценки: 2, 4, 1, 4; средняя оценка: 2,75; взвешенная оценка: 0,17).

– Свобода информации и независимость СМИ (оценки: 3, 1, 1, 3; средняя оценка: 2; взвешенная оценка: 0,1).

– Количественные и качественные ограничения на экспорт, торговая политика (оценки: 2, 1, 3, 3; средняя оценка: 2,25; взвешенная оценка: 0,11).

2. Экономические факторы:

– Уровень инфляции и процентные ставки (оценки: 3, 4, 3, 3; средняя оценка: 3,25; взвешенная оценка: 0,23).

– Курсы основных валют (оценки: 3, 4, 3, 4; средняя оценка: 3,5; взвешенная оценка: 0,28).

– Кредитно-денежная и налогово-бюджетная политика страны (2, 3, 1, 3; средняя оценка: 2,25; взвешенная оценка: 0,11).

– Степень глобализации и открытости экономики (оценки: 1, 4, 1, 3; средняя оценка: 2,25; взвешенная оценка: 0,11).

3. Социально-культурные факторы.

– Требования к качеству продукции и уровню сервиса (оценки: 3, 5, 3, 4; средняя оценка: 3,75; взвешенная оценка: 0,3).

– Отношение к натуральным и экологически-чистым продуктам (оценки: 3, 1, 1, 3; средняя оценка: 2; взвешенная оценка: 0,1).

– Половозрастная структура населения и продолжительность жизни (оценки: 1, 1, 1, 2; средняя оценка: 1,25; взвешенная оценка: 0,04).

– Уровень здравоохранения и образования (оценки: 1, 4, 1, 3; средняя оценка: 2,25; взвешенная оценка: 0,11).

4. Технологические факторы:

– Уровень инноваций и технологического развития отрасли (оценки: 4, 4, 5, 4; средняя оценка: 4,25; взвешенная оценка: 0,43).

– Доступ к новейшим технологиям (оценки: 4, 4, 5, 4; средняя оценка: 4,25; взвешенная оценка: 0,43).

– Расходы на исследования и разработки (оценки: 3, 5, 3, 4; средняя оценка: 3,75; взвешенная оценка: 0,3).

– Законодательство в области технологического оснащения отрасли (оценки: 2, 3, 3, 3; средняя оценка: 2,75; взвешенная оценка: 0,17).

Выводы

1. В категории «Политические факторы» следует повышенное внимание уделять налоговой политике (тарифы, льготы, налоги...).

2. В категории «Экономические факторы» – повысить внимание к курсам основных валют и уровню инфляции, процентным ставкам.

3. В категории «Социально-культурные факторы» внимание уделять требованиям к качеству продукции и уровню сервиса.

4. В категории «Технологические факторы» внимательнее относиться к уровню инноваций и технологическому развитию отрасли и доступу к новейшим технологиям.

В результате проведенных анализов можно выделить несколько основных выводов о рынке устройства и самом устройстве, как только готовящемуся продукту к выходу на рынок:

1. На рынке продукта существуют конкуренты, схоже по основным свойствам и характеристикам, но отличающиеся дополнительными преимуществами и занимающие высокую долю на нем.

2. Рынок потребителей достаточно большой и открытый для входа нового продукта. Уровень инвестиций и затрат для входа на рынок не высок.

3. Для успешного запуска продукта на рынок необходимо провести ряд маркетинговых мероприятий.

4. Необходимо следить за налоговой политикой, изменением курсов валют, уделять достаточное внимание качеству продукции, уровню сервиса и инноваций, технологическому развитию отрасли и доступу к новейшим технологиям.

5. Вести активную политику стратегических действий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановления от 17 февраля 2016 года № 110, № 109 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/21893>

2. Арутюнова Д.В. Стратегический менеджмент: учеб. пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 122 с.

3. Ансофф И. Стратегическое управление: пер. с англ. – М.: Экономика, 2001. – 420 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ВИДЕОФАЙЛА

К.А. Рылов, магистр; А.С. Рудникович, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, rkirill@diviline.ru

Увеличение разнообразия средств видеорегистрации приводит к росту количества видеозаписей, представляемых в качестве документального подтверждения различных событий и происшествий. Одним из критериев оценки подлинности видеозаписи является структура видеофайла. Развитие инструментов оценки и сравнения структуры видеофайлов позволяет увеличить эффективность и скорость экспертных исследований видеозаписей.

Профессиональный видеомонтаж не виден глазу и сложно распознаваем. Для определения факта внесения изменений в видеозапись

используют разные методы: визуальный анализ контента; применяют измерительные алгоритмы, помогающие обнаружить различные изменения характеристик, внесенные в изображения. При этом, первичной остается оценка неизменности структуры видеофайла на уровне медиаконтейнера и элементарного видеопотока. В данной работе описан подход, позволяющий облегчить глубокий анализ и выполнить экспресс-оценку параметров структуры видеофайла.

Для обнаружения присутствия видеомонтажа могут быть использованы метаданные, содержащиеся в медиаконтейнере. В частности, для этого может использоваться информация о частоте кадров, скорости потока, размерах изображений и т.п. Кроме этой достаточно понятной информации, метаданные содержат множество служебной информации. Взаимное расположение и размер блоков такой информации являются специфичными для видеофайлов, полученных из разных источников. Имеет значение расположение аудиовидеоданных, их последовательность.

Рассмотрим часть структуры на примере файла формата AVI (рис. 1).

```

RIFF ('AVI '
  LIST ('hdr1'
    'avih'(<Main AVI Header>)
    LIST ('str1'
      'strh'(<Stream header>)
      'strf'(<Stream format>)
      [ 'strd'(<Additional header data>) ]
      [ 'strn'(<Stream name>) ]
      ...
    )
    ...
  )
  LIST ('movi'
    {SubChunk | LIST ('rec '
      SubChunk1
      SubChunk2
      ...
    )
    ...
  }
  ...
)
['idx1' (<AVI Index> )
)

```

Рис. 1. Структура медиаконтейнера AVI

AVI (Audio Video Interleave) – формат файла, разработанный компанией Microsoft, для хранения видеоаудиоинформации в цифровом виде, который обертывает битовый поток видео с данными другого типа и поддерживает синхронное воспроизведение.

Файлы AVI состоят из одного фрагмента RIFF, помеченного как AVI, и разделяются на блоки, каждый из которых идентифицируется четырьмя символьными кодами Microsoft FOURCC. Первый блок помечен как `hdrl` (`LIST('hdrl')`) и играет роль заголовка файла, предоставляя метаданные о видео, такие как ширина, высота и частота кадров. Второй блок отмечен `movi` (`LIST('movi')`) и содержит фактические данные изображения и звука, которые могут использовать широкий диапазон кодеков [1].

Все файлы AVI включают два обязательных фрагмента `LIST` и могут содержать индексный блок (`['idx1' ...]`), который является списком данных и показывает их расположение в файле [2]. Описание блоков содержится в таблице.

Описание блоков структуры и их параметров

Блок	Значение	Некоторые параметры
<code>LIST (hdrl)</code>	Содержит общую информацию для файла	Количество потоков в файле, ширину высоту последовательности AVI
<code>avih</code>	Подблок <code>hdrl</code> , который содержит в себе информацию о всем файле	<code>dwMicroSecPerFrame</code> – количество кадров в секунду
		<code>dwMaxBytesPerSec</code> – максимальный битрейт
		<code>dwWidth</code> , <code>dwHeight</code> – ширина и высота AVI в пикселях
<code>LIST (strl)</code>	Содержит информацию об одном потоке в файле	
<code>strh</code>	Подблок <code>strl</code> , который содержит информацию о потоке	<code>fccType</code> – определяет тип данных потока
		<code>wPriority</code> – определяет приоритет потока, если имеется несколько потоков с данными одного типа
		<code>dwQuality</code> – указывает качество данных (параметр сжатия)
<code>strf</code>	Подблок <code>strl</code> , который описывает формат данных в потоке	<code>biWidth</code> , <code>biHeight</code> – задает ширину и высоту растрового изображения кадра в пикселях
		<code>biBitCount</code> – определяет количество бит на пиксель
		<code>biCompression</code> – определяет формат сжатия

Один из методов оценки структуры видеофайла подразумевает сравнение с файлом, полученным из известного источника. Допустим, имеется 2 файла, заведомо известно, что один из них, «Видео 1», не

подвергался изменениям и его происхождение можно не подвергать сомнению. «Видео 2» является объектом исследования. Для того, чтобы оценить идентичность источников «Видео 2» и «Видео 1», эксперту необходимо сравнить структуры двух видеозаписей и сопоставить метаданные «Видео 2» с метаданными «Видео 1».

Сравнение структуры в виде текстового, табличного представления или в виде дерева элементов – достаточно трудоемкий процесс. Для облегчения этой процедуры разработан программный модуль визуального представления структуры видеофайлов.

Визуальный способ сравнения заключается в сравнении двух изображений, которые являются отображением структуры медиаконтейнера видеофайла. На рис. 2 представлены фрагменты визуализации структуры двух однотипных видеофайлов AVI-формата, запись которых производилась на одно устройство. По изображениям видно, что структуры схожи, они имеют одинаковую последовательность элементов и одинаковые длины элементов.

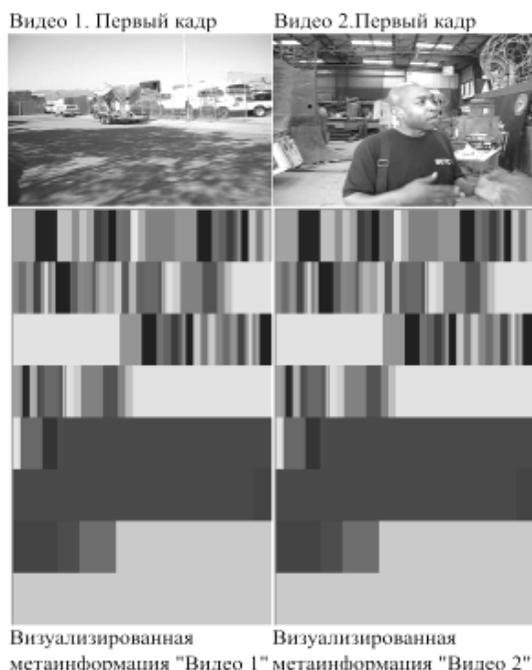


Рис. 2. Визуальная структура медиаконтейнера AVI

Разработанный программный модуль включен в программное обеспечение «ЭСКИЗ-В» (экспертная система криминалистических

исследований видеозаписей) компании ДиВиЛайн. Данный модуль ориентирован на профессионалов в области видеотехнической экспертизы и может быть использован в других областях инфокоммуникационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Library of congress [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000059.shtml> (дата обращения: 01.03. 2018).
2. Центр разработки для Windows [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/windows/desktop/dd318189\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/windows/desktop/dd318189(v=vs.85).aspx) (дата обращения: 01.03. 2018).

ПОВЫШЕНИЕ КОНТРАСТНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИЛЬТРА ВИНЕРА

*Д.А. Салыкова, А.Н. Утемисов, магистранты;
А.С. Рудникович, аспирант*

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, dana.salykova@mail.ru, nice_twice@inbox.ru

Способность оптических систем передавать мелкие детали (разрешающая способность) в значительной мере определяет четкость снимка. Обычно она характеризуется контрастно-частотной характеристикой (КЧХ) – отношением величины контраста изображения, получаемого с помощью оптической системы, к исходному контрасту изображаемого объекта (1). Иными словами, КЧХ характеризует способность объектива передавать контраст в зависимости от частоты сигнала. При измерении КЧХ учитываются источники ее искажений, aberrации, смаз, расфокусировка и т.п. Для увеличения КЧХ изображения нужно знать, как устранять подобные виды искажений [1].

$$T = \frac{(E_{\max} - E_{\min}) / (E_{\max} + E_{\min})}{(L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})}, \quad (1)$$

где E_{\max} , E_{\min} – максимальная и минимальная освещенности итогового изображения; L_{\max} , L_{\min} – максимальная и минимальная яркости оригинала [2].

Целью работы является оценка эффективности алгоритмов инверсной фильтрации для улучшения контрастно-частотных характеристик изображений.

Любой объектив после съемки будет вносить определенные искажения в виде потери контраста. Качество объектива по параметрам КЧХ будет определяться тем, насколько хорошо объектив сохраняет

контраст по мере сокращения толщины линий (рис. 1). Так как улучшить объектив фотокамеры невозможно, можно решить проблему программно-аппаратным способом. Повысить КЧХ изображения можно с использованием алгоритмов инверсной фильтрации [3].

Ниже приведены результаты эксперимента, для которого использованы изображения, полученные с помощью камеры смартфона Samsung Galaxy A7.

Алгоритм эксперимента:

- 1) измерение КЧХ исходного изображения с использованием программы Iatestest;
- 2) восстановление изображения с применением инверсного фильтра;
- 3) измерение КЧХ восстановленного изображения.



Рис. 1. Блок-схема эксперимента

Измерение контрастно – частотной характеристики осуществлялось по центру кадра. Повышение КЧХ изображения в ПО MATLAB с использованием пакета инструментов – Image Processing Toolbox.

Для получения представленных на рис. 2 и 3 результатов использовался фильтр Винера. Данный фильтр является инверсным и при отсутствии шумов на изображении может считаться идеальным восстанавливающим фильтром (2).

$$\tilde{H}_{\text{Вин}}(k_1, k_2) = \frac{\tilde{H}^*(k_1, k_2)}{|\tilde{H}(k_1, k_2)|^2 + \frac{\tilde{G}_n(k_1, k_2)}{\tilde{G}_u(k_1, k_2)}}, \quad (2)$$

где $\tilde{G}_n(k_1, k_2)$, $\tilde{G}_u(k_1, k_2)$ – спектральные плотности наблюдаемого и исходного изображений; * – символ комплексного сопряжения.

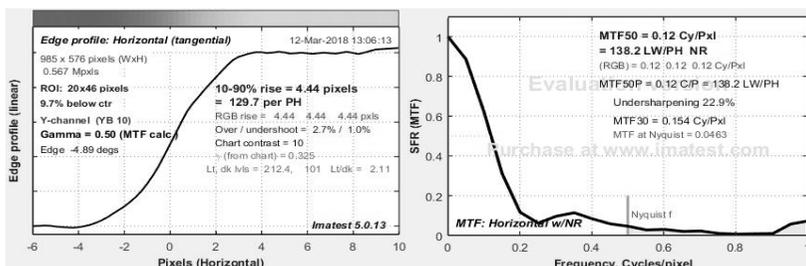
Основными параметрами инверсного фильтра Винера являются функция рассеяния точки (ФРТ) и отношение сигнал/шум [4].

Применение фильтра Винера позволило улучшить КЧХ изображения, при этом КЧХ и профиль перепада уровня сигнала восстанов-

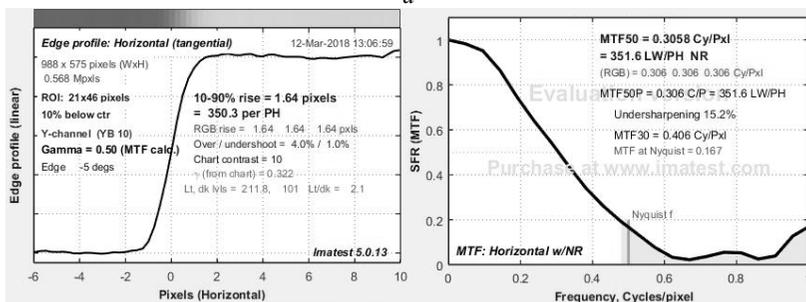
ленного изображения не содержит выбросов, характерных для простых ВЧ-фильтров.



Рис. 2. Снимок на камеру Samsung Galaxy A7 – *a*;
обработанный снимок фильтром Винера – *б*



a



б

Рис. 3. КЧХ исходного снимка (MTF50 = 0,332) – *a*;
КЧХ обработанного снимка фильтром Винера (MTF50 = 0,434) – *б*

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошеев М.И. Основы телевизионных измерений. – 3-е изд. – М., 1989. – 268 с.
2. Иосиф Е.А. Фотокинотехника. – М., 1981. – 419 с.

3. МТФ или частотно-контрастная характеристика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vasili-photo.com/articles/mtf.html> (дата обращения: 08.03.2018).

4. Салыкова Д.А. Восстановление расфокусированных изображений с использованием алгоритмов инверсной фильтрации / Д.А. Салыкова, А.К. Мовчан // Матер. междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2017». – Томск: В-Спектр, 2017. – Ч. 1. – С. 211–213.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА КОНТРАСТНО-ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

К.В. Шипунова, магистрант; А.С. Рудникович, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, shipunovakseniya@mail.ru

Для оценки качества изображений, получаемых фотовидеоаппаратурой, используются несколько методов, к которым относятся: измерение разрешающей способности, определение пограничной нерезкости и контрастно-частотных характеристик (КЧХ).

Измеренные тем или иным методом значения разрешающей способности и построенные графики характеристик могут использоваться для сравнения различных объективов. Количественно разрешающая способность равна максимальному числу штрихов (линий), приходящихся на 1 мм оптического изображения специальной испытательной таблицы (миры), получающихся в этом изображении раздельно [1].

В отечественной теории и фотографической практике штрихи соответствуют паре телевизионных линий. В стандартизированном для видеофототехники международном термине «пара линий» за «линию» считается также и промежуток между штрихами, что физически неверно, т.к. в таком случае пространственная частота получается обратной полупериоду миры [2, 3].

КЧХ позволяют более полно оценить параметры оптической системы. КЧХ служат для оценки способности объективов передавать мелкие близко расположенные детали изображений. График КЧХ показывает зависимость между коэффициентом передачи контраста и пространственной частотой в изображении. В общем случае под пространственной частотой понимают величину, обратную периоду решетки, содержащей периодические повторяющиеся штрихи и промежутки между ними.

Для компенсации свойств недорогой оптики в современной фотовидеоаппаратуре часто используются фильтры усиления высоких час-

тот (ВЧ). При этом неправильно подобранные параметры фильтров часто приводят к существенным искажениям сигнала. Целью данной работы является экспериментальная оценка влияния ВЧ-фильтров на КЧХ изображений.

Резкость изображения повышают для того, чтобы подчеркнуть мелкие детали изображения или улучшить расфокусированное изображение. Этого добиваются за счет увеличения контраста в местах резкого изменения яркости, при этом возникают искажения за счет резких выбросов яркости и деформации краев [4]. В ходе работы были исследованы ВЧ-фильтры в пространственной и частотной областях. Изменяя параметры фильтров и оценивая изменение КЧХ, были получены данные, по которым можно оценить влияние ВЧ-фильтрации на КЧХ изображения, отдельные результаты приведены ниже.

Высокочастотная фильтрация и оценка КЧХ выполнялись с помощью программного обеспечения DiViLab, которое является инструментом для исследования и разработки алгоритмов для систем технического зрения, изучения форматов файлов и современных стандартов сжатия видеоданных и анализа изображений [5].

На рисунках ниже приведены результаты обработки в частотной области с использованием фильтра Гаусса, с управлением такими параметрами, как частота среза и коэффициент усиления высоких частот. На рис. 1, *а* приведено увеличенное исходное изображение перепада яркости ($K_{\text{ЧХ50}} = 0,28$). На рис. 1, *б* – тот же фрагмент изображения, но после обработки фильтром с частотой среза 0,1 и коэффициентом усиления 3,5 ($K_{\text{ЧХ50}} = 0,53$). При этом величина выбросов уровня сигнала составила 17% от истинного изменения уровня сигнала. Такие искажения сигнала могут являться существенной помехой в задачах распознавания. Часто искажения такого типа с уровнем выброса на перепаде яркости до 70% свойственны недорогим охраняемым видеосистемам.



Рис. 1. Исходное изображение – *а*; результат обработки ВЧ-фильтром – *б*

В таблице приведены результаты измерения $K_{\text{ЧХ50}}$ и выбросов на перепадах яркости при изменении коэффициента усиления сигнала ($K_{\text{усил}}$) ВЧ-фильтра с частотой среза 0,1.

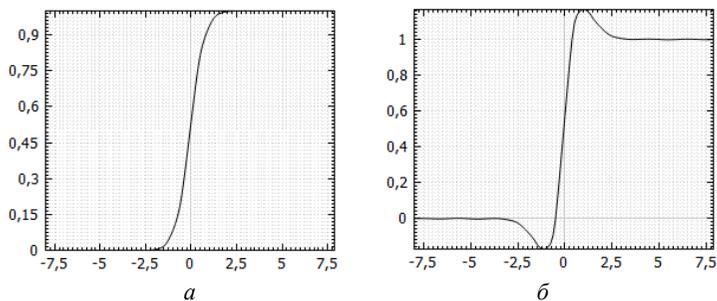


Рис. 2. График перепада исходного изображения – *a*;
график перепада результата обработки ВЧ-фильтром – *б*

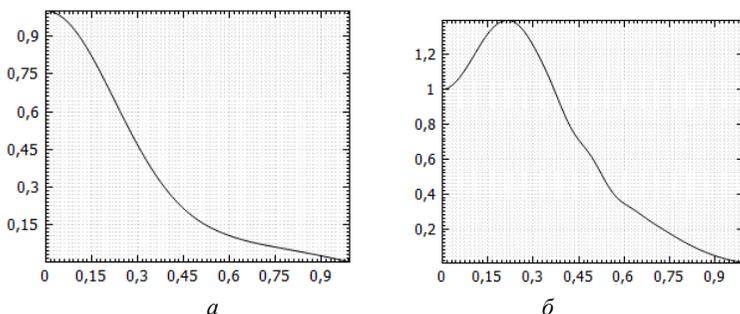


Рис. 3. КЧХ исходного изображения – *a*;
КЧХ результата обработки ВЧ-фильтром – *б*

Результаты измерений

$K_{\text{всид}}$	1,5	2	2,5	3	3,5
КЧХ50	0,35	0,41	0,46	0,51	0,53
Выброс (ср. зн.), %	1,3	4,5	8,1	12,3	17,0

Фильтрация в пространственной области обеспечивает преимущественно аналогичный результат. С помощью ВЧ-фильтрации возможно увеличение значений КЧХ по заданному уровню (например, КЧХ50), при этом для уменьшения возможных искажений необходимо обеспечивать соответствие параметров фильтра свойствам оптической системы. Кроме того, при подборе параметров необходимо учитывать пространственное распределение КЧХ в плоскости изображения.

Измерение КЧХ и ее формы позволяет не только производить калибровку объектива устройства, но и эффективно подбирать необходимые параметры фильтров обработки для различных целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sharpness [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.imatest.com/docs/sharpness/> (дата обращения: 28.02.2018).
2. ISO 12233:2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:12233:ed-3:v1:en> (дата обращения: 26.02.2018).
3. ГОСТ 25502-82 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-25502-82> (дата обращения: 10.03.2018).
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005.
5. Сайт программного обеспечения DiViLab [Электронный ресурс]. – URL: <http://diviline.ru/products/divilab> (дата обращения: 28.02.2018).

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.

МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЛОЧНОГО КОДА ХЭММИНГА

А.А. Алишери, студентка

Научный руководитель В.А. Кологривов, доцент каф. РТС
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, ainur.alisher@mail.ru

Идея помехоустойчивого кодирования заключается во введении в информационный поток дозированной избыточности. Это позволяет обнаруживать и частично исправлять ошибки передачи данных. Коды делятся на блочные и непрерывные. В работе рассмотрены блочные алгебраические коды. Модельное исследование приведено на примере модели BPSK-модема с использованием кода Хэмминга (7, 4).

Информационный поток разбивается на блоки длиной k битов, представляющие информационные символы. При кодировании эти блоки наращиваются избыточными битами до длины n и называются канальными символами. Избыточные биты $n - k$ называются битами четности. Коды, содержащие информационные биты в чистом виде, называются систематическими.

Операции кодирования и декодирования удобно представить в векторно-матричной форме. Кодовый вектор-символ y формируется из информационного вектора x путем введения избыточных битов. На примере кода Хэмминга (7, 4) формирование кодового символа можно представить в виде

$$G^t \cdot x = y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{matrix} x_k \\ x_{k+1} \\ x_{k+2} \\ x_{k+3} \end{matrix} = \begin{matrix} y_k \\ y_{k+1} \\ y_{k+2} \\ y_{k+3} \\ y_{k+4} \\ y_{k+5} \\ y_{k+6} \end{matrix},$$

где G^t – матрица формирующей системы. Кодирование удобно представлять в виде вектор-строк

$$x \cdot G = y,$$

где G – порождающая матрица. Для систематического кода структура порождающей матрицы имеет вид

$$G = \begin{bmatrix} I_{k \cdot k} & P_{k \cdot (n-k)} \end{bmatrix},$$

где $I_{k \cdot k}$ – единичный блок; $P_{k \cdot (n-k)}$ – проверочный блок.

Для декодирования используется синдромный метод. Синдром представляет с собой вектор, равный числу избыточных бит, значения которого определяют ошибку. По принятому символу z синдром s определяется выражением

$$z \cdot H^t = s,$$

где H – проверочная матрица. Из ортогональности порождающей и проверочной матриц

$$G \cdot H = 0$$

получаем структуру проверочной матрицы

$$H = \begin{bmatrix} P_{k \cdot (n-k)}^t & I_{(n-k) \cdot (n-k)} \end{bmatrix}.$$

Если в качестве принятых символов принять вектора ошибок, то из проверочного уравнения получаем соответствующие им синдромы

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

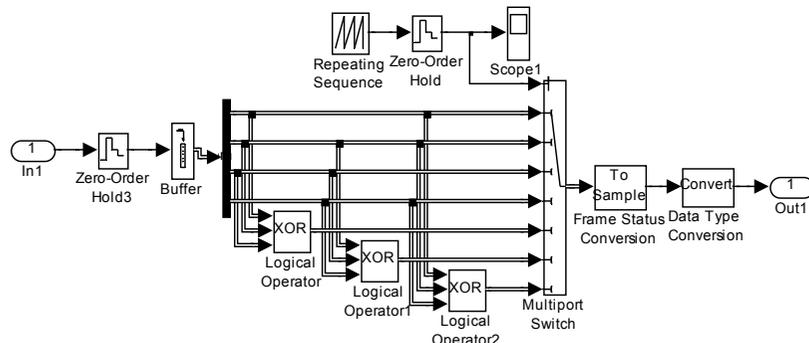


Рис. 1. Функциональная модель кодера (7, 4)

Данный код Хэмминга (7, 4) реализован в составе функциональной модели BPSK-модема. На рис. 1 и 2 приведены функциональные схемы кодера и декодера.

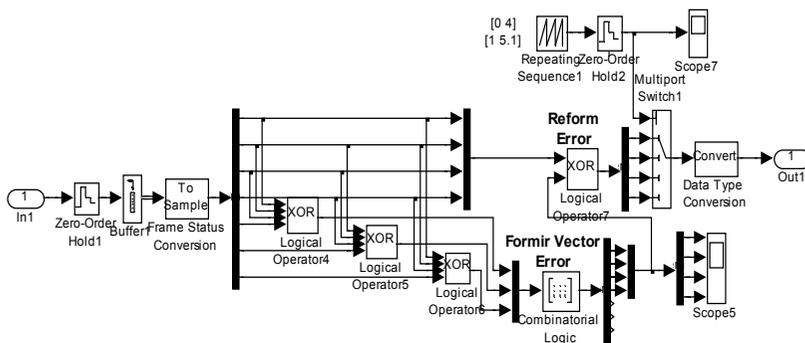


Рис. 2. Функциональная модель декодера (7, 4)

Исследование помехоустойчивости BPSK-модемов без кодера и с кодером показало следующие результаты. При вероятности битовой ошибки, равной 10^{-3} , соотношение сигнал/шум для модема без кодера составило 10,1 дБ, а для модема с кодером – 7 дБ.

Таким образом, применение совершенного кода Хэмминга (7, 4), исправляющего все одиночные ошибки, привело к выигрышу по помехоустойчивости в 3 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернер М. Основа кодирования: учебник для вузов. – М.: Техносфера, 2004. – 288 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ТУРБОКОДА

К.Д. Бондаренко, студент

*Научный руководитель Д.А. Покаместов, к.т.н. каф. ТОР
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, kirill_006@mail.ru*

Турбокодирование – мощное средство повышения надежности и эффективности систем связи, обеспечивающее характеристики, близкие к теоретическим пределам. Турбокодирование широко используется в системах космической, спутниковой, сотовой, проводной связи. Распространённость турбокодов объясняется их способностью обеспечивать помехоустойчивость передачи информации, близкую к пределу Шеннона, при умеренной сложности алгоритмов кодирования и декодирования [1].

В турбокоде используются два одинаковых рекурсивных систематических сверточных кодера (RCS – Recursive Systematic Convolutional Codes) без перемежения в первой линии (рис. 1). Цель перемежителя состоит в том, чтобы внести декорреляцию во входные информационные блоки первого и второго кодеров.

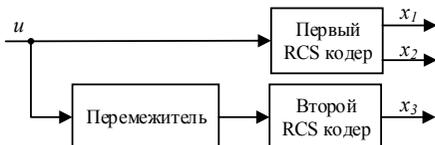


Рис. 1. Схема турбокодера, состоящего из двух рекурсивных систематических сверточных кодеров

На модулятор будут поступать систематические (x_1) и проверочные (x_2) биты первого кодера и проверочные биты (x_3) второго кодера. Кодовая скорость R турбокода равна $1/3$ ($R = 1/(M + 1)$, M – количество составляющих кодеров).

Турбодекодер состоит из двух декодеров сверточного кода, двух перемежителей, таких же, как в кодере, и двух перемежителей, осуществляющих восстановление исходного порядка символов (рис. 2). В качестве декодеров используется алгоритм декодирования Витерби с мягким входным и выходным сигналом (Soft In Soft Out Viterbi Algorithm – SOVA). Выходом декодера являются мягкие решения относительно декодируемых бит.

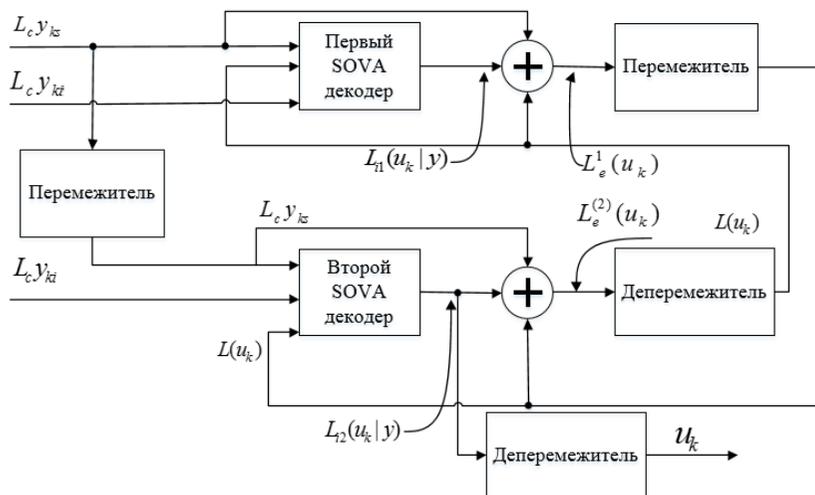


Рис. 2. Схема турбодекодера

Опишем работу декодера турбокода. Первый декодер в первой итерации принимает канальную последовательность $L_c y^{(1)}$, состоящую из систематических $L_c y_{ks}$ и проверочных $L_c y_{ki}$ битов первого кодера, где L_c – надежность канала связи, и зависит от отношения сигнал/шум и коэффициента затухания канала.

Потом первый декодер на основе последовательности $L_c y^{(1)}$ формирует оценку LLR (Log likelihood ratio, логарифм отношения правдоподобия) $L_{11}(u_k | y)$. Использование LLR упрощает процесс обмена информацией между декодерами составляющих кодов при итеративном декодировании турбокодов. Индекс 11 показывает, что вычисления происходят на первой итерации первым декодером. На первой итерации $L(u_k) = 0$. Затем второй декодер принимает канальную последовательность $L_c y^{(2)}$, которая состоит из перемеженных систематических битов $L_c u_{ks}$ и проверочных $L_c u_{ki}$ второго кодера. После первой итерации турбодекодер может использовать LLR $L_{11}(u_k | y)$ при формировании априорной информации $L_{11}(u_k)$ для второго декодера. Внешняя информация первого декодера используется в качестве априорной информации для второго после перемежения, необходимого для организации последовательности в том же порядке, что и поступающие на второй декодер систематические биты. Таким образом, второй декодер формирует оценку LLR $L_{12}(u_k | y)$ с использованием $L_c y^{(2)}$ и внешней информации $L_e u_k$ первого декодера. На этом заканчивается первая итерация.



Рис. 3. Кодирование/декодирование и модуляция/демодуляция в канале связи

На второй итерации первый декодер для получения LLR $L_{21}(u_k | y)$ снова обрабатывает $L_c y^{(1)}$ с использованием $L(u_k)$, полученного из LLR $L_{12}(u_k | y)$. Затем снова работает второй декодер, формируя улучшенную оценку LLR $L_{22}(u_k | y)$. При этом средняя вероятность ошибки на информационный бит постепенно уменьшается. Однако, с каждой новой итерацией величина улучшения становится все меньше. Поэтому для снижения сложности декодера процесс прекращается после выполнения 8–10 итераций [1].

Цель работы заключается в исследовании помехоустойчивости турбокода.

В среде Matlab была смоделирована схема связи, показанная на рис. 3. Модуляция используется QAM-16. АБГШ – аддитивный белый гауссовский шум.

Результат моделирования показан на рис. 4.

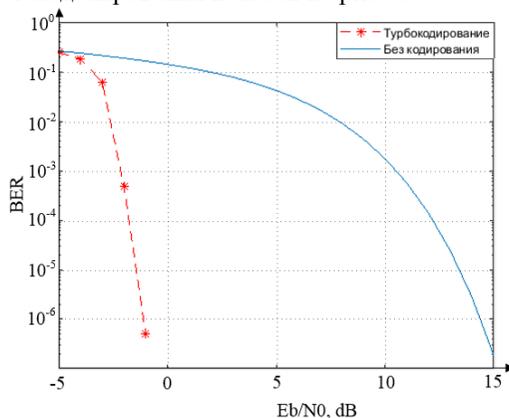


Рис. 4. Зависимость BER от E_b/N_0

Из рис. 4 можно сделать вывод, что энергетический выигрыш от турбокодирования при вероятности ошибки 10^{-5} составляет 15 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворкович В.П., Дворкович А.В. Цифровые видеоинформационные системы (теория и практика). – М.: Техносфера, 2012. – С. 741–748.

МНОГОКАНАЛЬНАЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНАЯ РАДИОСВЯЗЬ НА ОСНОВЕ ВРЕМЕННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ

*В.Н. Овсянникова, В.С. Новоженников, магистранты
Научный руководитель В.А. Кологривов, доцент каф. РТС
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, vasi-lisa1993@mail.ru*

В основе сверхширокополосной (СШП) системы связи для передачи информации лежит идея применения сигналов без несущей частоты. Внедрение СШП-сигналов с малой длительностью позволяет существенно расширить используемый диапазон частот и сохранить качество передаваемых данных на высоком уровне. За счет уменьшения длительности излучаемого импульса возникает возможность про-

дуктивно бороться с переотражениями, вызванными предметами, находящимися на пути распространения сигналов [1].

Исследование модели СШП-системы

1. Форма сверхкоротких импульсов описывается моноциклом Гаусса, или первой производной импульса Гаусса (рис. 1). Форма импульса Гаусса соответствует выражению:

$$S_{\text{иг}}(t) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} \times \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma^2}\right),$$

где A – коэффициент амплитуды, принимается равным единице; σ – коэффициент формы.

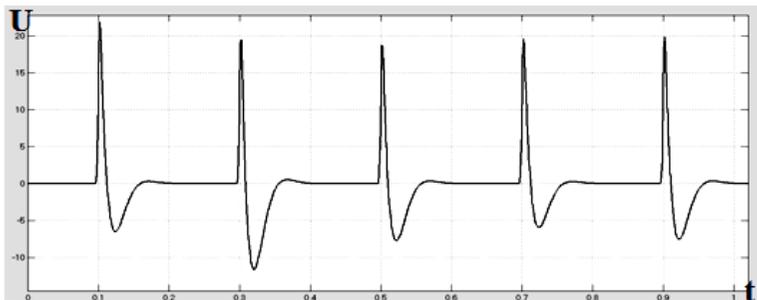


Рис. 1. Первые производные импульса Гаусса

2. Временной форме импульса Рэлея соответствует выражение

$$S(t) = \frac{4\pi t}{\sigma^2} \times \exp\left(-\frac{2\pi t^2}{\sigma^2}\right),$$

где σ – коэффициент формы импульса.

Имеющие вид кратковременных «всплесков» производные импульсов Рэлея получаются узкими и им соответствуют сверхширокие спектры, что как раз и требуется в СШП-связи (рис. 2).

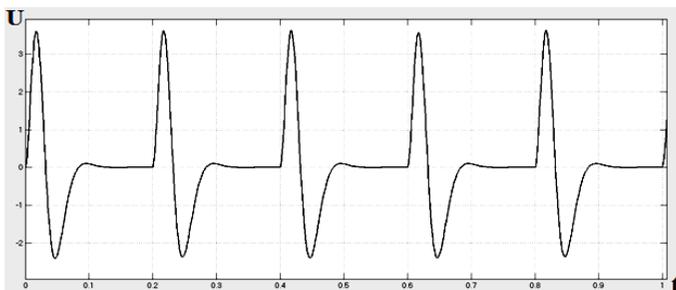


Рис. 2. Первые производные импульса Рэлея

В работе представлены результаты модельного исследования разработанных функциональных моделей 3-канальных СШП-систем с временным разделением на основе первых производных импульсов Гаусса и Рэлея.

Исходные данные. Моделирование ведется во временной области с использованием относительных масштабов времени и частоты. Скорость цифрового потока выбрана равной $R = 1$, соответственно длительность бита $\tau = 1$, длина исследуемой импульсной последовательности составляет $L = 10000$ bit. Длительность импульсов Гаусса и Рэлея и соответственно их производных составляет $\Delta t = 0,1$, т.е. скважность равна $Q = 10$. Ширина спектральной плотности СШП-сигналов составила порядка 13 Гц. При эквивалентном изменении масштаба в 10^{-9} раз получаем $\Delta t = 0,1$ нс и ширину спектральной плотности порядка 13 ГГц, что вполне согласуется с диапазоном современных СШП-систем.

Исследование помехоустойчивости. Помехоустойчивость отображается графиком водопадоподобной характеристики, который представляет собой зависимость вероятности появления битовой ошибки от отношения сигнал/шум.

Для вычисления отношения сигнал/шум измеряется мощность сигнала S , а потом – сигнала с шумами SN .

В результате соотношение сигнал/шум n -го канала можно рассчитать по формуле

$$SNR = 10 \times \log\left(\frac{S}{SN - S}\right), \text{ дБ.}$$

Число ошибок n_{err} фиксируется блоком детектора ошибок. После серий измерений строим графики водопадоподобных характеристик (рис. 3, 4).

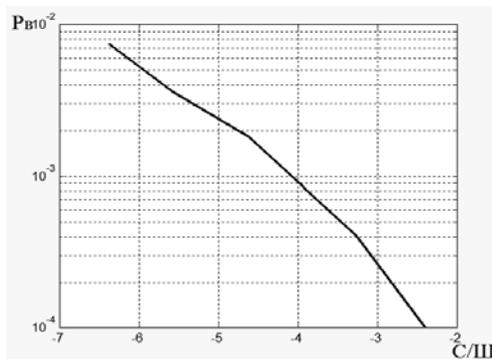


Рис. 3. Зависимость вероятности битовой ошибки 3-канальной СШП системы на основе производных импульсов Гаусса от соотношения сигнал/шум

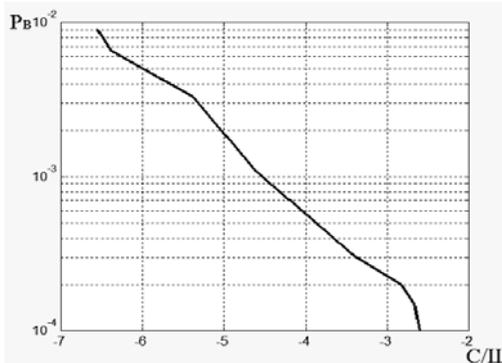


Рис. 4. Зависимость вероятности битовой ошибки 3-канальной СШП-системы на основе производных импульсов Рэля от соотношения сигнал/шум

Выводы. Моделирование подтвердило возможность построения многоканальных СШП-систем на основе производных импульсов Гаусса и Рэля и временного разделения каналов. Соотнесение масштабов моделирования подтвердило сверхширокополосность и помехоустойчивость исследуемых систем. Результаты моделирования могут быть использованы при разработке реальных СШП-модемов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Имореев И.Я., Судаков А.А. Сверхширокополосная система связи с высокой скоростью передачи данных // Радиофизика и радиоастрономия. – 2002. – Т. 7, №4. – С. 466–471 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный http://uwbgroup.ru/pdf/02_uwbasis_rus_id02.pdf

КАНАЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ 4-ГО ПОКОЛЕНИЯ (WIMAX, LTE)

Т.Р. Танатхан, магистрант

*Научный руководитель Д.А. Покаместов, ассистент каф. ТОР
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, roni.raimbek@mail.ru*

Обнаружение битовых ошибок в системах связи необходимо для контроля целостности передаваемой информации. Исправление ошибок (коррекция ошибок) – процедура восстановления информации при приеме сигнала, прошедшего канал связи.

Для обнаружения и исправления ошибок используют корректирующие коды (коды, исправляющие ошибки, коды с коррекцией ошибок, помехоустойчивые коды).

Для этого при передаче в полезные данные добавляют специальным образом структурированную избыточную информацию (контрольное число), а при приёме её используют для того, чтобы обнаружить или исправить ошибки. Естественно, что число ошибок, которое можно исправить, ограничено и зависит от конкретного применяемого кода.

С кодами, исправляющими ошибки, тесно связаны коды обнаружения ошибок. В отличие от первых, последние могут только установить факт наличия ошибки в переданных данных, но не исправить её.

В действительности используемые коды обнаружения ошибок принадлежат к тем же классам кодов, что и коды, исправляющие ошибки. Фактически любой код, исправляющий ошибки, может быть также использован для обнаружения ошибок (при этом он будет способен обнаружить большее число ошибок, чем был способен исправить).

По способу работы с данными коды, исправляющие ошибки, делятся на блочные, делящие информацию на фрагменты постоянной длины и обрабатывающие каждый из них в отдельности, и свёрточные, работающие с данными, как с непрерывным потоком.

Помехоустойчивость систем связи характеризуется вероятностью битовой ошибки, которая в свою очередь определяется типом используемого помехоустойчивого кода и модуляции.

На рис. 1 приведены зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум для разных типов помехоустойчивого кодирования и QPSK-модуляции.

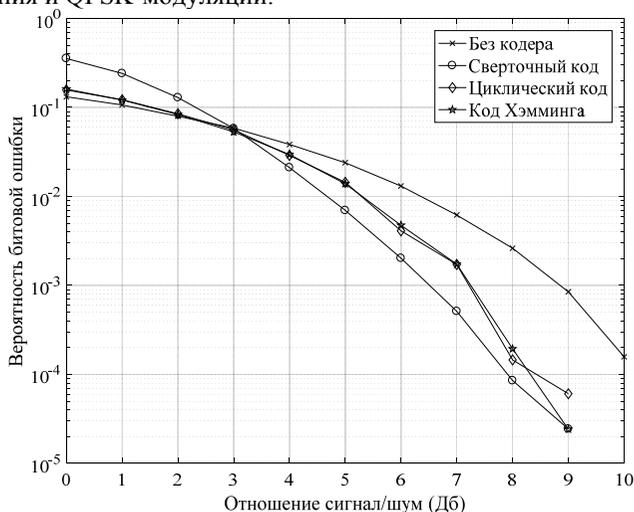


Рис. 1. Зависимость вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум при модуляции QPSK

На рис. 2 приведены зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум для разных кодеров и QAM-16-модуляции.

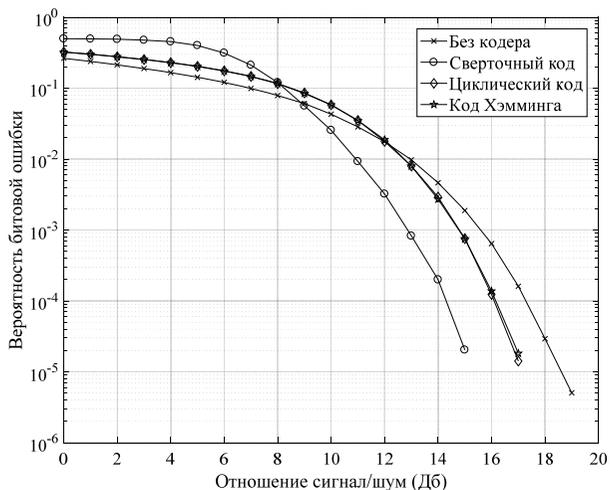


Рис. 2. Зависимость вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум при модуляции QAM-16

На рис. 3 приведены зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум для разных кодеров и QAM-64-модуляции.

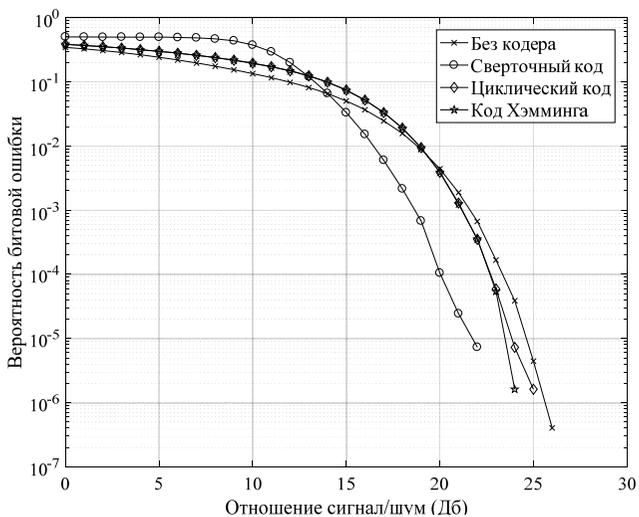


Рис. 3. Зависимость вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум при модуляции QAM-64

В качестве помехоустойчивого кодирования использовались код Хэмминга, циклический и сверточный коды. В результате сравнения моделирования систем связи выяснилось, что при высоком отношении сигнал/шум наилучшими корректирующими свойствами из использованных кодирований обладает сверточный код, но при низких отношениях сигнал/шум он уступает другим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рашич А.В. Сети беспроводного доступа WiMAX. – СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2011. – 179 с.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: ИД «Вильямс», 2003. – 1104 с.
3. Gallager R.G. Low Density Parity Check Codes. – Cambridge: M.I.T. Press, 1963. – 90 p.

ЭЛЕМЕНТЫ МАЖОРИТАРНОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ БЛОЧНЫХ КОДОВ

А.А. Токбаева, студентка; В.А. Кологривов, доцент
Научный руководитель В.А. Кологривов, доцент каф. РТС
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, aygul_tokbaeva@mail.ru

Целью работы является исследование способов кодирования / декодирования, позволяющих исправлять кратные ошибки, на примере мажоритарного декодирования.

В качестве объектов исследования выбраны PSK-модемы с применением мажоритарного декодирования блочных кодов.

Мажоритарное декодирование – это метод декодирования, который сравнительно прост в реализации. Если желательно иметь чрезвычайно быстрые декодеры, то нужно обратиться к мажоритарным декодерам. К сожалению, они могут декодировать не все коды. Следовательно, для практики мажоритарное декодирование имеет ограниченное значение. Несмотря на это, некоторые практические требования могут быть удовлетворены только в его рамках. Кроме того, эти коды интересны с теоретической точки зрения и открывают новые возможности теории кодов, контролирующих ошибки.

Способ **мажоритарного декодирования** привлекает как простотой описания, так и невысокой сложностью схемной реализации. Идея мажоритарного декодирования линейного кода базируется на системе проверочных равенств, а именно, в кодах с мажоритарным декодированием каждый символ может быть выражен через другие символы несколькими способами. Это позволяет для определения истинного

значения символа воспользоваться **принципом большинства (мажоритарным принципом)**.

Существует три способа построения систем проверочных уравнений при мажоритарном декодировании:

- системы с разделенными проверками;
- системы с l -связанными проверками;
- системы с квазиразделенными проверками.

В системах с разделенными проверками некоторый символ, относительно которого разделяется система уравнений, входит во все уравнения. Любой другой символ входит не более чем в одну проверку. Отсюда следует, что для коррекции t ошибок система должна состоять из $(2t + 1)$ уравнений и иметь на столько же входов мажоритарные элементы.

Пример: Пусть имеется код $(6;3)$, задаваемый следующей порождающей матрицей:

$$G^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Из данной матрицы можно построить систему проверочных уравнений для каждого из информационных символов.

$$\text{Для } a_1 : \begin{cases} a_1 = a_1, \\ a_1 = a_3 \oplus a_5, \\ a_1 = a_2 \oplus a_3 \oplus a_6, \\ a_1 = a_4 \oplus a_6, \\ a_1 = a_2 \oplus a_4 \oplus a_5. \end{cases}$$

$$\text{Для } a_2 : \begin{cases} a_2 = a_2, \\ a_2 = a_3 \oplus a_4, \\ a_2 = a_1 \oplus a_3 \oplus a_6, \\ a_2 = a_5 \oplus a_6, \\ a_2 = a_1 \oplus a_4 \oplus a_5. \end{cases}$$

$$\text{Для } a_3 : \begin{cases} a_3 = a_3, \\ a_3 = a_1 \oplus a_5, \\ a_3 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_6, \\ a_3 = a_2 \oplus a_4, \\ a_3 = a_4 \oplus a_5 \oplus a_6. \end{cases}$$

Видно, что каждый из принятых символов a_i входит в данные системы максимум два раза, и, следовательно, если он ошибочен, то ошибочными будут два из пяти уравнений системы; три остальных –

правильны. По большинству правильных проверок мажоритарный элемент принимает правильное решение об оценке состояния разряда.

С ростом числа корректируемых ошибок растет число уравнений в системе и следовательно увеличивается сложность мажоритарного элемента.

Декодер для кода (6,3) требует шесть сумматоров по модулю два и три мажоритарных элемента.

Достоинства мажоритарного декодирования: простота реализации, высокая скорость декодирования.

Недостатки: такие декодеры могут декодировать малый класс кодов.

На рис. 1 представлена функциональная модель кодирования и мажоритарного декодирования (код 6,3), построенная в среде моделирования Simulink системы MatLab.

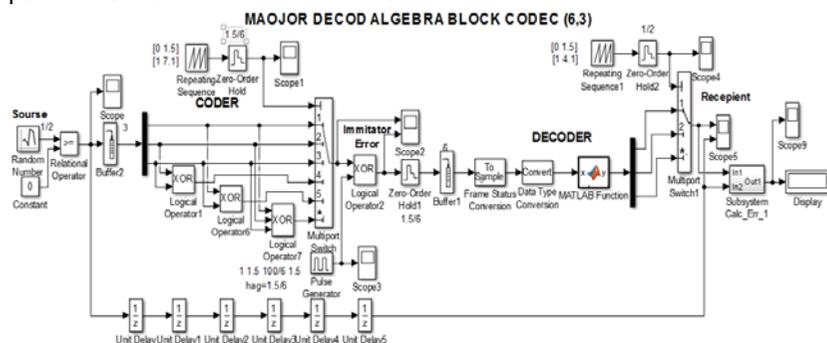


Рис. 1. Функциональная модель кодирования и мажоритарного декодирования (код 6,3)

Функциональная модель содержит источник псевдослучайной последовательности, алгебраический кодер (6,3), имитатор ошибок, мажоритарный декодер и детектор ошибок. Проверочные уравнения реализованы программно в блоке MATLAB Function.

В результате тестирования данной модели убедились, что декодер гарантированно исправляет все однократные ошибки. Полученные результаты и простота реализации позволяют надеяться на продолжение исследования мажоритарных декодеров, исправляющих кратные ошибки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки: пер. с англ. И.И. Грушко, В.М. Блиновский; под ред. К.Ш. Зигангирова. – М.: Мир, 1986. – 576 с.

РАЗБОР КОНФИГУРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЙ MU-MIMO И SU-MIMO В СХЕМАХ LTE

*Х. Бекхожаев, К. Тилемис, Д. Турысжан, магистранты
Научный руководитель С.И. Богомолов, доцент каф. ТОР, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, hamt.aqtau@mail.ru*

Долгосрочная эволюция UMTS является одним из последних шагов в продвигающейся серии мобильных телекоммуникационных систем. По-видимому, по крайней мере для наземных систем, серия началась в 1947 г. с разработки концепции клеток Bell Labs, США. Использование ячеек позволило существенно увеличить пропускную способность сети мобильной связи, разделив зону покрытия на небольшие ячейки, каждая из которых имеет свою собственную базовую станцию, работающую на другой частоте. Ранние системы были ограничены национальными границами. Они привлекали лишь небольшое количество пользователей, поскольку оборудование, на которое они полагались, было дорогостоящим, громоздким и энергоемким, и поэтому было действительно практично в машине.

Глобальный роуминг впервые стал возможностью с развитием системы «Второе поколение», известной как GSM (глобальная система мобильной связи), которая была основана на цифровых технологиях. Эта повсеместная доступность удобной мобильной связи, а также повышение уровня осведомленности потребителей о такой технологии и практической зависимости от нее обеспечили контекст для новых систем с более продвинутыми возможностями. Все продвижения в GSM привели к разработке системы, известной как LTE.

Для нисходящей линии связи LTE использует воздушный интерфейс OFDMA (множественный доступ с ортогональным частотным разделением), а для восходящей – схему DFTS-OFDMA (множественный доступ с ортогональным частотным разделением с расширенным дискретным преобразованием Фурье) для генерации сигнала SC-FDMA [1].

Канал распространения должен быть точно смоделирован из-за его ключевой роли в производительности системы. Правильное моделирование корреляции имеет решающее значение для оценки эффективности MU-MIMO. Самые продвинутые модели, предложенные до сих пор, представляют собой модели стохастических каналов на основе геометрии (GSCM), такие как модель WINNER II. Эти модели явно моделируют геометрию сценария, выбирая случайные местоположения рассеивателя в соответствии с некоторым заданным распределением, и могут включать эффекты масштабного замирания в реализа-

ции канала. Следовательно, корреляционные матрицы становятся действительно зависимыми от МС и изменяются во времени, что соответствует результатам измерений. Кроме того, WINNER II может учитывать зависимость от расстояния между крупномасштабными параметрами замирания, которые испытывают разные терминалы, расположенные в одной и той же географической области.

Ранние оценки схем LTE 2×2 MU-MIMO с использованием различных практических подходов предварительного кодирования (унитарных или ZF) и типов приемников продемонстрировали прирост по SU-MIMO до 20% только в сценариях с высокой корреляцией передачи. Было показано, что степень детализации предварительного кодера оказывает влияние главным образом на сценарии корреляции передачи с низкой средой. Чтобы дать представление о производительности системы MU-MIMO, мы приводим результаты системного уровня конфигураций MU-MIMO 2×2 и 4×2 . Производительность соответствующих систем SU-MIMO также иллюстрируется как базовый уровень. Для обеспечения справедливого сравнения эта схема обратной связи применялась как для конфигураций передачи SU-MIMO, так и для MU-MIMO (рис. 1) [2].

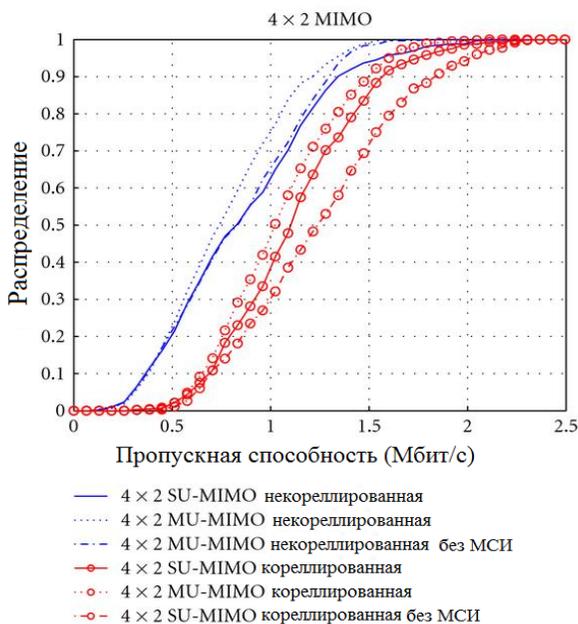


Рис. 1. Распределение пропускной способности пользователя и средней пропускной способности ячейки для настройки MIMO 4×2

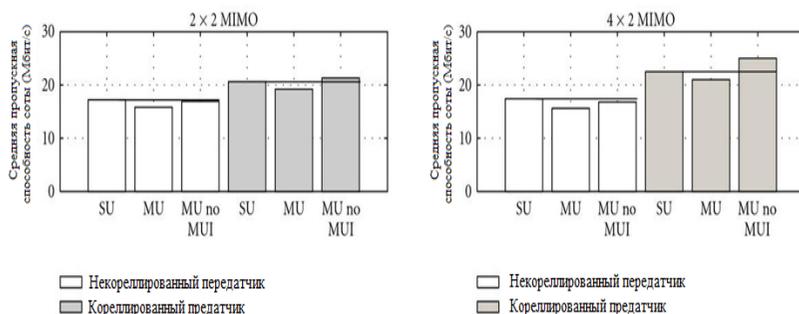


Рис. 2. Средняя пропускная способность ячейки для 2×2 MIMO- и 4×2 MIMO-настроек

Средняя пропускная способность ячейки для систем MIMO 2×2 и 4×2 с конфигурацией передачи SU и MU показана на рис. 2. Наблюдается, что с более высокой корреляцией передатчика производительность как SU-MIMO, так и MU-MIMO лучше по сравнению с низким сценарием корреляции Tx. Такое поведение можно объяснить использованием широкополосного PMI. В сценарии некоррелированных Tx-антенн использование широкополосного PMI не является оптимальным, так как канал замирания значительно варьируется в пределах используемой полосы пропускания. Это приводит к ухудшению производительности. Напротив, когда Tx-антенны коррелированы, один широкополосный PMI представляет собой оптимальный прекодер для всей ширины полосы пропускания. В этом случае использование широкополосного PMI или поддиапазона PMI не изменит изображение производительности [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010. – С. 18–40.
2. Cox S. An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G Mobile Communications. – 1st Edition, 2012. – 88 с.
3. Sibille A., Oestges C., Zanella A. MIMO: From Theory to Implementation. – Elsevier, Oxford, UK, – 2011. – P. 103–105.

ПОДСЕКЦИЯ 1.7

РОБОТОТЕХНИКА

Председатель – Коцубинский В.П., доцент каф. КСУП, к.т.н.

КОЛЛЕКТИВНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

Д.Г. Миронов, А.Д. Гайфуллина,

В.А. Бусыгин, Н.А. Маиуков, студенты

Научный руководитель О.В. Пехов, ст. преп. каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, res187@icloud.com

Проект ГПО КИБЭВС-1202 «Робототехника»

Групповая робототехника – это подход к организации и координированию взаимодействия нескольких физически простых роботов между собой и окружающей средой [1]. Идеологическая составляющая направления возникла из наблюдения поведения социальных насекомых. Считается, что простые индивидуальные правила поведения способны создавать достаточно сложное поведение всего коллектива. Основной задачей является непосредственное взаимодействие объектов между собой, то есть сам робот обрабатывает всю информацию или её часть, а передача данных непосредственно осуществляется между всем коллективом. На основании учета текущих данных и заложенных алгоритмов происходит планирование поведения всей группы роботов, а также отдельных членов группы. Таким образом, вместо централизованного управления, а иначе – централизованного интеллекта возникает – групповой интеллект. Благодаря большому количеству роботов возможно более эффективное выполнение поставленных задач, к таковым относятся исследование территории и построение карты местности.

Целью данной работы является разработка алгоритма позиционирования и коллективного взаимодействия между несколькими роботами и применение этих методов к опытным образцам. В открытом доступе существуют алгоритмы и методы позиционирования нескольких роботов на различного рода площадках [2]. На основе изученных алгоритмов был составлен отдельный алгоритм.

Роботов ставят на исходную позицию в «Г»-образную область, представленную на рис. 1. Роботы начинают движение по очереди, в

разные стороны (направо и налево), изменяя свои координаты в тех промежутках, которые указаны на рис. 1. Выбор направления движения обусловлен тем, что один из роботов-агентов начинает исследовать одну часть комнаты, а другой – ему противоположную для ускорения процесса составления карты. За единицу пространства принимается размер робота. После того как объект (робот) проехал расстояние, равное своему корпусу, считается, что он сдвинулся на единицу.

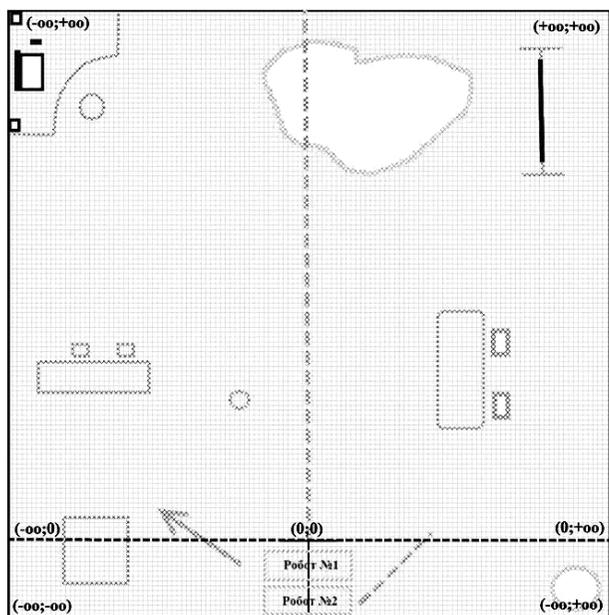


Рис. 1. Пример комнаты и расположения роботов

Исходя из ограниченных возможностей платы Arduino и большого количества данных, необходимых для построения карты, на данном этапе пэти вычисления будут роизводиться централизованно. Задача состоит в том, чтобы данные вычисления реализовать таким образом, чтобы не составило большого труда перенести их непосредственно на роботов-агентов. Роботы совершают регистрацию посредством датчиков наличия/отсутствия предмета в области, перед ним агент просматривает вперед на расстояние, равное длине корпуса, передает координаты и метку наличия или отсутствия предмета на сервер.

Передача осуществляется наборами. Выбор именно передачи наборов данных обусловлен необходимостью уменьшения погрешности при передаче данных, так как в обратном случае существует риск по-

тери части координат. У каждого робота своя область исследования. Они не должны съезжать со своей области. Это контролируется системой из двух Wi-Fi-модулей, которые следят за траекторией движения робота (роботы должны двигаться только вперед-назад, и вправо-влево). Также этой системой можно контролировать положение робота относительно двух точек по диагонали исследуемой комнаты. Обход поля совершается роботами-агентами несколько раз (3 раза), чтобы исключить ложную регистрацию динамического объекта как статического. По итогам исследования на агентах находятся три набора координат препятствий, которые сервер сравнивает между собой. Если во всех трех наборах координата встретилась 3 раза, значит на карту наносится пометка, означающая, что в этой точке находится препятствие. Если же координата повторяется дважды и существует некое смещение координаты (на небольшое расстояние, из-за погрешности), и эти координаты тоже наносятся на карту. Если же какая-нибудь тройка координат не повторяется, то на карту никаких изменений не вносится, так как сервером будет принято решение, что в том месте находился подвижный предмет.

Необходимо проверить работоспособность данного метода. Для этого разработана виртуальная модель и выполнена отладка алгоритма в среде UNITY. Выбор среды обусловлен удобностью графического интерфейса, широким функционалом, а также общедоступностью платформы [3].

Для переноса алгоритма на физические объекты выбраны средства взаимодействия роботов друг с другом, а также с окружающей средой. Взаимодействие будет осуществляться с помощью сети Wi-Fi. Выбор связи между устройствами обусловлен распространенностью данной сети, относительно недорогой системой и высокой скоростью передачи данных. Взаимодействие же с окружающей средой будет реализовано посредством ультразвуковых датчиков, которые позволяют получать данные о расстоянии до объектов, трек-сенсоры, позволяющие калибровать положение роботов и устанавливать точку отсчета для построения карты [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов В.Э. Коллективное поведение роботов. Желанное и действительное. – М., 2011. – 27 с.

2. Миниахметов Р.М., Рогов А.А., Цымблер М.Л. Обзор алгоритмов локального позиционирования для мобильных устройств. – 14 с.

3. Unity User Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (дата обращения: 04.03.2018).

4. Амперка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://amperka.ru/> (дата обращения: 04.03.2018).

АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ И ДИНАМИКИ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ВСЕНАПРАВЛЕННЫХ КОЛЁСАХ

И.А. Маркелов, студент

*Научный руководитель А.М. Малышенко,
проф. отд. автоматизации и робототехники, д.т.н.*

г. Томск, НИ ТПУ, iam14@tpu.ru

В последнее время наблюдается повышенный интерес к мобильным роботам, выполненным на базе платформ с так называемыми всенаправленными колёсами. У такого рода платформ имеется особенность, которая выгодно отличает их от роботов, выполненных с использованием дифференциального шасси – возможность двигаться в любом направлении без изменения ориентации робота в плоскости движения.

Целью работы является вывод математического описания кинематики и динамики мобильной платформы, которое может быть использовано в будущем для разработки законов управления роботом с такой платформой.

Кинематика платформы. Одной из задач данной работы является нахождение уравнений, связывающих заданные скорости в системе координат, привязанной к центру масс робота, и скорости вращения колёс робота.

Для простоты представим робот в виде твёрдого тела, на которое действует сила, как показано на рис. 1.

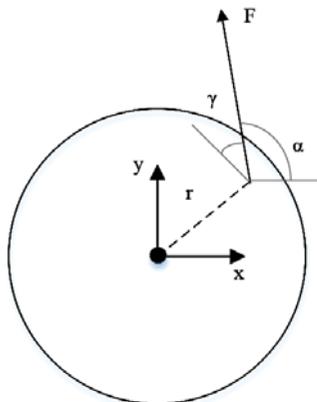


Рис. 1. Упрощённое представление твёрдого тела с приложенной к нему силой

Система координат xy привязана к центру масс робота, α – угол между вектором силы и осью x ; γ – угол между вектором силы и перпендикуляром к радиусу r .

Для нахождения линейной скорости i -го колеса, которое обеспечило бы движение в заданном направлении, можно воспользоваться формулой [1]

$$v_i = \dot{x} \cos \alpha_i + \dot{y} \sin \alpha_i + \dot{\theta} r_i \cos \gamma_i, \quad (1)$$

где \dot{x} , \dot{y} – линейные скорости вдоль осей x и y ; $\dot{\theta}$ – угловая скорость вращения вокруг оси, проходящей через центр масс робота перпендикулярно поверхности движения.

Уравнение (1) можно записать в матричном виде:

$$V_K = TV,$$

где

$$V_K = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix}, V = \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{pmatrix}, T = \begin{pmatrix} \cos \alpha_1 & \sin \alpha_1 & r_1 \cos \lambda_1 \\ \cos \alpha_2 & \sin \alpha_2 & r_2 \cos \lambda_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \cos \alpha_n & \sin \alpha_n & r_n \cos \lambda_n \end{pmatrix}.$$

Угловые скорости колёс можно связать с линейными скоростями следующим образом:

$$\omega_K = R_W^{-1} V_K = R_W^{-1} TV,$$

где

$$R_W = \begin{pmatrix} R_{W_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & R_{W_2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & R_{W_n} \end{pmatrix}, \omega = \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_n \end{pmatrix}.$$

При помощи данных уравнений можно описать движение робота при любой конфигурации платформы – с любым количеством колёс и их расположением.

Динамика платформы. Для описания динамики платформы сначала рассматривается динамика твёрдого тела, затем динамика привода и колеса.

Матричное уравнение динамики твёрдого тела, которым представлен робот, записывается как [2]

$$M\dot{V} = T^T F - BV,$$

где M – матрица масс; B – матрица коэффициентов трения.

$$F = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_n \end{pmatrix}, M = \begin{pmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & I \end{pmatrix}, B_{np} = \begin{pmatrix} B_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & B_3 \end{pmatrix}.$$

Каждый двигатель должен создать такой момент $M_{об}$, чтобы преодолеть инерцию вала /ведущего колеса редуктора и трение в нём:

$$M_{об} = M_{F_i} - M_{comp}.$$

Уравнение, описывающее бесколлекторный двигатель постоянного тока, можно записать следующим образом [3]:

$$u = Ri + L \frac{di}{dt} + K\omega,$$

где u – напряжение на обмотках двигателя; R – сопротивление обмоток; i – ток обмотки; L – индуктивность обмоток; K – электрическая постоянная двигателя.

Полученная модель является достаточно подробной, поскольку в ней учитывается влияние на работа сил трения при его движении. В дальнейшем планируется проведение экспериментов на реальном роботе для определения точности полученной модели. В будущем возможно внесение изменений в модель для учёта наличия сухого трения и проскальзывания колёс и роликов, установленных на нём.

Заключение. Полученное описание мобильной платформы на всенаправленных колёсах позволяет получить математическую модель, которую можно использовать в дальнейшем для анализа движения платформы и синтеза регуляторов и алгоритмов управления ею.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. – Т. 1: Статика и кинематика. – 3-е изд., стереотип. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 272 с.
2. Farconi L.B., Farias E., Montandon J. et al. State-space modeling and off-line evolutive parameter estimation of a generic robotic platform // IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC). – 2016.
3. Дорф Р.К. Современные системы управления / Р.К. Дорф, Р.Х. Бишоп; пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаб. базовых знаний, 2004. – 832 с.

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ НА БАЗЕ TRACKINGCAM

И.Д. Шабалин, студент каф. ЭП

*Научный руководитель Е.С. Шандаров, зав. ЛРИИ
г. Томск, ТУСУР, shabalin_ilya_omu@mail.ru*

Системы технического зрения (СТЗ) – это специальное сенсорное устройство, позволяющее получать качественные изображения с их последующей обработкой и преобразованием.

Традиционно СТЗ реализуются на базе полноценных компьютеров, видеокамер и ПО обработки изображений. Однако не всегда есть возможность использовать полноценный ПК на, например, мобильной платформе, где уместнее использовать маломощный микрокомпьютер на базе Arduino. Модуль технического зрения TrackingCam (рис. 1) способен выполнять операции по распознаванию как одноцветных объектов, так и составных объектов, состоящих из нескольких цветовых областей используя цветовую модель YcbCr [1]. Результат обработки может быть передан в готовом виде, например, Arduino.

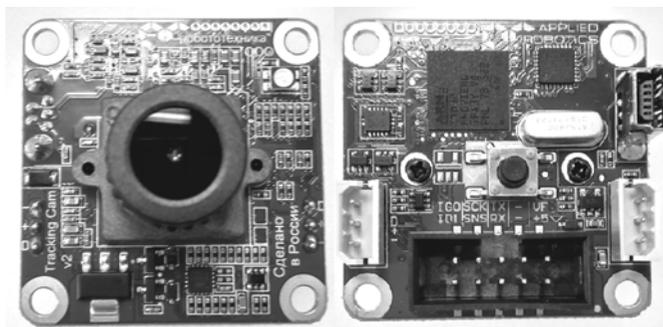


Рис. 1. Модуль TrackingCam, вид спереди и сзади

TrackingCam производится в России, имеет матрицу Omni Vision 7725 с разрешением 640×480 пикселей, кадровую частоту до 30 fps, процессор STM32f407 – ARM Cortex M4 168 МГц, ОЗУ 168 Кбайт, флеш-память 512 Кбайт, напряжение питания 5–12 В, поддерживает интерфейсы I2C, UART, SPI, Dynamixel, USB.

Цель работы. Для ознакомления с камерой был поставлен ряд задач, при решении которых будет использован различный функционал камеры TrackingCam:

1. Распознавание однотонных объектов/областей.
2. Распознавание объектов по их форме.
3. Распознавание объектов сложной цветовой гаммы.

Ход работы. Во время выполнения работы камера подключалась к настольному ПК через USB-интерфейс. Преимуществом СТЗ TrackingCam является возможность запоминать и распознавать различные предметы по некоторым их параметрам. Для решения первой задачи камера была обучена распознавать пятна красного цвета, не ограниченные рамками формы и размера. Для настройки камеры было использовано приложение TrackingCamApp (рис. 2).

Как видно из рис. 2, данная настройка является неточной и может распознавать пятна вне зависимости от их форм и размеров. В случае если нам необходимо обнаружить пятно определенной формы, например для использования данной камеры при создании робота-футболиста, необходимо настроить распознавания цветовых пятен по их форме (рис. 3) [2].

Теперь камера распознает исключительно мяч, так как, в отличие от красной коробки, мяч имеет округлую форму. В таком случае можно исключить различные ложные срабатывания в работе конструкций, использующих данный модуль СТЗ.

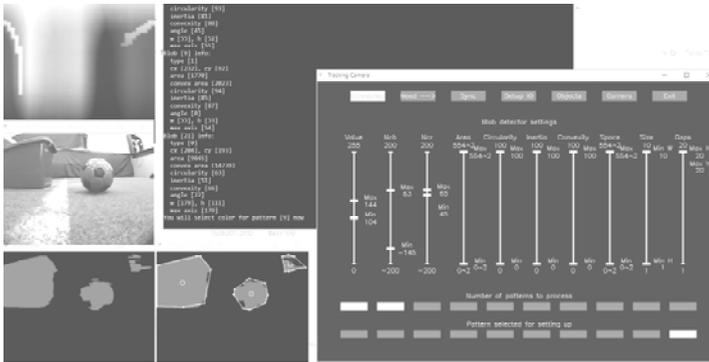


Рис. 2. Настройка камеры для распознавания пятен красного оттенка

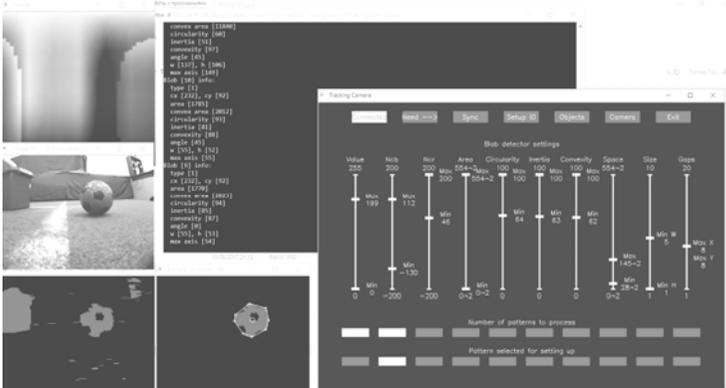


Рис. 3. Настройка камеры для распознавания объектов по их форме

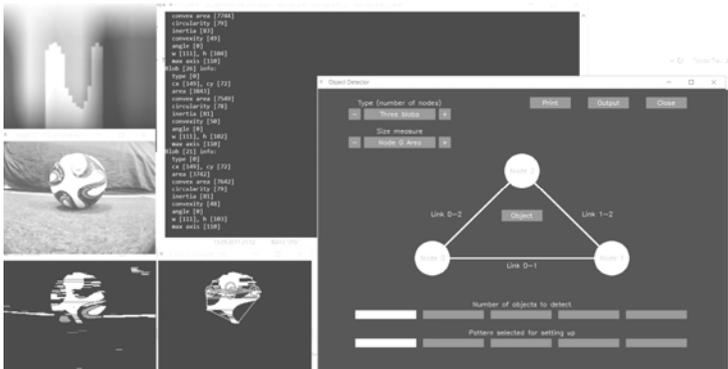


Рис. 4. Настройка камеры для распознавания объекта сложной цветовой гаммы

Довольно часто СТЗ необходимо распознать объекты, состоящие из различных цветов и форм, что вызывает сложности в их распозна-

140

вании. Для этого необходимо произвести более сложную настройку, после которой СТЗ сможет распознать «связанные» между собой пятна разных цветов. Для примера такого объекта был использован футбольный мяч модели чемпионата мира 2014 г., который используется в соревнованиях RoboCup [3].

Как видно из рис. 4, камера успешно распознает футбольный мяч как отдельный объект, состоящий из различных цветовых пятен.

Заключение. В ходе работы была построена камера СТЗ TrackingCam. Камера была обучена распознавать объекты различной степени сложности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воротников С.А. Техническое зрение роботов с использованием TrackingCam / С.А. Воротников, Е.А. Девятериков, А.О. Панфилов. – Электронная книга, 2017.

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. Gomilko S. et al. Robot Soccer Team for RoboCup Humanoid KidSize League // International Conference on Interactive Collaborative Robotics. – Springer, Cham, 2016. – P. 181–188.

РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА С МЕХАНИЧЕСКИМ МАНИПУЛЯТОРОМ НА БАЗЕ ARDUINO MEGA 2560

И.А. Шестеров, студент

*Научный руководитель В.П. Коцубинский, доцент каф. КСУП, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, sanektisru@gmail.com*

Проект ГПО КСУП-1801 «Экстремальная робототехника»

Робот – это программируемое механическое устройство, способное выполнять задачи и взаимодействовать с внешней средой без помощи со стороны человека. Робототехника – это научная и техническая база для проектирования, производства и применения роботов.

Сегодня все чаще человек направляет свою работу в те среды, где для его здоровья и жизни условия окружающего пространства представляют опасность. Поэтому задача создания роботов для работы в опасных для человека условиях стала жизненной необходимостью.

Описание робототехнической платформы. На начальном этапе робототехническая платформа представляла собой только один готовый основной элемент из двух – роботизированную руку-манипулятор, или иначе «клешню» (второй элемент, добавленный позднее, – шестиколёсная платформа на моторах постоянного тока).

Данный манипулятор состоит из пяти сервоприводов разных производителей и характеристик, при этом, любой отдельно взятый сервопривод перемещает лишь один элемент конструкции [3]. Так, например, сервопривод, установленный у основания самой «клешни», контролирует только процесс сжатия и разжатия манипулятора. В то же время другой сервопривод контролирует вращение всей руки по оси, перпендикулярной к плоскости основания платформы, с доступным диапазоном в 220° (рис. 1).

В теории остальные четыре оставшихся сервопривода имеют возможность постановки головки ротора на любой градус окружности, однако они ограничены конструкцией имеющейся роботизированной руки. Если рассмотреть сервоприводы, расположенные у основания, то они контролируют перемещение плеч манипулятора и имеют разные допустимые диапазоны вращения (к примеру, 130°), пренебрегая которыми, можно привести в негодность сервопривод из-за работы вхолостую.

В задачах проекта стояло написание алгоритма перемещений руки-манипулятора. Робот должен уметь опускать «клешню» захвата на уровень поверхности, на которой он находится, захватывать объект небольших размеров (шарообразные формы не допускаются), поднимать руку с объектом чуть выше верхней части платформы, разворачиваться назад по левой стороне (из-за ограничений горизонтального сервопривода, указанных выше) и сбросить объект в корзину, расположенную в задней части робототехнической платформы, предварительно немного опустив руку. При этом робот должен вернуть манипулятор на исходную позицию и уметь повторно воспроизводить алгоритм по востребованию. Упрощённая схема выполняемого роботизированной рукой алгоритма захвата и сброса объекта представлена на рис. 2.

Основной проблемой в написании алгоритма передвижения «клешни» стал сам принцип градуировки сервоприводов. В конечном итоге было необходимо подобрать такую длительность пульсаций, подаваемых на сервоприводы, чтобы последние устанавливали головки на строго указанный градус. Здесь стоит отметить, что особенностью сервоприводов является то, что они «следят» за своим положением. В нашем случае это помогает тем, что при написании кода нужно указывать только конечную «остановку» сервопривода, которым является градус, на который мы хотим установить головку ротора. Сервопривод всегда будет стремиться установиться на этот градус, а не постоянно смещаться на эту величину в какую-либо сторону.

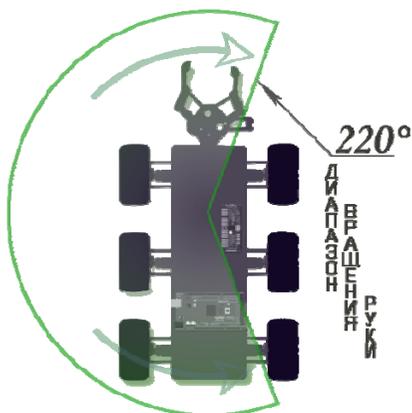


Рис. 1. Диапазон горизонтального сервопривода

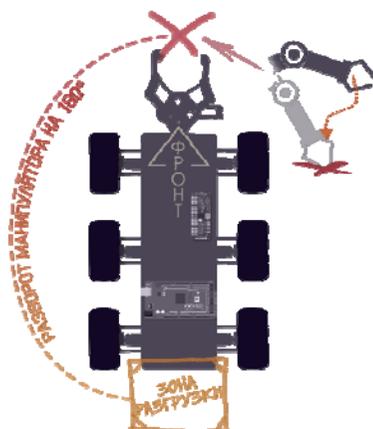


Рис. 2. Алгоритм перемещения манипулятора

Проблема градуировки была решена с помощью подбора диапазона возможных длительностей пульсаций по техническим данным сервоприводов. Этот диапазон переводится в диапазон рабочей зоны сервопривода. В случае с осевым сервоприводом это диапазон от 0° до 220° . Предположим, что мы хотим установить горизонтальный сервопривод на 180° . Тогда необходимо перевести данное значение из диапазона доступных градусов в диапазон подобранных длительностей пульсаций по техническим характеристикам. В нашем случае получится 343 тика. Именно такая длительность пульсаций необходима сервоприводу, чтобы установиться на 180° , и именно такая длительность сообщает сервоприводу о том, что он должен оказаться на этой позиции, где бы он ни был.

Подобная широтно-импульсная модуляция используется также на моторах постоянного тока, установленных в самой платформе. Однако принцип модуляции на данных моторах более простой в понимании. Представим, что мы подали на схему управления моторами [2] питание в 12 В. Мы можем манипулировать двумя состояниями: первый – когда питание отсутствует, и второй – когда подано 12 В. Теперь начнём генерировать пачки импульсов с частотой около 500 Гц. В каждом импульсе может быть либо одно, либо два состояния сразу.

Продолжительность второго состояния, когда подано напряжение, есть ширина импульса, значение которого мы устанавливаем таким, каким хотим видеть скорость вращения мотора. Если мы установим максимальную ширину импульса, равную 255, то получим единственное состояние, когда 12 В будет подано постоянно, и мотор

3. Техническая информация о плате контроля сервоприводами [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.adafruit.com/16-channel-pwm-servo-driver?view=all> (дата обращения: 02.03.2018).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ WWW ДЛЯ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ РОБОТА-ФУТБОЛИСТА

А.А. Согомонянц, Е.С. Польшцев, студенты

Научный руководитель Е.С. Шандаров, зав. лаб. робототехники и искусственного интеллекта

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, blitz@danet.in

Одним из известных международных соревнований среди роботов является RoboCup [1], который был основан в 1997 г. Одна из самых популярных дисциплин – это футбол роботов. Команда студентов ТУСУРа участвует в соревнованиях RoboCup с 2013 г. [2]. В качестве платформы для роботов-футболистов команда ТУСУРа использует DARwin-OP [3].

Платформа DARwin-OP представляет собой человекоподобного робота высотой 45,5 см с 20 степенями свободы. Он обладает встроенной камерой и микрокомпьютером, который построен на базе процессора Intel Atom и работает под управлением Ubuntu Linux. Робот оснащен сетевыми адаптерами Ethernet и WiFi.



Рис. 1. Команда ТУСУРа с платформой DARwin-OP

Целью данной работы является разработка технологии для удаленного контроля параметров робота-футболиста. Список параметров: координаты мяча, координаты ворот, состояние робота, состояние

игры. Также необходимо было обеспечить механизм контроля «зрения» робота: видеть то, что в текущий момент «видит» его камера. Крайне удобным дополнением было бы еще и «видеть» результаты распознавания изображения системой технического зрения робота.

Для **решения задачи** были использованы технологии WWW. В этом случае для контроля параметров робота и изображения с его камеры использовался веб-браузер, который взаимодействовал с встроенным в ПО робота веб-сервером. Схема взаимодействия компонентов представлена на рис. 2.

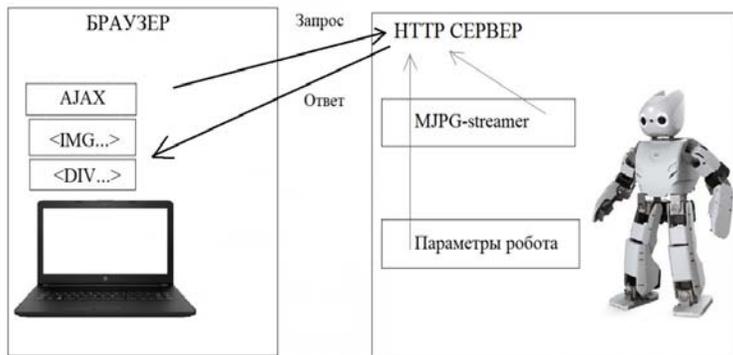


Рис. 2. Схема взаимодействия компонентов

Для передачи изображения с камеры робота использовался компонент mjpeg-streamer, который позволяет отправлять кадры по запросу браузера в формате JPEG. В этом случае никаких дополнительных компонентов для браузера не нужно, отображение изображения происходит стандартными встроенными средствами тега . Разработанное ПО не только позволяет отправлять клиенту кадры с камеры, но и накладывает на это изображение результаты распознавания системой технического зрения: контуры мяча, створ ворот, отметки координат этих объектов. Результаты работы представлены на рис. 3.

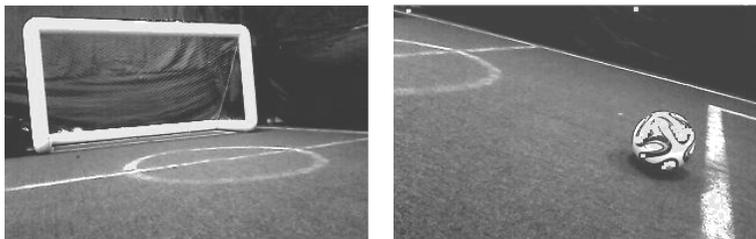


Рис. 3. Изображения с камеры робота

Для индикации параметров робота на странице браузера мы использовали блоки <div> и заполняли их содержимое с помощью JavaScript и архитектуры DOM. Параметры робота мы получали, отправляя HTTP-запросы к серверу робота по технологии AJAX. Использовались и проводной, и беспроводной типы подключения.

Заключение. В итоге, была успешно разработана и использована технология, которая позволяет контролировать состояние робота-футболиста. Испытания проводились в лабораторных условиях.

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. Gomidko S. et al. Robot Soccer Team for RoboCup Humanoid KidSize League // International Conference on Interactive Collaborative Robotics. – Springer, Cham, 2016. – P. 181–188.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ 3D-КАРТЫ МЕСТНОСТИ

А.Д. Тентюк, студент

*Научный руководитель В.И. Гончаров, проф. каф. СУМ, д.т.н.
г. Томск, ТПУ, каф. СУМ, t-alenka@inbox.ru*

Одной из важных областей робототехники является картографирование местности. Интересна данная область прежде всего тем, что карты, созданные одним роботом, также могут быть использованы другими, что делает необязательным разработку системы очувствления для последних.

Одной из проблем построения карты местности является сложность определения роботом собственного местоположения относительно карты, которую он строит. Решением данной проблемы занимается метод одновременной локализации и отображения (SLAM) [1].

Целью данной научной работы является разработка прототипа робота-картографа, который решит вышеприведенную проблему.

Задачами на текущий момент является разработка движущейся платформы на колесах, установка оборудования для создания 3D-изображений местности, которые в дальнейшем могут быть использованы для преобразования в координаты и построения самой карты.

SLAM-метод используется в мобильных автономных средствах для построения карты в неизвестном пространстве или для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути. Популярные методы приближенного решения данной задачи включают в себя фильтр частиц и расширенный фильтр Калмана [2].

Использование основ геодезии. В данной работе для достижения поставленной цели будет использован один из методов геодезии.

Существует 2 метода определения собственного местоположения.

1. Абсолютный метод. Когда имеется 1 базовая станция, с которой связывается приемник, и он проводит измерения независимо от других приемников [3]. Поскольку погрешность составляет от 1,5 до 15 м, то такой метод не подходит для решения данной задачи.

2. Относительный метод. Более высокую точность можно получать при одновременном наблюдении спутников разными приемниками по фазовым измерениям. При такой методике измерений один из приемников обычно располагается в пункте с известными координатами. Тогда положение остальных приемников можно определить относительно первого приемника с точностью до нескольких миллиметров [3].

Планируется реализовать относительный метод при помощи использования геометок. На данном этапе работа не реализована.

Обоснования выбора устройств. В качестве устройства вычисления для модуля движения робота был использован одноплатный компьютер Raspberry Pi. Также сверху была установлена ZED-камера для построения карты глубины. На настоящем этапе она присоединена к компьютеру. В дальнейшем планируется обеспечить автономность.

Данный компьютер был выбран, во-первых, из-за своей мощности, во-вторых, из-за того, что на него в перспективе можно будет установить ROS, в-третьих, он позволяет использовать много периферии (имеет 40 портов общего назначения), в-четвертых, из-за компактности (можно разработать небольшого робота, который сможет перемещаться по узким проходам) [4].

ZED-камера была выбрана из-за того, что позволяет получать 3D-изображения местности в хорошем качестве. Также для нее существует специальное программное обеспечение, предназначенное для извлечения модели окружающего мира и преобразования его в 3D-сетку [5].

Результаты работы. Разработано устройство, представляющее собой небольшого робота с колесами, сверху которого установлена камера (рис. 1).



Рис. 1. Прототип робота-картографа

На рис. 2 показано, как робот видит окружающую его местность. Также можно проследить за тем, как он строит сетку.

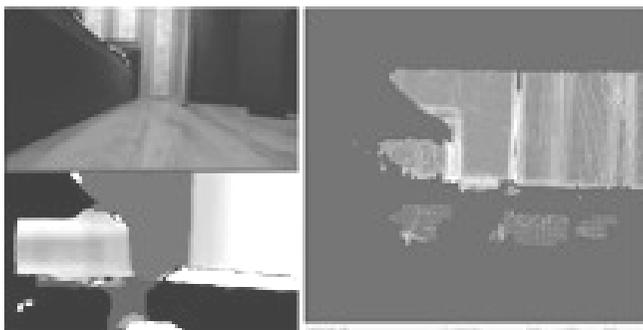


Рис. 2. Изображение с камер робота

ZED-камера позволяет строить 3D-карту местности, поэтому в программе робота были извлечены данные о глубине, а именно расстояние до объекта. Поскольку камера способна отслеживать собственное положение в пространстве, были выведены координаты самой камеры.

Заключение. В рамках данной работы был разработан прототип робота-картографа. Он представляет собой устройство на колесах на Raspberry Pi, управляемое программой, сверху которой установлена ZED-камера, которая делает объемные фотографии местности. Это первый прототип, который в дальнейшем будет переработан.

Планируется проработать следующие этапы: разработка полноценного алгоритма движения по местности, создание эргономичного корпуса, замена колес, решение проблемы, связанной с проводами, интеграция ROS, внедрение метода SLAM и использование геометок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Robotic mapping [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_mapping (дата обращения: 18.12.2017).
2. Метод SLAM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/SLAM_\(метод\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/SLAM_(метод)) (дата обращения: 18.12.2017).
3. Основы спутниковых определений для решения задач геодезии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=RGGusdMH24k> (дата обращения: 18.12.2017).
4. Raspberry Pi для начинающих [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edurobots.ru/raspberry-pi-dlya-nachinayushhix/> (дата обращения: 18.12.2017).
5. 3D-камера ZED stereo camera [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unitsolutions.ru/3d-kamery/497-3d-kamera-zed-stereo-camera.html> (дата обращения: 18.12.2017).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ МЕКАНУМ-РОБОТА НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ КАРТ

А.Е. Винник, магистрант

*Научный руководитель Н.Ю. Хабибулина, доцент каф. КСУП, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, evg2v@mail.ru*

В статье рассматривается модель четырехколесного механум-робота, колеса которого расположены в 2 ряда вдоль стороны прямоугольного корпуса. Для решения задачи управления движением робота до заданной точки выбран метод тангенциального избегания [1], так как данный метод рассчитан на вычисление линейной и угловой скорости робота в заранее неизвестном пространстве или в пространстве с динамически меняющимся окружением.

Математическая модель робота описывается следующим образом (рис. 1):

$$\begin{cases} \dot{\rho} = -v \cos(\alpha), \\ \dot{\alpha} = -\omega + v \frac{\sin(\alpha)}{\rho}, \\ \dot{\theta} = v \frac{\sin(\alpha)}{\rho}, \end{cases} \quad (1)$$

где ρ – дистанция до цели, v – линейная скорость робота, ω – угловая скорость робота; θ – угол между осью OX и направлением на цель; α – курсовой угол, разность между курсом робота и углом θ ; ψ – курс робота.

При таком описании математической модели, следует, что полностью управлять роботом можно с помощью изменения значений угловой и линейной скоростей, поэтому следует найти такие их значения, при которых достигаются условия $\rho \rightarrow 0$ и $\alpha \rightarrow 0$. Для этого воспользуемся функцией Ляпунова в виде

$$v(\rho, \alpha) = \frac{1}{2}\rho^2 + \frac{1}{2}\alpha^2, \quad (2)$$

а производная по времени

$$\dot{V}(\rho, \alpha) = \rho\dot{\rho} + \alpha\dot{\alpha} \quad (3)$$

не должна быть положительна.

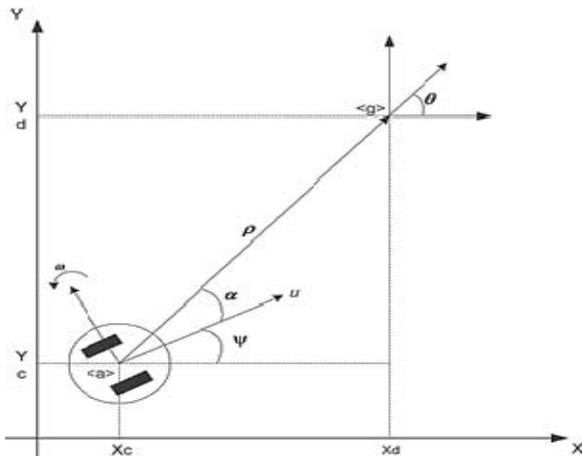


Рис. 1

Выразим производную (3) через модель (2):

$$\dot{V}(\rho, \alpha) = -\rho v \cos(\alpha) + \alpha \left(-\omega + v \frac{\sin(\alpha)}{\rho} \right). \quad (4)$$

В качестве управляющего воздействия выберем следующие значения скоростей:

$$\begin{cases} v = v_{\max} \operatorname{th}(\rho) \cos \alpha, \\ \omega = k_{\omega} \alpha + v_{\max} \frac{\operatorname{th}(\rho)}{\rho} \sin(\alpha), \quad k_{\omega} > 0. \end{cases} \quad (5)$$

Управление движением колес механум-робота осуществляется путем регулирования угловой скорости вращения каждого колеса. Для получения данных значений воспользуемся расчетными формулами для каждого колеса:

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_1 = \frac{1}{r}(v_x - v_y - (l_x + l_y)\omega), \\ \omega_2 = \frac{1}{r}(v_x + v_y + (l_x + l_y)\omega), \\ \omega_3 = \frac{1}{r}(v_x + v_y - (l_x + l_y)\omega), \\ \omega_4 = \frac{1}{r}(v_x - v_y + (l_x + l_y)\omega). \end{array} \right. \quad (6)$$

В процессе своего движения робот может попасть в тупик. Чтобы справиться с данной проблемой было принято решение строить карту местности в процессе движения. Для ускорения поиска маршрута до заданной точки используется алгоритм быстрого исследования случайного дерева (RRT) [2].

Моделирование процесса движения робота проводится в программном продукте, позволяющем симулировать поведение робота в закрытом пространстве с возможностью появления препятствий в процессе движения робота. В качестве языка разработки программы был выбран высокоуровневый язык программирования Python. Данный программный продукт позволяет симулировать движение робота к целевой точке при отсутствии препятствий, при наличии статических препятствий и при динамически добавляющихся препятствиях.

При движении робота в некотором изолированном пространстве не всегда известна планировка и точные координаты размещенных препятствий. Для того, чтобы приведенные выше алгоритмы движения робота работали верно в данных условиях было принято решение о построении собственной карты пространства роботом. Данная карта заполняется информацией приходящей с датчиков робота, а именно на основе показаний с дальномера и датчика цвета. На основе получаемых данных на карту можно заносить координаты увиденных препятствий и целевых объектов.

Построенную такую методом карту можно использовать в качестве исходных данных для расчета траектории и управляющего воздействия. Симуляция данного движения отображена на рис. 2, 3.

Результаты проведенной симуляции свидетельствуют о том, что алгоритмы построения дерева, поиска кратчайшего пути, следования по найденному пути работают корректно. Построение роботом небольших карт местности позволяет ему не быть привязанным к знанию местности. Однако, построение карт будет потреблять через мерное количество ресурсов, если пространство, в которое помещен робот, будет неограниченным. Данную проблему можно решить путем создания карт, небольшого пространства вокруг самого робота.



Рис. 2



Рис. 3

Такой метод позволит роботу двигаться в любых условиях, но при этом робот не будет запоминать местность, где он уже был. Также можно заметить, что найденный путь является неоптимальным и в процессе расчета траектории движения робота не происходит поправок на формат-фактор самого робота. Данные проблемы являются задачами для дальнейшего рассмотрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. André Ferreira; Flávio Garcia Pereira, Raquel FrizzeraVassallo, Teodiano FreireBastosFilho, Mário SarcinelliFilho An approach to avoid obstacles in mobile robot navigation: the tangential escape. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. – Universidade Federal do Espírito Santo-Av. Fernando Ferrari, 514-29.075-910. – Vitória, ES, Brazil [Электронный ресурс]. – URL: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-17592008000400003&script=sci_arttext (дата обращения: 15.01.2018)
2. Nasir J., Islam F., Malik U. et al. RRT*-SMART: A Rapid Convergence Implementation of RRT* // International Journal of Advanced Robotic Systems. – Vol. 10, 299:2013S.
3. Moslehpour K., Jenab E.H. Siliveri, Design and Implementation of NIOS II System for Audio Application // IACSIT International Journal of Engineering and Technology. – October 2013. – Vol. 5, No. 5.

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.

ПРОГРАММА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ, ОТБРАКОВКИ И АНАЛИЗА ОТКЛОНЕНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

А.А. Юлаев, магистрант каф. КСУП
Научный руководитель И.В. Юнусов, нач. отд. АО «НПФ «Микран»
г. Томск, ТУСУР, temsky.v.tomske@gmail.com

Финишный контроль электрических параметров является одним из важных этапов технологического процесса изготовления монокристаллических интегральных схем (МИС). На данном этапе происходит не только отбраковка негодной продукции, но и оценка качества технологии путем обработки и анализа результатов измерений. Технологам необходимо иметь обратную связь от участка финишного контроля для возможности внесения изменений в технологические операции, чтобы повысить качество изготавливаемой продукции.

В промышленном масштабе производства МИС на неразделенной полупроводниковой пластине их количество может достигать нескольких десятков тысяч. Для проведения измерений электрических параметров всех МИС применяют автоматизированные зондовые методы.

Для проведения автоматизированных измерений на полуавтоматической зондовой станции RA200 [1] (далее – зондовая станция) используют программное обеспечение WaferMap for ProberBench компании Suss MicroTech (далее – WaferMap). Функционала WaferMap достаточно для перемещения столика зондовой станции по заданной координатной сетке. Также имеется возможность программирования зондовой станции путем передачи команд в WaferMap и записи ре-

зультатов измерений в файл специального формата MAP. Особенностью WaferMap является возможность «закрашивания» прямоугольника координатной сетки, соответствующего чипу на пластине, в один из двухсот пятидесяти шести цветов. Однако WaferMap не обладает инструментарием для обработки результатов измерений и отбраковки негодных чипов.

Разработанная авторами настоящей работы программа PBench MAP files Statistics & Rejection Manager (далее – PBench Manager) использует особенности WaferMap для постобработки результатов измерений, выполненных с применением WaferMap и записанных в файл формата MAP.

Основные возможности PBench Manager:

- статистический анализ результатов измерений по правилу «трех сигм» [2];
- построение градиента распределения параметра по площади пластины с возможностью сохранения распределения в формате MAP;
- отбраковка негодных чипов по нескольким критериям с возможностью сохранения карты годности пластины в формате MAP;
- экспорт результатов измерений в формат CSV для их использования в других программах.

На рис. 1 представлен внешний вид главного окна PBench Manager.

В MAP-файле содержатся измеренные параметры каждого чипа пластины. Параметров может быть несколько. Для того чтобы их обрабатывать в PBench Manager, достаточно, чтобы они были разделены любым текстовым разделителем. PBench Manager, используя этот разделитель, обрабатывает информацию столбцами, в каждом из которых содержится один параметр для всех чипов.

Для каждого столбца можно рассчитать среднее значение и среднеквадратическое отклонение. Также в случае полимодального распределения PBench Manager определяет наиболее вероятное значение (по наибольшей моде).

Чтобы построить градиент распределения параметра по пластине, необходимо указать границы распределения. Пользователь может сделать это вручную или использовать отклонение от среднего на величину «трех сигм» – трех стандартных отклонений. Затем необходимо указать цвет верхней и нижней границы распределения с помощью слайдеров и сохранить распределение по текущему столбцу в файл MAP. Итоговая картина представляет собой линейный градиент от цвета, соответствующего минимальному значению параметра, до цвета, соответствующего максимальному значению параметра.

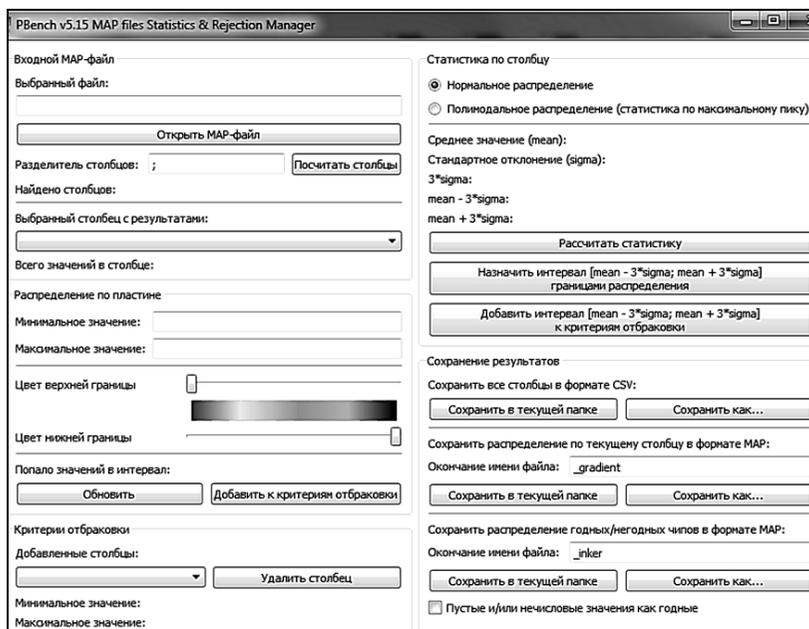


Рис. 1. Главное окно Pbench Manager

Например, на рис. 2 показан градиент распределения обратного тока СВЧ PIN-диодов на части пластины.

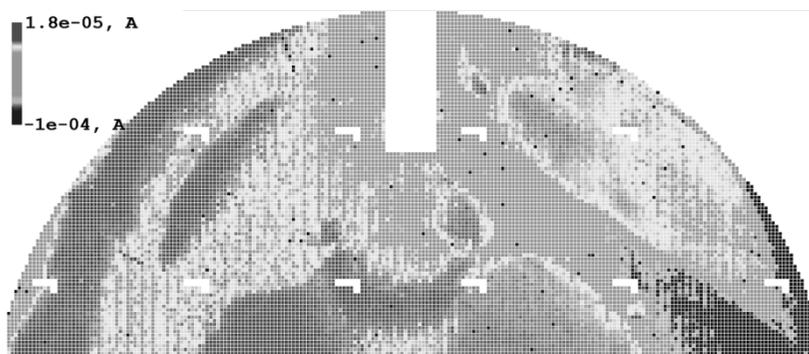


Рис. 2. Пример градиента распределения на части пластины

Градиент распределения позволяет наглядно исследовать отклонения технологии (судя по равномерности распределения параметров по площади пластины), вовремя выявлять и корректировать неис-

правности. Применение таких карт распределения позволяет контролировать технологический процесс изготовления МИС и поддерживать его в статистически управляемом состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. PA200 Semi-automatic Probe System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cascademicrotech.com/products/probe-systems/200mm-wafer/pa200> (дата обращения: 14.03.2018).

2. Нормальное распределение: понятие, свойства, применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://crypto.hut2.ru/normal.html> (дата обращения: 14.03.2018).

МОДУЛЬ РУЧНОГО ПОДБОРА 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, ТУСУР, каф. КСУП, 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].

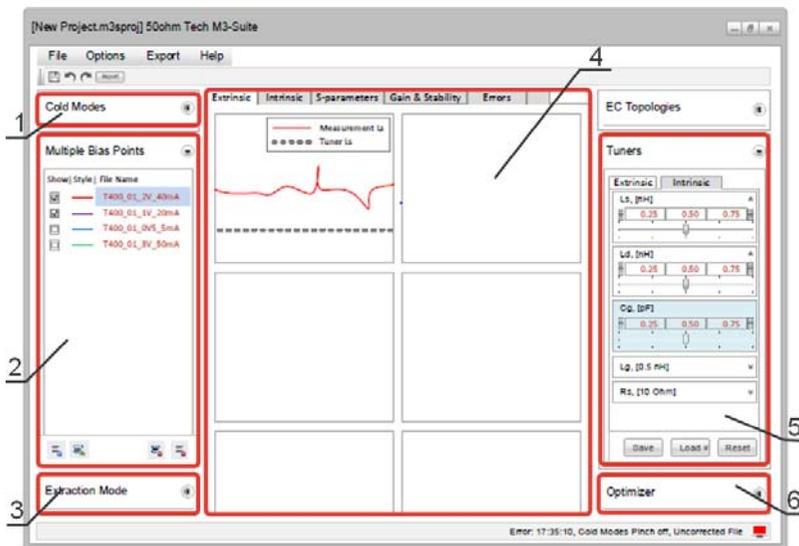


Рис. 1. Макет пользовательского интерфейса

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) (рис. 1, 2);
- 3) выбор «рабочих» точек (рис. 1, 2);
- 4) выбор метода экстракции (рис. 1, 3).

После построения модели у пользователя появляется возможность рассмотреть частотные характеристики внешних и внутренних параметров транзистора (рис. 1, 4), а также регулировать значения параметров посредством тюнеров (рис. 1, 5). Изменяя положение тюнера параметра, можно добиться желаемой частотной независимости характеристик транзистора (определяется изменением частотной характеристики соответствующего параметра). Также есть возможность автоматически оптимизировать значения параметров, выбрав вкладку «Optimizer» (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].

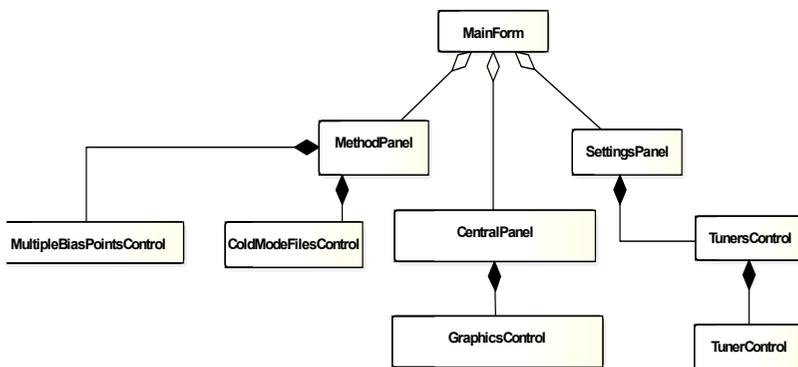


Рис. 2. UML-диаграмма классов концептуального уровня

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 малошумящих СВЧ-транзисторных усилителей: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2016. – 168 с.
2. Программа анализа и обработки СВЧ-измерений DataView 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. Enterprise Architect [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sparxsystems.com.au/resources/tutorial_home/ (дата обращения: 02.03.2018).

СЕКЦИЯ 4

**ИНФОРМАЦИОННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ**

ПОДСЕКЦИЯ 4.1

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель – Шелупанов А.А., ректор ТУСУРа,
директор ИСИБ, д.т.н., проф.;*
зам. председателя – Конев А.А., доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ РЕЧЕОБРАЗУЮЩЕГО ТРАКТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ФОНОСКОПИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

И.А. Гураков, студент

*Научный руководитель Е.Ю. Костюченко, доцент, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, gia@keva.tusur.ru*

В настоящее время есть множество методов распознавания дикторов, но большинство из них – экспертные методы. В свою очередь, не так много автоматизированных методов распознавания дикторов, которые позволяют получить из записи характеристики речевого тракта диктора и сделать заключение исключительно на основе этих характеристик. В данной статье исследовался метод формантного выравнивания.

В ходе анализа источников были сформулированы следующие проблемы: предполагается, что частоты формант должны совпадать для выбранных срезов, однако эти частоты могут сильно варьироваться и непонятно, что можно считать за совпадение; даже при наличии некоторого допущения совпадения формант для одного и того же диктора будут возникать ситуации несовпадения формант, из чего возникает вопрос, какое количество совпадений можно считать достаточным для верификации; нет достаточной информации о том, как должны определяться частоты формант.

В ходе исследования были получены распределения формант для разных дикторов двумя разными методами с целью выбора наиболее эффективного с точки зрения разброса получаемых значений резонансных частот.

В первом методе за форманты принимались частоты с максимальным значением относительной энергии звуковых колебаний в

определенных промежутках. Данный метод плохо показал себя при определении второй и третьей формант. Для некоторых гласных стандартное отклонение для этих формант превысило 200 Гц для мужского голоса (рис. 1). Основной недостаток данного метода заключается в поиске резонансных частот только в значениях, соответствующих максимумам спектра. Однако такой подход сразу содержит в себе ошибку, определяемую частотой основного тона, задающей расстояние между соседними пиками. Для устранения этого недостатка необходимо проводить работу не только с непосредственными максимумами спектра, но и со значениями между пиками гармоник.

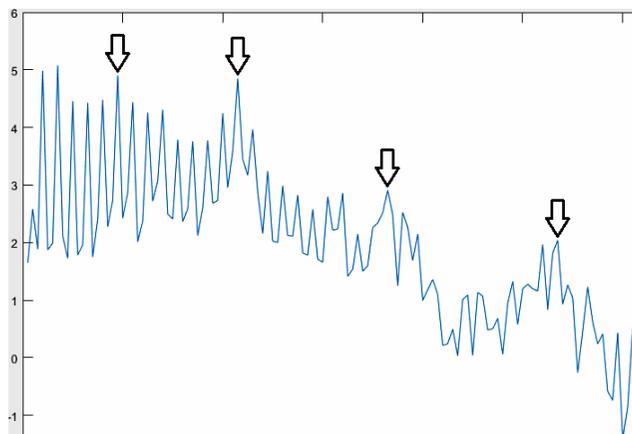


Рис. 1. Выделение формантных частот на основе максимумов гармоник спектра

Во втором методе для решения этой проблемы строилась огибающая пиков спектра и за частоты формант принимались пиковые значения огибающей в определенных промежутках. Для построения контура огибающей спектра была использована функция `envelope` среды программирования Matlab, использующая в качестве своей основы преобразование Гильберта [1]. Этот метод показал себя лучше, стандартное отклонение для формант не превысило 100 Гц для мужского голоса (рис. 2).

В рамках проведенной работы в среде Matlab был реализован модуль, предназначенный для автоматизации получения значений резонансных частот речеобразующего тракта человека. В результате проведенного предварительного сравнения на данном этапе принято решение о поиске резонансных частот на основе максимумов огибающей контура спектра. При проведении исследования предложен до-

полнительный подход, основанный на применении к рассмотрению спектра исходного речевого сигнала как сигнала для проведения фильтрации нижних частот, соответствующей сглаживанию пиков. Разрабатываемый метод автоматизации выделения формант будет основываться на совместном применении нескольких методов для взаимной компенсации имеющихся недостатков.

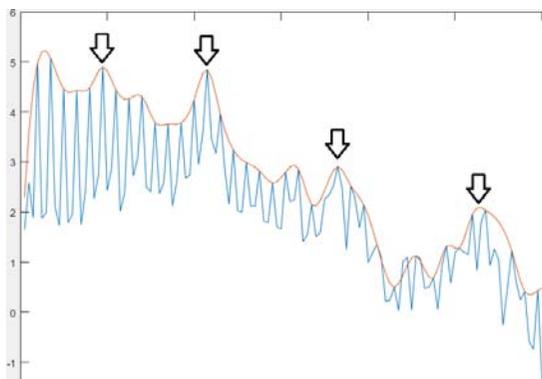


Рис. 2. Выделение формантных частот на основе максимумов огибающей линии спектра

В дальнейшем планируется применение разработанного метода для получения значений резонансных частот в автоматизированном режиме, построения их статистического распределения и проведения на их основе исследования метода формантного выравнивания.

Кроме того, в дальнейшем для решения данной задачи предполагается использовать параметризацию выделяемых фрагментов сигнала [2], а также метаэвристические методы, в частности, подходы к идентификации нечетких систем [3].

Проект выполнен в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации на 2017–2019 гг. Номер 8.9628.2017/8.9.

ЛИТЕРАТУРА

1. MathWorks. Matlab 2018a Documentation. Envelope. – URL: <https://www.mathworks.com/help/signal/ref/envelope.html> (дата обращения: 14.03.2018).
2. Бондаренко В.П., Конев А.А., Мещеряков Р.В. Сегментация и параметрическое описание речевого сигнала // Известия вузов. Приборостроение. – 2007. – Т. 50, № 10. – С. 3–7.
3. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. – 2009. – № 4. – С. 15–23.

РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ВСТРАИВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ОБЛАСТЬ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОШИБОК ПРЕДСКАЗАНИЯ ПИКСЕЛЕЙ

А.А. Крупина, студентка

Научный руководитель О.О. Евсютин, доцент каф. БИС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, Krupina.AA@mail.ru

«Проект ГПО БИС-1701 «Методы цифровой стеганографии»

Стеганография – наука, которая изучает способы и методы скрытой передачи конфиденциальных сведений. Общей чертой является наличие контейнера, в который встраивается информация, которая открыто передается адресату [1]. Целью работы является реализация алгоритмов встраивания и извлечения информации [2] и их исследование, а именно: улучшение алгоритма, выделение ряда признаков для стегоанализа, проведение классификации изображений с разной вариацией количества признаков.

Описание алгоритма встраивания. Алгоритм встраивает информацию в RGB-изображение в параметр встраивания в пиксели (значение параметра является заранее заданной величиной), используя гистограмму матрицы ошибок предсказаний (с учетом длины сообщения). Используется только синий канал цвета. Исходное изображение для встраивания может быть любого формата, но стегоизображение должно быть без сжатия, чтобы избежать потери информации. Встраивание можно описать следующей формулой:

$$I'_{ij} = \begin{cases} \hat{I}_{ij} + e_{ij} + 1, & \text{если } e_{ij} > S + 1; \\ \hat{I}_{ij} + e_{ij} + b_k, & \text{если } e_{ij} \in [S; S + 1); \\ \hat{I}_{ij} + e_{ij}, & \text{если } e_{ij} < S, \end{cases}$$

где I'_{ij} – стегоизображение; \hat{I}_{ij} – предсказанное изображение с помощью методов MED или GAP; e_{ij} – матрица ошибок предсказаний; $b_k \in \{0; 1\}$ – встроенный бит информации; S – параметр встраивания; i и j – счетчики, которые указывают на пиксель матрицы (его граничные значения меняются в зависимости от выбранного метода предсказания пикселей MED или GAP). Для метода MED: $i = \overline{1, width - 1}$, $j = \overline{1, height - 1}$; для GAP: $i = \overline{2, width - 2}$, $j = \overline{2, height - 1}$, где $height$ и $width$ – высота и ширина изображения соответственно. Самый первый пиксель имеет индексы $\{0, 0\}$.

Чтобы предотвратить переполнение и ошибку при извлечении встроенных данных, позиции всех пикселей исходного изображения со значением 255 записываются как дополнительная информация и в них информация не встраивается.

Матрица ошибок предсказаний e_{ij} рассчитывается по формуле

$$e_{ij} = I_{ij} - \hat{I}_{ij},$$

где I_{ij} – исходное изображение.

Описание алгоритма извлечения. Для извлечения нужны стегоизображение и параметр встраивания. Алгоритм можно разделить на несколько последовательных шагов: восстановление ошибок предсказаний e_{ij} для каждого исходного пикселя по стегоизображению I'_{ij} извлечение информации, восстановление исходного изображения I_{ij} для дальнейшего предсказания пикселей по уже восстановленным пикселям. Общая формула восстановления исходных ошибок предсказания выглядит таким образом:

$$e_{ij} = \begin{cases} e''_{ij} - 1, & \text{если } e''_{ij} > S + 2; \\ e''_{ij} - 1, b_k = 1, & \text{если } e''_{ij} \in [S + 1; S + 2); \\ e''_{ij}, b_k = 0, & \text{если } e''_{ij} \in [S; S + 1); \\ e''_{ij}, & \text{если } e''_{ij} < S, \end{cases}$$

где e''_{ij} – матрица ошибок предсказаний стегоизображения, рассчитывается по формуле:

$$e''_{ij} = I'_{ij} - \hat{I}_{ij},$$

где \hat{I}_{ij} – предсказанное стегоизображение. Во время восстановления e_{ij} извлекаются биты b_k , которые содержат встроенную информацию. Восстановление исходного изображения описывается формулой

$$I_{ij} = \hat{I}_{ij} + e_{ij}.$$

В ходе работы был выявлен недостаток в виде дополнительной информации, которая определяет, какие именно пиксели не могли быть использованы для встраивания (со значением 255). Так как это создает дополнительные проблемы при передаче этой информации, то было принято решение на самом первом этапе работы алгоритма уменьшить на 1 все пиксели со значением 255.

Стегоанализ. В качестве инструмента для стегоанализа был выбран наивный байесовский классификатор как один из самых простых

и быстрых в процессе классификации алгоритмов, чтобы определить факт наличия стеговложения. Для работы классификатора были использованы 9 текстурных признаков на основе матрицы смежности [3]: энергия, энтропия, контраст, среднее значение по строкам и столбцам, дисперсия по строкам и столбцам, ковариация, корреляция.

Результаты работы. При максимальном встраивании были получены результаты классификации изображений, представленные в табл. 1, 2.

Таблица 1

Вероятность верной классификации при разных соотношениях выборки (при комбинации всех признаков) MED

Количество изображений	Процент обучающей/ тестовой выборки				
	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10
266	54,89	50,47	42,5	42,59	44,44
194	49,48	50	49,15	38,46	50

Таблица 2

Вероятность верной классификации при разных соотношениях выборки (при комбинации всех признаков) GAP

Количество изображений	Процент обучающей/ тестовой выборки				
	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10
266	52,27	43,40	52,50	39,62	44,44
194	52,13	51,32	47,37	55,26	42,11

При различной вариативности признаков были выведены следующие лучшие и худшие комбинации признаков (всего 511 комбинаций без учета комбинации всех признаков, обучение производилось на выборке 80%, 264 картинки):

1) для MED: среднее значение по строкам и столбцам (лучшая комбинация); только признак корреляция (худшая комбинация);

2) для GAP: только энергия (лучшая комбинация); среднее значение по строкам и столбцам и корреляция (худшая комбинация).

Анализ полученных результатов. Исходя из приведенных результатов, можно сделать вывод, что классификатор не может с большой достоверностью определить стеговложение. Следовательно, можно сказать, что либо классификатор был подобран неверно, либо были выявлены неверные признаки, либо алгоритмы встраивания достаточно надежны, что является предметом для дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коначович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. – М.: МК-Пресс, 2006. – 288 с.

2. Fallahpour M., Megias D., Ghanbari M. Subjectively adapted high capacity lossless image data hiding based on prediction errors // Multimedia Tools and Applications. – 2011. – Vol. 52 (2). – P. 513—527.

3. Мицель А.А., Колодникова Н.В., Протасов К.Т. Непараметрический алгоритм текстурного анализа аэрокосмических снимков // Изв. Том. политехн. ун-та. – 2005. – Т. 308, № 1. – С. 65–70.

РАЗРАБОТКА ПРАВИЛ НОРМАЛИЗАЦИИ И КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ MAXPATROL SIEM С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ДОМЕНЕ

М.Р. Миланкович, М.В. Малькова, Д.Ю. Селиванов, студенты

Научные руководители: А.И. Гуляев, ассистент;

А.А. Конев, доцент, к.т.н.; Д.С. Никифоров, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, gai@keva.tusur.ru

*Проект ГПО КИБЭВС-1711 «Методы и алгоритмы
для определения сетевых атак»*

Информационные ресурсы современных компаний постоянно подвергаются целенаправленным атакам, в результате чего компании терпят колоссальные убытки. Именно поэтому компания должна обладать средствами, позволяющими оперативно обнаруживать вторжения во внутреннюю сеть, выявлять угрозы безопасности, обнаруживать инциденты безопасности и оповещать о них в режиме реального времени [1]. При этом встает вопрос об автоматизации обработки больших объемов данных.

Данную проблему может решить MaxPatrol SIEM, являющийся базовым элементом универсальной платформы средств безопасности Positive Technologies, в основе которой лежит сбор и анализ информации обо всех активах и событиях защищаемой системы в режиме реального времени [2].

Целью данной работы является написание правил для выявления инцидентов безопасности при аутентификации пользователей в домене.

Работу MaxPatrol SIEM в упрощенном виде можно представить как (рис. 1):

1. Сбор журналов событий (логов) Агентом с компьютеров в сети.
2. Нормализация событий для приведения их к общему стандарту и подготовке к дальнейшей обработке.
3. Корреляция нормализованных событий – анализ взаимосвязей между различными событиями по заданным правилам и автоматическое создание инцидентов при срабатывании правил [3].
4. Работа с полученным инцидентом.

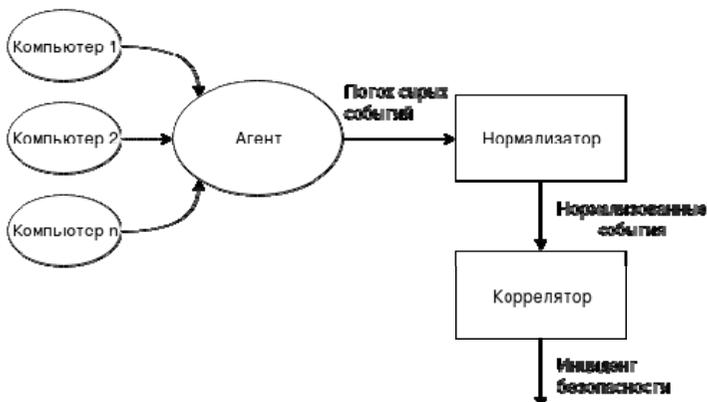


Рис. 1. Упрощенная схема выявления инцидента в MaxPatrol SIEM

Исходя из поставленной цели, из журнала событий необходимо выделять события аутентификации пользователя в домене. Особый интерес в таких событиях представляют поля, содержащие в своем составе следующую информацию:

- 1) код события;
- 2) имя компьютера в сети, с которого производилась аутентификация;
- 3) имя домена, в котором происходит аутентификация;
- 4) логин пользователя, с использованием которого производилась аутентификация;
- 5) время аутентификации;
- 6) IP-адрес, с которого производилась аутентификация.

Используя поля, описанные выше, было написано правило нормализации, в результате работы которого события аутентификации пользователя в домене приводятся к виду, пригодному для дальнейшей обработки (рис. 2).

Далее события проходят этап корреляции. Будем считать событие инцидентом, если пользователь в течение 8 часов после последней успешной аутентификации в домене аутентифицировался с использованием другого IP-адреса или другого сетевого имени компьютера. Такое правило корреляции создаст инцидент безопасности, на который должен среагировать администратор и принять соответствующие меры по его устранению.

В результате проделанной работы были написаны правила корреляции и нормализации, которые соответствуют поставленной цели. Работоспособность правил была проверена с использованием набора средств разработки MaxPatrol SIEM, предоставленного компанией

Positive Technologies. В дальнейшем полученные данные могут быть использованы в том числе при построении систем оценки рисков [4].

```
"subject": "account",
"id": "Microsoft_Windows_EventLog_4624_log_on",
"event_src.vendor": "microsoft",
"event_src.category": "AAA",
"object": "system",
"event_src.hostname": "WIN-20M0010H8FV.memi.local",
"src.ip": "192.168.1.108",
"event_src.subsys": "Security",
"event_src.title": "windows",
"category.high": "Authentication",
"src.host": "WIN-20M0010H8FV",
"src.hostname": "WIN-20M0010H8FV",
"action": "login",
"time": "2017-12-07T11:42:24Z",
"importance": "info",
"status": "success",
"subject.domain": "memi.local",
"logon_type": 3,
"subject.name": "layz",
"category.generic": "Access",
"msgid": "4624"
```

Рис. 2. Пример части нормализованного события

ЛИТЕРАТУРА

1. Novokhrestov A., Konev A. Mathematical model of threats to information systems // Prospects of Fundamental Sciences Development, PFSD-2016. AIP Conf. Proc. 1772. – P. 060015-1–060015-4.
2. С-Терра и Positive Technologies: безопасность под контролем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/about/news/43745/> (дата обращения: 01.03.2018).
3. Обзор MaxPatrol SIEM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.anti-malware.ru/reviews/MaxPatrol_SIEM#part4 (дата обращения: 01.03.2018).
4. Прищеп С.В., Тимченко С.В., Шелупанов А.А. Подходы и критерии оценки рисков информационной безопасности // Безопасность информационных технологий. – 2007. – № 4. – С. 15–21.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УГРОЗ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ

Т.Е. Минеева, студентка каф. БИС;

Д.С. Никифоров, аспирант каф. КИБЭВС

*Научный руководитель А.А. Конев, к.т.н., доцент каф. КИБЭВС
г. Томск, ТУСУР, tatianamineeva7@gmail.com*

Построение модели системы защиты информации (СЗИ) является очень важным вопросом, так как на сегодняшний день отсутствует

универсальный метод для построения модели, который бы позволял решать задачи моделирования с соблюдением всех требований, необходимых для защиты информации от угроз конфиденциальности. На этапе проектирования СЗИ в коммерческих или государственных организациях обычно возникает вопрос об ее эффективности [1].

Построение модели СЗИ основано на классификации механизмов защиты в зависимости от типа угрозы конфиденциальности и вида потока информации [2]. Типовые угрозы были рассмотрены на основе информационного потока, при помощи которого можно определить тип передачи информации из одного состояния в другое по каналу передачи данных [3] (рис. 1).

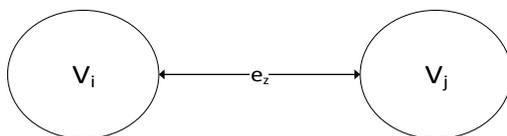


Рис. 1. Элементарный информационный поток

Были выделены следующие типовые угрозы, направленные на обрабатываемую информацию [4]:

- получение защищаемой информации несанкционированным элементом V_I (I тип);
- получение защищаемой информации несанкционированным элементом V_J (II тип);
- подмена канала e_z на несанкционированный (III тип);
- получение информации несанкционированным лицом из-за пределов санкционированной зоны (IV тип).

Перечисленные типовые угрозы конфиденциальности рассматривались для каждого типа информационного потока и в определенной среде передачи информации [5].

Были рассмотрены следующие виды информационных потоков:

- человек – процесс (Ч–П);
- человек – человек (Ч–Ч);
- процесс – процесс (П–П);
- человек – устройство хранения (Ч–Ух);
- носитель цифровой информации – процесс (НЦИ–П);
- человек – цифровой сигнал (Ч–ЦС);
- носитель аналоговой информации – человек (НАИ–Ч);
- носитель цифровой информации – человек (НЦИ–Ч).

Виды информационных потоков зависят от носителей информации, между которыми передается информация [6].

Были выделены следующие типы механизмов защиты:

- идентификация и аутентификация (ИА);
- управление доступом (УД);
- очистка памяти (ОП);
- регистрация событий (РС);
- шифрование (ШИ).

Для построения модели СЗИ выбрана теория графа, а именно неориентированный граф, т.к. данная модель наглядно отражает соответствие угроз конфиденциальности информации каждому информационному потоку с механизмами защиты, перекрывающими их по каждому из типов угроз в определённой среде передачи данных (рис. 2).

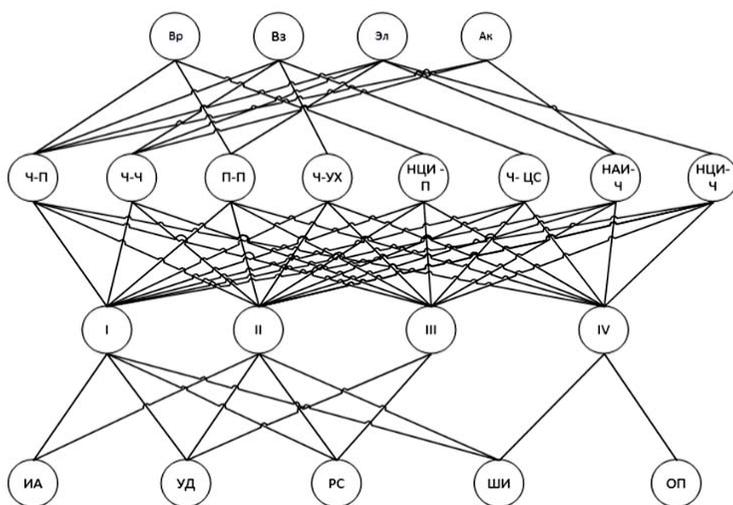


Рис. 2. Модель СЗИ

На верхнем уровне графа отображены каналы передачи данных, ниже – виды информационных потоков, которые реализуются в каждой из приведенных сред передачи данных. Затем отображается тип угрозы конфиденциальности информации, существующий для определенного информационного потока, и тип механизма защиты, который перекрывает определенный тип угрозы, т.к. модель системы защиты информации должна обладать полнотой угроз и механизмов защиты для каждой из рассматриваемых сред передачи информации.

Следовательно, можно отметить полное соответствие угроз конфиденциальности информации каждому информационному потоку с механизмами защиты, перекрывающими их по каждому из типов уг-

роз в отдельности в рамках виртуальной, акустической, электромагнитной и визуальной сред передачи информации [7, 8].

Разработанная модель системы защиты информации имеет преимущество по сравнению с существующими моделями. В данной модели рассмотрены типы угроз конфиденциальности информации для различных потоков передачи информации в виртуальной, электромагнитной, визуальной и акустической средах передачи информации, а также приведены механизмы защиты, перекрывающие рассмотренные типы угроз, что и должна содержать в себе система защиты информации в целом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания ТУСУР на 2017–2019 гг. (проект № 2.8172.2017/8.9).

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В.А., Карпов А.В. Имитационная модель системы защиты информации // Программные продукты и системы. – 2005. – №2.
2. Конев А.А., Давыдова Е.М. Подход к описанию структуры системы защиты информации // Доклады ТУСУРа. – 2013. – № 2 (28). – С. 107–111.
3. Герасименко В.А., Малюк А.А. Основы защиты информации. – М.: Мос. гос. инж.-физ. ин-т (техн. ун-т), 1997.
4. Новохрестов А.К., Конев А.А., Шелупанов А.А., Егошин Н.С. Модель угроз безопасности информации и ее носителей // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21, № 12. – С. 93–104.
5. Руководящий документ. Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации. – Введ. 1992-30-03. – М.: Государственная техническая комиссия, 1992.
6. Ворона В.А., Костенко В.О. Способы и средства защиты информации по техническим каналам // Computational nanotechnology. – 2016. – №3. – С. 208–223.
7. Руководящий документ. Средства вычислительной техники. Межсетевые экраны. Защита от несанкционированного доступа. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации. – Введ. 1997-25-07. – М.: Государственная техническая комиссия, 1997.
8. Лопарев С.А., Шелупанов А.А. Анализ инструментальных средств оценки рисков утечки информации в компьютерной сети предприятия // Вопросы защиты информации. – 2003. – № 4. – С. 2–5.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВСТРАИВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ЧАСТОТНУЮ ОБЛАСТЬ ДИСКРЕТНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

М.И. Мирзоева, студентка, каф. КИБЭВС

Научный руководитель О.О. Евсютин, доцент каф. БИС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, m.mirzoeva96@mail.ru

«Проект ГПО БИС-1701 «Методы цифровой стеганографии»

Существуют различные стеганографические методы сокрытия данных в цифровых изображениях, работающие как в пространственной области, так и в частотной. При встраивании в пространственную область происходит изменение самих пикселей изображения, такой способ является нестойким к большинству из известных видов искажений. Встраивание же в частотную область позволяет наилучшим образом выбирать элементы данных, которые можно использовать для незаметной записи дополнительной информации, такой способ сокрытия данных является наиболее стойким [1].

Целью данного исследования является выявление операций встраивания информации в частотную область различных дискретных ортогональных преобразований, которые позволят обеспечить высокую эффективность встраивания, в том числе возможность извлечения встроенной информации с минимальными потерями.

Для достижения поставленной цели было проведено исследование эффективности встраивания информации с помощью операций, лежащих в основе методов PM1, LSB, QIM1, QIM2, а также разностное встраивание на основе метода QIM2 в частотную область следующих преобразований:

- дискретное косинусное преобразование;
- преобразование Уолша–Адамара;
- дискретное псевдокосинусное преобразование [2].

Для того чтобы определить, какая частотная область наиболее эффективна для сокрытия данных, было проанализировано влияние выбора частотных областей на показатели качества встраивания. Частотные области формировались из пар соседних частотных коэффициентов. При этом в каждом эксперименте изображение разбивалось на блоки 8×8 пикселей. Для проведения экспериментов использовались стандартные изображения размером 512×512 такие, как Lena, Baboon, Tiffany и т.д.

Полученные результаты экспериментов с сокрытием и извлечением данных приведены на рис. 1 в виде графиков, показывающих влияние выбора частотной области на количество ошибок при извлечении данных (в процентном соотношении).

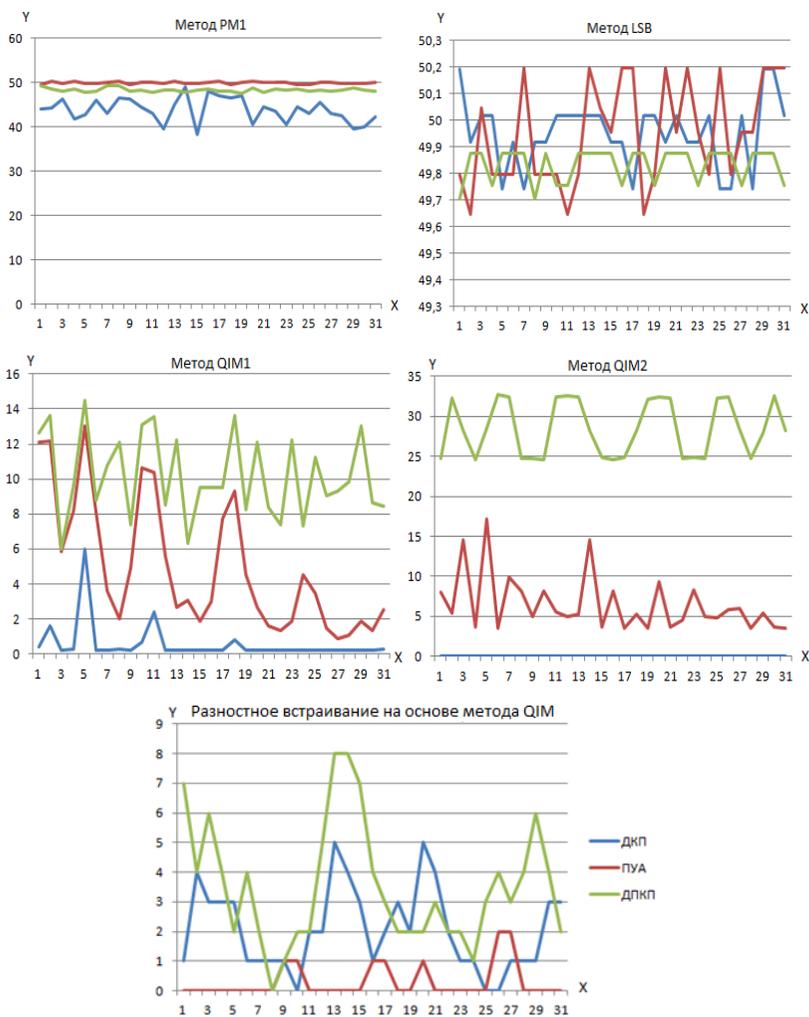


Рис. 1. Зависимость влияния выбора частотных областей и преобразования на количество ошибок при использовании методов встраивания PM1, LSB, QIM1, QIM2 и разностного встраивания на основе метода QIM2

Соккрытие данных с использованием метода QIM2 и метода, основанного на соотношении шума битами в частотную область преобразования Уолша–Адамара, обеспечивает минимальное количество ошибок. Из графиков видно, что при соккрытии в некоторые двухэлементные частотные области количество ошибок возрастает, это озна-

чает, что встраивание в эти участки приводит к высокому шуму и сильным искажениям.

Для оценки качества получаемых стегоизображений при использовании методов, обеспечивающих количество ошибок, близкое к нулю, были вычислены характеристики PSNR – для измерения уровня искажения и блочность ROB – для выявления артефактов в изображении [3].

Полученные значения PSNR показывают схожесть стегоизображения с контейнером (чем выше PSNR, тем лучше совпадение), полученные значения блочности говорят о том, что уровень распада стегоизображения на квадраты – низкий, следовательно, встраивание не заметно для человеческого глаза.

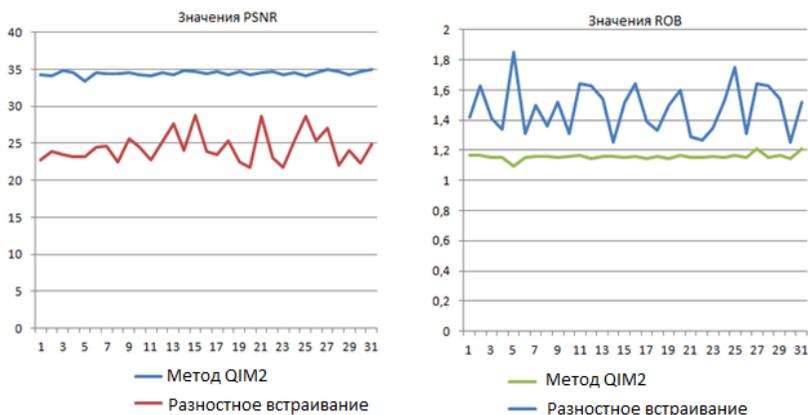


Рис. 2. Зависимость влияния выбора частотных областей и преобразования на качество изображения

Таким образом, было выявлено, что операция, лежащая в основе метода QIM, а также разностное встраивание на основе метода QIM в частотную область преобразования Уолша–Адамара позволяют обеспечить высокую эффективность встраивания, в том числе возможность извлечения встроенной информации с минимальными потерями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1071 с.
2. Умняшкин С.В., Курина В.В. Алгоритм сжатия изображений на основе дискретного псевдокосинусного преобразования // Цифровая обработка сигналов. – 2009. – №3. – С. 1–2.
3. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – М.: Солон-Пресс, 2002. – 272 с.

МОДЕЛЬ УГРОЗ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

С.И. Штыренко, студент; Н.С. Егошин, аспирант

*Научный руководитель А.А. Конев, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. БИС и КИБЭВС, 743_ssi@keva.tusur.ru*

Существующие модели информационной безопасности имеют ряд недостатков при встраивании в современную систему документооборота [8].

Для построения модели угроз целостности информации использовалась система документооборота [1].

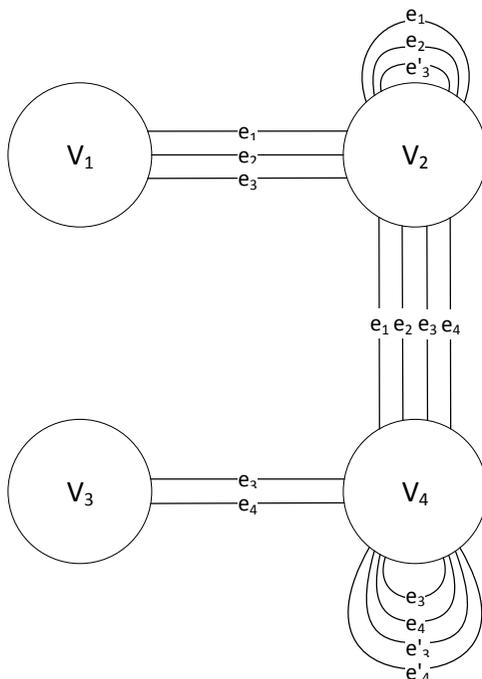


Рис. 1. Модель документооборота

В данной модели документооборота (рис. 1) действия, направленные на информацию и ее носители, могут происходить в разных средах, таких как:

- видовая – среда, где существует угроза визуального получения информации;
- физическая – среда, где существует угроза получения доступа непосредственно к самому носителю информации;

– акустическая/виброакустическая – среда, где существует угроза утечки речевой информации;

– среда сигналов – среда, где существует угроза получения информации через побочные электромагнитные излучения носителей и средств ее передачи;

– виртуальная – среда, где существует угроза получения информации непосредственно из оперативной памяти.

Элементы системы [2]:

– Носители информации: V_1 – объект, хранящий аналоговую информацию, в том числе печатные документы; V_2 – человек; V_3 – объект, хранящий цифровую информацию; V_4 – процесс.

– Каналы передачи информации: e_1 – в визуальной среде; e_2 – в акустической среде; e_3 – в электромагнитной среде; e_4 – в виртуальной среде.

– Каналы удаленной передачи информации: e_3' – в электромагнитной среде; e_4' – в виртуальной среде.

На данной модели документооборота было построено множество документопотоков $\mathbf{G} = \{\mathbf{V}, \mathbf{e}\}$, где $\mathbf{V} = \{V_1, V_2, V_3, V_4\}$ – это множество состояний, а $\mathbf{e} = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$ – множество каналов передачи информации. Под документопотоком понимается поток документов между пунктами обработки и создания информации и пунктами технической обработки документов.

Исходя из данной модели документооборота, была построена модель угроз целостности информации:

$\mathbf{G} = \{G_1, G_2, G_3, \dots, G_n\}$ – множество документопотоков;

$G_i = \{V_i, e_i, V_k\}$ – документопоток;

$V_{i,k} = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_n\}$ – множество носителей информации, $V \in \{0,1\}$;

$e = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$ – множество каналов передачи информации (все рассматриваемые каналы передачи информации санкционированные);

$\mathbf{C} = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$ – множество угроз.

Далее были выделены типовые угрозы целостности информации, например: C_1 – подмена источника V_i^* (передача несанкционированной информации элементу V_j) [7], рис. 2.

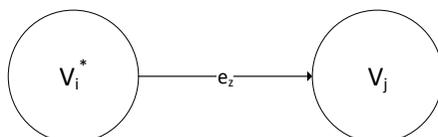


Рис. 2. Вид документопотока при подмене источника V_i^*

По выделенным типовым угрозам были построены списки типовых угроз документопотоков (табл. 1). Приведен пример для документопотока «Человек – аналоговый носитель информации», где $G = \{V_1, e_1, V_2\}$, V_1 – человек, V_2 – аналоговый носитель информации, e_1 – визуальная среда.

Также было проведено сравнение разработанной модели угроз (M5) с существующими моделями угроз:

1. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (ФСТЭК) (M1) [3].

2. Отраслевая частная модель угроз при их обработке в информационных системах персональных данных банковской системы Российской Федерации (M2) [4].

3. Модель угроз информационной безопасности комплексной автоматизированной интеллектуальной системы «Безопасный город» (M3) [5].

Таблица 1

Списки типовых угроз документопотоков

Объект угрозы	Описание угрозы	Примеры угроз
Элемент	1. Передача н/с видовой информации человеку. 2. Запись н/с видовой информации на аналоговый носитель	1. Дезинформация сотрудника, работающего с видеоносителем (в т.ч. бумажным носителем). 2. Создание н/с копий видеоносителей (в т.ч. бумажного носителя)
Канал	1. Воздействие н/с способом на видовую информацию. 2. Воздействие на информацию при ее передаче по визуальному каналу	1. Уничтожение/порча носителя – «заштриховка» для бумажного носителя. 2. Некорректная работа устройств ввода/вывода аналоговой аппаратуры (дисплея)

Далее расскажем о каждой из них подробнее:

4. SDL методология моделирования угроз информационных систем (M4) [6].

В результате чего была получена сравнительная таблица данных моделей (табл. 2), по следующим характеристикам: объект доступа, субъект доступа, канал доступа (связи), перечень угроз.

По результатам сравнения «Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (ФСТЭК)», далее – базовая модель, получила результат, идентичный разработанной модели, но преимущество разработанной модели заключается в том, что перечень угроз в ней про-

работан более подробно, сформировано большое количество примеров угроз, нежели чем в базовой модели, где описаны лишь типовые угрозы.

Таблица 2

Сравнительные характеристики моделей

	K1	K2	K3	K4
M1	+	+	+	+
M2	+	+	+	–
M3	–	–	–	–
M4	+	+	–	+
M5	+	+	+	+

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелупанов А.А. Актуальные направления развития методов и средств защиты информации / А.А. Шелупанов, О.О. Евсютин, А.А. Конев и др. // Доклады ТУСУРа. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 11–24.

2. Novokhrestov A., Konev A. Mathematical model of threats to information systems // Prospects of Fundamental Sciences Development, PFSD-2016. AIP Conf. Proc. 1772. 060015-1 – 060015-4.

3. Нормативно-методический документ ФСТЭК России «Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» [Электронный ресурс]. – URL: <https://fstec.ru/component/attachments/download/289/> (дата обращения: 20.10.2017).

4. РС БР ИББС-2.4-2010. Рекомендации в области стандартизации Банка России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.cbr.ru/credit/Gubzi_docs/rs-24-xx.pdf (дата обращения: 15.10.2017).

5. Дунин В.С. Модель угроз информационной безопасности комплексной автоматизированной интеллектуальной системы «Безопасный город» [Электронный ресурс] // Вестник Воронежского института МВД России. – 2011. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/model-ugroz-informatsionnoy-bezopasnosti-kompleksnoy-avtomatizirovannoy-intellektualnoy-sistemy-bezopasnyy-gorod> (дата обращения: 19.10.17).

6. Threat Modeling with STRIDE Slides adapted from Threat Modeling: Designing for Security (Wiley, 2014) by Adam Shostack [Электронный ресурс]. – URL: <https://news.asis.io/sites/default/files/Threat%20Modeling.pdf> (дата обращения: 10.10.2017).

7. Банк данных угроз безопасности информации (ФСТЭК) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fstec.ru/threat/> (дата обращения: 25.10.17).

8. Миронова В.Г., Шелупанов А.А., Югов Н.Т. Реализация модели take-grant как представление систем разграничения прав доступа в помещениях // Доклады ТУСУРа. – 2011. – Т. 2, № 3. – С. 206–210.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ

И.А. Сухатский, студент каф. КЗИ

г. Омск, ОмГТУ, ivan.sukhatsky55@mail.ru

Научный руководитель О.Т. Данилова, доцент каф. КЗИ, к.ф.-м.н.

г. Омск, ОмГТУ, olga.danlot@yandex.ru

Система физической защиты является наиболее эффективным способом противостояния угрозам терроризма, шпионажа и различным родам преступлений. Но для того чтобы система защиты качественно выполняла своих функции и задачи, она должна отвечать ряду требований. Поэтому при проектировании систем физической защиты необходимо учитывать требования, предъявляемые к системам безопасности, а также использовать методы их оптимального размещения на объекте информатизации [1]. Таким образом, актуальность проведения исследований заключается в необходимости правильного выбора технических средств физической защиты и их оптимального расположения при решении задачи проектирования систем физической защиты объектов информатизации.

На этапе принятия решений по выбору оптимального размещения элементов системы физической защиты на объекте информатизации необходимо использовать анализ пространственной схемы зон доступа на объекте.

Таким образом, входными данными для этой задачи должны быть сведения о количестве точек доступа на объекте. На основе этого формируется общая вложенная зона доступа, где для каждой точки доступа определен свой набор технических средств, осуществляющих процедуру контроля и управления доступом [2]. Для каждой точки доступа необходимо задать категорию.

Для описания пространственного размещения элементов СФЗ на территории объекта информатизации применяется модель, которая описывает структурную схему объекта в виде графа, где вершины данного графа представляют контролируемые зоны объекта, а ребра – рубежи.

Элементы охраняемого объекта и связи между ними, определяющие возможность перехода из одного элемента в другой или проникновения извне (окон, дверей, переходов и т.д.), выявляются по плану его пространственного размещения. Они могут быть представлены в виде графа (рис. 1), вершинами которого являются модули защиты и защищаемые объекты, а связи – возможные пути проникновения нарушителя.

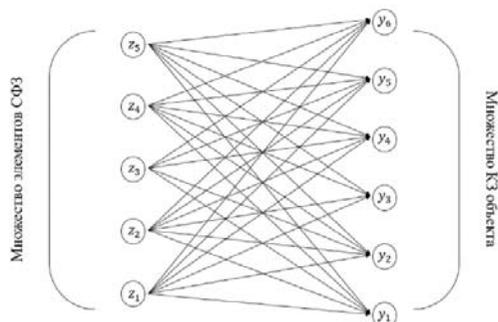


Рис. 1. Представление паросочетаний множества элементов и зон объекта

Матрица парных сравнений оценки вероятности реализации угроз строится на базе модели экспертных значений. Для определения оценки задается шкала интенсивности. Коэффициенты определяются вычислением вектора приоритетов по матрице парных сравнений суммированием элементов каждой строки матрицы и делением каждой суммы на сумму всех элементов [3]. Первый элемент результирующего вектора будет приоритетом первого объекта, второй – второго и т.д.

Определим оценки вероятности реализации i -й угрозы по отношению к y_j зоне объекта – коэффициенты соответствия.

Затем находятся оценки вероятности предотвращения угроз средствами системы физической защиты и оценки значимости угроз и составляется матрица паросочетаний каждого множества:

$$r_{ki} = (r_1; r_2; r_3; r_4; r_5), \quad (1)$$

где k – номер элемента системы защиты; i – номер угрозы; j – номер зоны объекта.

Определяем оценки вероятности работоспособности множества элементов системы физической защиты:

$$m_{ki} = (m_1; m_2; m_3; m_4; m_5). \quad (2)$$

Оценки стоимости элементов системы физической защиты: $t_1 = 0,1635$, $t_2 = 0,2136$, $t_3 = 0,1630$, $t_4 = 0,1664$, $t_5 = 0,2935$.

Далее, используя полученные значения элементов соответствий p_{ij} и q_{ki} , рассчитывается оценка вероятности наступления каждого из множеств угроз по отношению к множествам контролируемых зон объекта с учетом оценок значимости угроз:

$$G_{ij} = p_{ij} \cdot r_i, \quad (3)$$

где p_{ij} – номер угрозы, r_i – оценка значений угроз.

На следующем шаге определяется оценка вероятности предотвращения множества элементов СФЗ по отношению к множеству угроз с учетом оценок эффективности элементов средств физической защиты:

$$H_{ki} = \frac{q_{ki}}{m_{ki} \cdot \frac{1}{t_i}}, \quad (4)$$

где t_i – стоимость элементов защиты; q_{ki} – оценка предотвращения угроз средствами СФЗ; m_{ki} – оценка стоимости элементов защиты.

После этого проводится расчет паросочетаний соответствий множеств, т.е. произведение матриц коэффициентов p_{ij} соответствия множества угроз X_i множеству зон объекта Y_i и коэффициентов q_{ki} соответствия множества средств физической защиты Z_i множеству угроз X_i .

Значения элементов множеств были получены и приведены выше. Следовательно, необходимо рассчитать веса каждого элемента соответствий в матрице паросочетаний. Определение элементов каждого из множеств основывается на методе анализа иерархий Т. Саати [4].

Таким образом, в результате анализа значений оптимальных паросочетаний можно определить набор элементов СФЗ. Анализируя полученные коэффициенты паросочетаний можно сделать вывод об оптимальном расположении средств СФЗ, которые должны быть установлены в каждой контролируемой зоне объекта защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарсиа М.Л. Проектирование и оценка систем физической защиты. – М.: Мир, 2003.
2. Гайнулин Т.Р. Моделирование процесса выбора состава технических средств системы физической защиты: дис. ... канд. техн. наук. – Брянск, 2008. – 162 с.
3. Боровский А.С., Тарасов А.Д. Использование методов нечеткой логики в задачах моделирования процессов при проектировании систем физической защиты распределенных объектов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 3. – С. 63–71.
4. Саати Т.Л. Взаимодействие в иерархических системах // Техническая кибернетика. – 1979. – №1. – С. 68–84.

ПОДСЕКЦИЯ 4.2

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И СРЕДСТВА ИХ ЗАЩИТЫ

Председатель – Голиков А.М., доцент каф. РТС, к.т.н.;
зам. председателя – Бернгардт А.С., доцент каф. РТС, к.т.н.

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ РАЗНОСТНО-ДОПЛЕРОВСКИМ МЕТОДОМ FDOA И РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНЫМ МЕТОДОМ TDOA С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-СЖАТИЯ

А.Ф. Богданов, В. Генрих, студенты;

А.М. Голиков, доцент каф. РТС, к.т.н., с.н.с.

Научный руководитель А.М. Голиков, доцент каф. РТС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС и РЗИ, rts2_golikov@mail.ru

*Проект ГПО РТС-1507 «Разработка эффективных методов
вейвлет-фрактальных преобразований в многопозиционных
спутниковых системах»*

Определение местоположения радиопередатчиков, влияющих на спутники связи на геостационарной орбите (ГСО), является сложной задачей, которая, как правило, решается на основе комплексного измерения разности времени прихода сигналов (TDOA) и сдвига частот прихода сигналов (FDOA) (рис. 1). Оба вида этих измерений требуют, чтобы передачи контролировались вторым спутником на ГСО, который находится в зоне луча передатчика. Спутник на ГСО, передающий неизвестный сигнал, как правило, называется первичным спутником, а вышеупомянутый второй спутник на ГСО – соседним спутником. Измерение TDOA выдает разницу во времени прихода одного и того же сигнала на один наземный приемник через первичный спутник и на другой наземный приемник через соседний спутник. Измерение FDOA выдает разницу по частоте, измеряемую между сигналом, который прибыл по отдельности на два приемника [1].

FDOA – это один из эффективных методов определения местоположения передатчика в движении. Иногда быстрое разделение сигнала

лов от разных антенн приемной антенной решетки радиоконтроля характеризуется такой же эффективностью, что и относительное движение передатчика и станции радиоконтроля. Это относительное движение дает разные доплеровские сдвиги, которые могут использоваться для расчета местоположения передатчика, если известны векторные скорости.

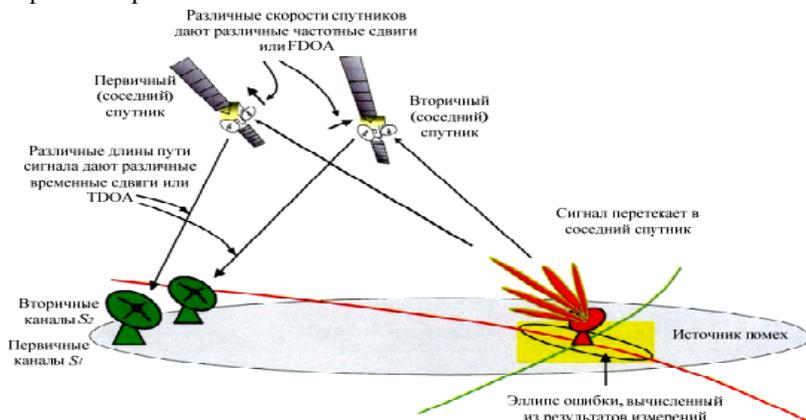


Рис. 1. Географическое определение местоположения передатчиков на Земле с помощью TDOA и FDOA от двух спутников ГСО

Используя графические методы, можно определить частоту спутника, момент наибольшего сближения TCA и максимальную скорость изменения частоты MRCF (рис. 2).

Недостатком метода FDOA является необходимость движения приемника или передатчика, причем с определенной скоростью. Данная технология используется совместно с технологией TDOA для повышения точности определения местоположения источников радиозлучения.

Модифицированный метод позволяет повысить степень точности. При простом дифференцировании кривой частоты Доплера по времени получается парабола, вершина которой указывает момент наибольшего сближения, а также частоту источника излучения на спутнике.

Совместное использование технологий TDOA и FDOA требует эффективного сжатия данных, что особенно важно для беспроводной связи. Так как широко используемая мера искажения MSE слабо связана с оптимальной оценкой TDOA/FDOA, было предложено использовать новый класс мер искажения MSE с использованием информационной концепции Фишера. Эти меры искажения используются для

сжатия данных с использованием вейвлет-преобразования, что дает большую точность оценки TDOA/FDOA относительно использования сжатия на основе MSE [1].

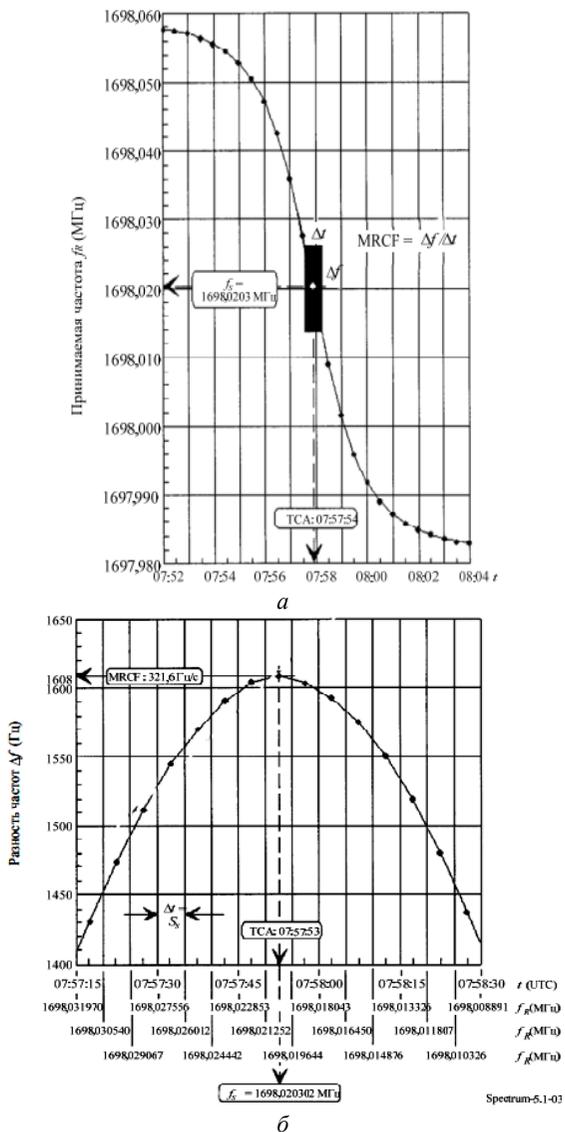


Рис. 2. Изменение частоты со временем (кривая Доплера) – a ;
дифференцированная кривая Доплера – b

Информационная матрица Фишера (FIM) определяет количество информации, которая предоставляет набор данных о параметрах, которые будут оцениваться. Пусть $\mathbf{x} = \mathbf{s}(\theta) + \mathbf{w}$ обозначает вещественный случайный вектор, состоящий из детерминированного вектора сигналов $s(\theta)$, параметризованного вектором θ размера 2×1 , и вектора белого шума \mathbf{w} с дисперсией σ^2 . FIM для данного вектора θ является матрицей $\mathbf{J}(\theta)$ размерности 2×2 и определяется формулой (1):

$$J_{i,j} = \frac{1}{\sigma^2} \left(\frac{ds(\theta)}{d\theta_i} \right)^T \left(\frac{ds(\theta)}{d\theta_j} \right). \quad (1)$$

FIM представляет собой информационный эллипс – чем больше, тем лучше – с полуосями вдоль своих векторов и длинами, равными квадратному корню из собственных значений.

Совместное использование методов TDOA/FDOA определяется формулой (2)

$$\tilde{J}(a) = a \sum_{j=1}^M \frac{f_j^2 \sum_{i \in \{j \text{ blok}\}} |c_i|^2}{\sigma_1^2 + q_j^2} + (1-a) \sum_{j=1}^M \frac{t_j^2 \sum_{i \in \{j \text{ blok}\}} |c_i|^2}{\sigma_1^2 + q_j^2}, \quad (2)$$

где q_j – дисперсия шума квантования в j -м блоке; f_j и t_j – центральные моменты частоты и времени соответственно j -го блока.

На рис. 3 показан присущий компромисс, который контролируется выбором a , значение которого определяет, поддерживает ли алгоритм точность TDOA, точность FDOA или уравнивает их для достижения ближайшего в случае отсутствия сжатия. Рисунок 4 иллюстрирует, как изменение степени сжатия влияет на точность TDOA и FDOA при нескольких сценариях. Достигнутая цель иллюстрирует эффективность при сбалансированном воздействии на TDOA и FDOA.

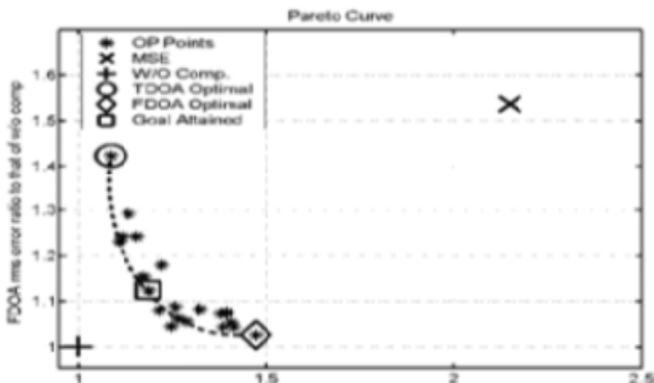


Рис. 3. Выбор между точностью TDOA и FDOA

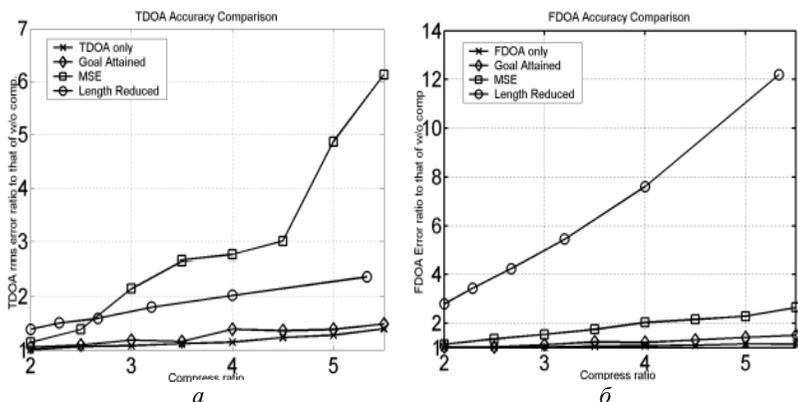


Рис. 4. Зависимость точности от сжатия для TDOA (а) и для FDOA (б)

Установлено, что совместное использование технологий TDOA и FDOA позволяет в некоторой степени минимизировать недостатки друг друга, что активно практикуется при определении местоположения передатчика спутниками на геостационарной орбите.

Применение вейвлет-сжатия по алгоритму Фаулера позволяет повысить точность методов TDOA и FDOA, причем для метода TDOA значения точности меньше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миронов М.В. Определение координат источников радиоизлучения разностно-дальномерным методом с использованием группировки низкоорбитальных малых космических аппаратов / М.В. Миронов, Е.П. Ворошилин, В.А. Громов // Доклады ТУСУРа. – 2010. – № 1(21), ч. 2. – С. 23–28.

СИСТЕМА СВЯЗИ ДЛЯ СЕТИ НАНОСПУТНИКОВ CUBESAT 3U НА БАЗЕ СТАНДАРТА IEEE 802.16M С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ПЛИС

А.О. Эрлих, студент

*Научный руководитель А.М. Голиков, доцент каф. РТС, к.т.н., с.н.с.
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, rts2_golikov@mail.ru*

CubeSat – формат малых искусственных спутников Земли для исследования космоса, имеющих малый вес и размеры. Наноспутники имеют массу от 1 до 10 кг.

Система межспутниковой связи для «роя» CubeSat построена на базе стандарта IEEE 802.16m (Mesh-сети). Стандарт IEEE 802.16m обеспечивает передачу данных со скоростью от 150 до 600 Мбит/с, на частотах от 1,5 до 11 ГГц, на расстояние 200–350 км.

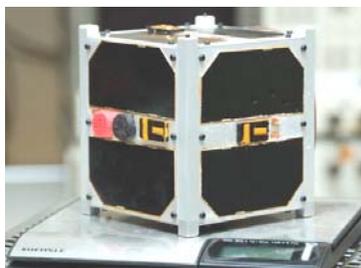


Рис. 1. CubeSat 1U

Для реализации CubeSat на WiMAX 2 нужно учитывать размеры передатчика и наноспутника. Спутник имеет размеры $10 \times 10 \times 30$ (3U) и массу до 6 кг. Условие открытого космоса, то есть перепады температуры $(-50+50 \text{ }^\circ\text{C})$ и условие излучения.

Использование ПЛИС для спутников представляет интерес, поскольку с их применением можно реализовывать сложные схемы обработки данных. Спутник построен на основе множества программируемых интегральных схем, каждая из которых отвечает за ряд своих задач: процессорная плата, навигационная плата, плата радиолинии, плата питания, плата управления полезной нагрузкой (например, фотокамера) и плата для взаимодействий всех плат друг с другом, что можно увидеть на рис. 2.



Рис. 2. Компоновка CubeSat 1U

Платы обеспечивают работу электроники, обработку данных с различных датчиков, хранение и передачу данных с их привязкой к системе координат и времени. Основу каждого модуля составляет микроконтроллер с установленной операционной системой, взаимодействие между модулями осуществляется по интерфейсу CAN [1].

Структурная схема модема для реализации на ПЛИС представлена на рис. 3, на котором приемная и передающая часть рассматривается отдельно.

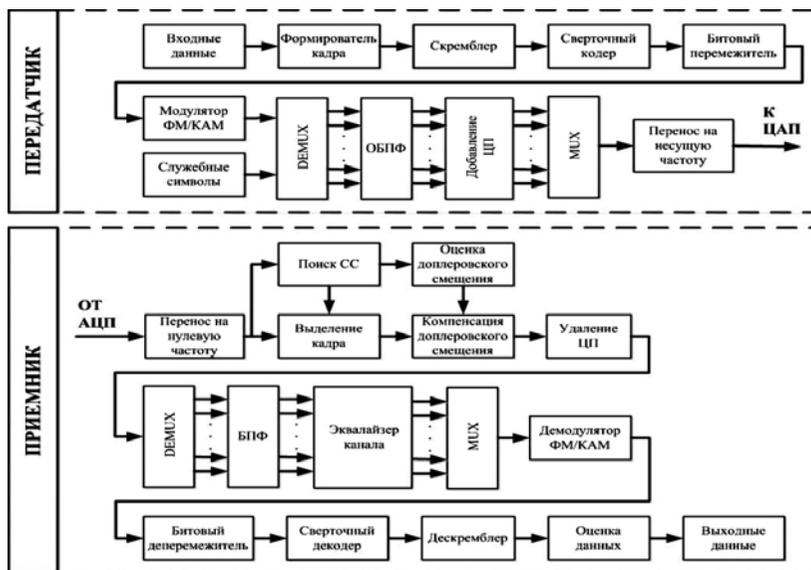


Рис. 3. Структурная схема модема для реализации на ПЛИС

В передатчике входные данные в виде непрерывного битового потока поступают в формирователь кадра, где к каждому кадру добавляется служебная информация, в том числе циклически избыточный код (CRC) для последующего контроля целостности принятых данных. После чего кадр передается в блок скремблера, предназначенный для обеспечения защиты информации от несанкционированного доступа. Далее информация поступает в блок сверточного кодирования с изменяемой скоростью кода в зависимости от помеховой обстановки. Битовый перемежитель переставляет биты по псевдослучайному закону для борьбы с пакетированием ошибок при импульсных помехах и замираниях в канале связи. В блоке модулятора ФМ/КАМ формируются символы квадратурной фазовой манипуляции (QPSK) или 16-позиционной квадратурной амплитудной манипуляции

(QAM-16). Информационные символы дополняются пилотными и нулевыми символами для последующей оценки канала и расчета доплеровского смещения на приемной стороне. В блоке ОБПФ производится обратное БПФ для переноса сигнала во временную область. Конец символа OFDM записывается в его начало для создания защитного циклического префикса (ЦП). Далее производится мультиплексирование данных и перенос на несущую частоту. Сформированные данные передаются на последовательно включенные цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), усилитель мощности и антенну (на рисунке не отображены) [2].

Предложенная в работе система связи для CubeSat позволит создать Mesh-сеть для «роя» наноспутников как между спутниками на расстоянии 200 км, так и связи наноспутников с Землей на удалении от Земли до 350 км обеспечит передачу данных со скоростью от 150 до 600 Мбит/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макриденко Л.А., Волков С.Н., Ходненко В.П. Концептуальные вопросы создания и применения малых космических аппаратов // Вопросы электромеханики: Труды ВНИИЭМ. – 2010. – Т. 114. – С. 15– 26 [Электронный ресурс]. – Режим доступа к сайту: <http://jurnal.vniiem.ru/>
2. Фатеев В.Ф. Малые космические аппараты информационного обеспечения // Перспективные сети передачи данных. – М.: Радиотехника, 2010. – 191 с.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ SYSTEMVIEW

А.Э. Горбунова, Е.А. Кулемина, студентки

Научный руководитель А.М. Голиков, доцент каф. РТС, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, rts2_golikov@mail.ru

Проект ГПО РТС-1601 «Разработка перспективных методов построения спутниковых систем связи»

Многие системы спутниковой связи проектируют и тестируют в различных системах автоматизированного проектирования (САПР). Это позволяет моделировать и анализировать работу аппаратуры и процессов, происходящих в реальной модели. К числу таких САПР относится система SystemView, в которой спроектирована настоящая защищенная система спутниковой связи.

Выбор режима работы бортового усилителя мощности (БУМ) проводился путём моделирования на полномасштабной модели нисходящей линии связи, в состав которой включены передатчик и антенная

система, трасса с учётом типовых значений затухания сигнала, антенна наземной станции, маломощный усилитель приёмного устройства, полосовой фильтр и демодулятор сигнала с квадратурной ФМ2 [1]. Моделирование проводилось в среде SystemVue 2012, предназначенной для системотехнического моделирования устройств формирования и обработки сигналов.

Рассмотрена модель формирования группового сигнала, распределённого между восьмью частотными каналами, каждый из которых содержит парциальный сигнал с квадратурной модуляцией (рис. 1).

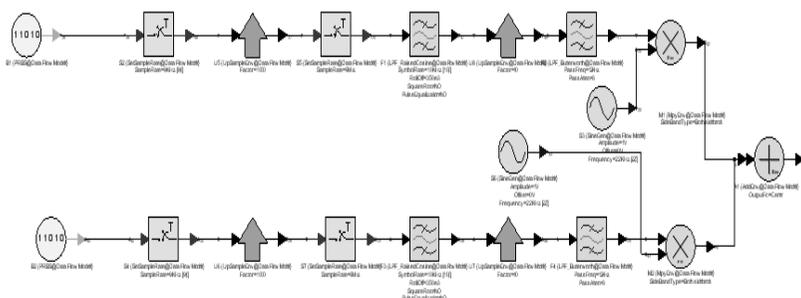


Рис. 1. Модель источника одного канала

Модель приёмного устройства (рис. 2) включает маломощный усилитель, полосовой фильтр, полоса которого больше ширины спектра группового сигнала, полосовой фильтр одного парциального канала и демодулятор квадратурного сигнала этого канала. В модели смитированы системы фазовой автоподстройки частоты и система тактовой синхронизации, необходимые для нормального функционирования демодулятора [1].

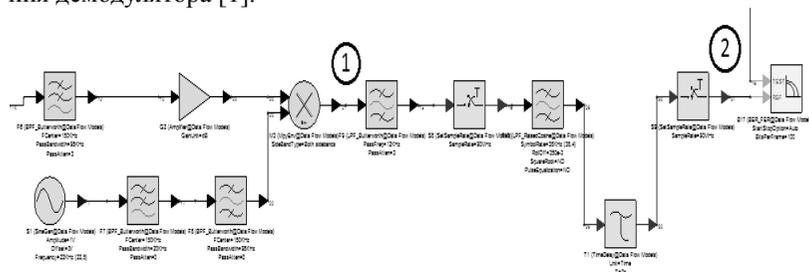


Рис. 2. Модель приёмного устройства

Сигнально-кодовая конструкция состоит из сверточного кодера и модулятора ФМ-4, в приемнике применен декодер Витерби.

С помощью ПО LabVIEW 2012 было разработано и протестировано приложение для исследования модуляции ФМ-4, которое имеет структуру, показанную на рис. 3 и 4.

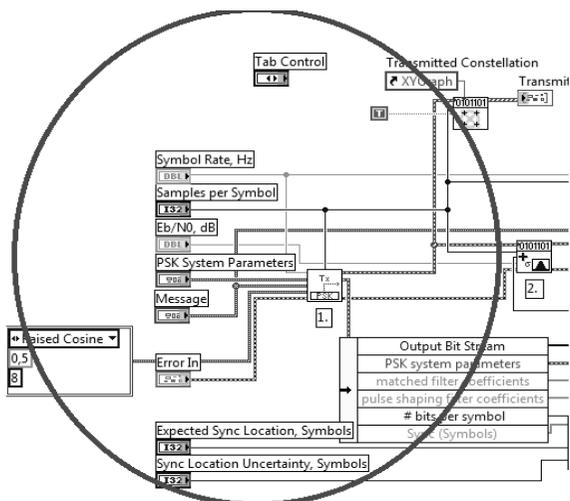


Рис. 3. Передатчик

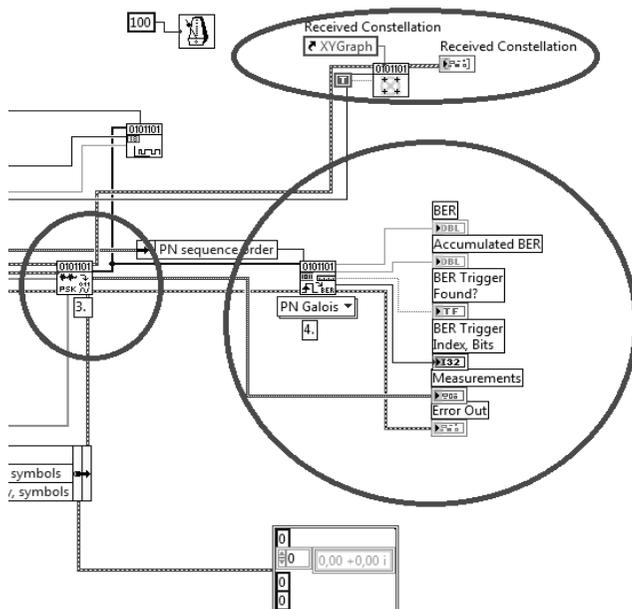


Рис. 4. Область приёмника

Модель позволит исследовать зависимость вероятности битовой ошибки BER от вида сигнально-кодовой конструкции, используемой в системе.

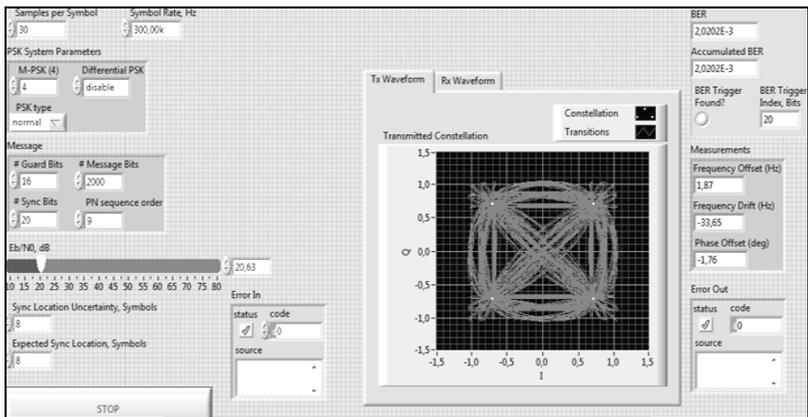


Рис. 5. Реализация программы в LabVIEW 2012

Декодер Витерби находит широкое применение и реализует поиск максимально правдоподобного пути на кодовой решетке с отбрасыванием части наименее правдоподобных вариантов путей на каждом шаге декодирования.

Модель декодера была разработана в среде MatLab/SIMULINK



Рис. 6. Модель сверточного декодера Витерби при «мягком решении»

В результате моделирования получена зависимость вероятности битовой ошибки BER от потерь на трассе распространения.

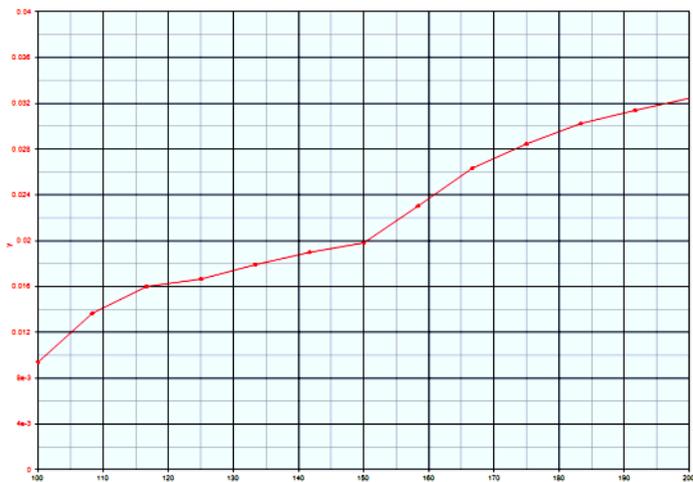


Рис. 7. Зависимость BER от величины потерь на трассе

ЛИТЕРАТУРА

1. Зябликов С.Ю., Алыбин В.Г., Антонов Ю.Н. и др. Оптимизация передатчика спутникового ретранслятора по критерию минимума вероятности ошибки демодуляции сигнала // Радиотехника. – 2011. – №9.

ВЕЙВЛЕТ-ФРАКТАЛЬНОЕ СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ СПУТНИКОВОЙ РЛС X-SAR

А.Ф. Богданов, Н.А. Потемкин, студенты

*Научный руководитель А.М. Голиков, доцент каф. РТС, к.т.н., с.н.с.
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, rts2_golikov@mail.ru*

*Проект ГПО РТС-1508 «Разработка эффективных методов
вейвлет-фрактальных преобразований в многопозиционных
спутниковых системах»*

Использование сжатия с потерями предоставляет возможность за счет потерь регулировать качество изображений. В статье разработан программный комплекс для вейвлет-фрактального сжатия изображений, проведено сжатие изображений спутниковой РЛС X-SAR. При сжатии 1000 изображений общим размером 110 Мб после сжатия размер этих изображений составил 9 Мб.

Алгоритм вейвлет-обработки изображения можно свести к построению фильтров вейвлетной декомпозиции и реконструкции. В результате применения вейвлет-фильтров к изображению, получаем 4 вектора, в которые записываются коэффициенты фильтров, осуществляющих высокочастотную и низкочастотную декомпозицию, высокочастотную и низкочастотную реконструкцию. У каждого вейвлета есть свое имя (наименование) (Haar, Doubechies, Coyfleets некоторые другие). В этой работе был применен вейвлет Хаара.

С помощью вейвлет-обработки было получено изображение с увеличенной контрастностью, что позволяет рассмотреть рельеф поверхности, зондированной с помощью системы X-SAR. Использование вейвлет-обработки позволяет не только исследовать изображение, но и повысить качество детализации увеличением контрастности. Также с помощью программы ImageJ можно провести исследование изображения удаленно, имея только лишь компьютер с доступом к Интернету, так как данное приложение доступно в сети и поддерживается современными браузерами

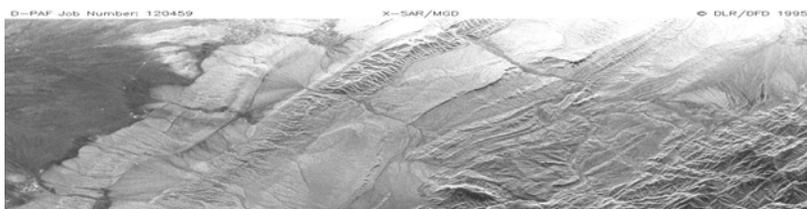


Рис. 1. Исходное изображение поверхности Земли, сделанное РЛС X-SAR

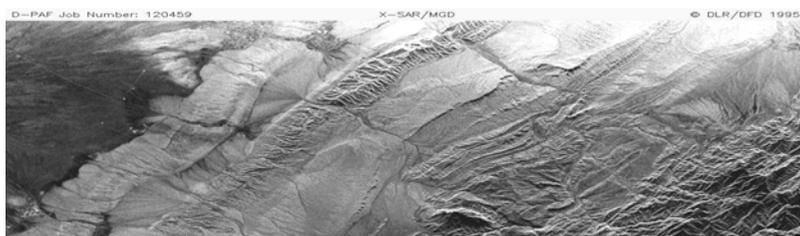


Рис. 2. Реконструкция прямого вейвлет-преобразования (преобразование Хаара)

Фрактальное сжатие изображений – алгоритм сжатия с потерями, основанный на представлении изображения в более компактной форме с помощью коэффициентов систем итерируемых кусочно-определённых функций (PIFS – Partitioned Iterated Function Systems), как правило, являющихся аффинными преобразованиями частей изображения [3]. Степень сжатия изображений может достигать 100:1 [4].

Разработанный авторами программный комплекс выполняет фрактальное сжатие/распаковку изображений с помощью классического алгоритма [3]. В него можно загружать любые изображения, но размер должен быть не более 512×512 пикселей. Программа будет автоматически убирать цвет изображений [4]. Эти ограничения введены для того, чтобы существенно сократить время сжатия изображений на базе фрактального алгоритма.

Основные характеристики:

- сжатие и декодирование изображений формата .bmp;
- просмотр полученного результата;
- просмотр размер полученного изображения.

В программе доступны для изменения два следующих пункта: *смещение домена и размер региона*.

Смещение домена определяет шаг поиска участка в доменном изображении.

Размер региона определяет размер области, на которое разбивается исходное изображение. При сжатии для каждой области осуществляется поиск подходящего домена с учетом трансформации.

Результаты сжатия изображений со спутника X-SAR представлены на рис. 2 и 3, первоначальное изображение со спутника размером 435 Кб и разрешением 473×314 пикселей.

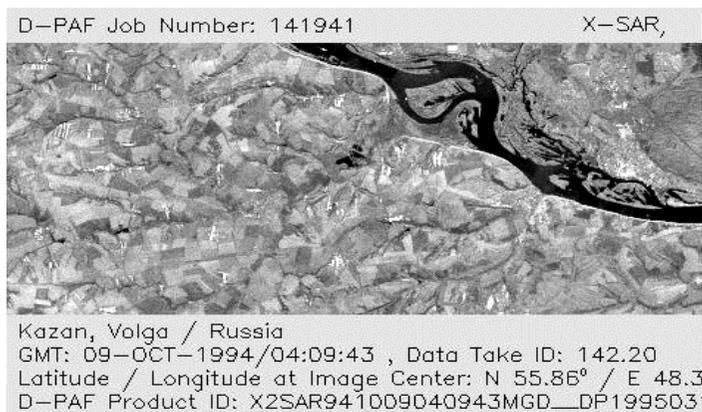


Рис. 3. Первоначальное изображение

На рис. 3 представлено это же изображение после обработки, при параметре смещения домена, равном 1, и размере региона, равном 8; время, потраченное на сжатие, 703 с, размер файла 11,4 Кб, коэффициент сжатия 38.

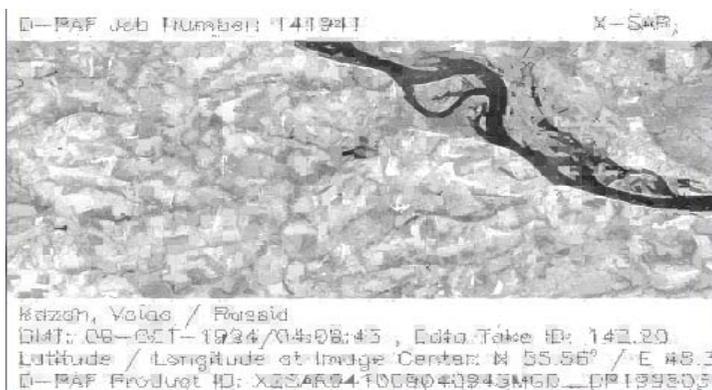


Рис. 4. Обработанное изображение

В результате проделанной работы были сделаны следующие выводы: чем больше изображение, тем больше время сжатия, чем больше шаг (смещение домена), тем быстрее выполняется поиск, но при этом могут быть пропущены важные детали изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
2. Конохов А.Л. Руководство к использованию программного комплекса ImageJ для обработки изображений: учеб.-метод. пособие. – Томск: каф. ТУ ТУСУРа, 2012. – 105 с.
3. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. – М.: ТРИУМФ, 2003. – 360 с.
4. Шарабайко М. Реализация алгоритма фрактального сжатия для цветных изображений // <http://www.fic.bos.ru/solutions/FractalCodecYV24.php>

ПОДСЕКЦИЯ 4.3

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель – Кузьмина Е.А., доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
зам. председателя – Глухарева С.В., ст. преп. каф. КИБЭВС*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

А.К. Оюн, студент

*Научный руководитель Е.С. Катаева, ассистент каф. КИБЭВС
г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, alboyunk@mail.ru, kes@keva.tusur.ru*

Технический анализ применяется для краткосрочных финансовых стратегий. Как правило, анализируются графики цен, на которых выделяются паттерны определенных закономерностей в ценовой динамике. Помимо изучения динамики изменения цены, в техническом анализе используются информация об объемах торгов и другие статистические данные.

Объектом работы являются статистические данные – цены закрытия акций ПАО Газпром на Санкт-Петербургской бирж в рублях за период с 15 ноября 2010 г. по 15 октября 2013 г.

Сформированы следующие задачи: описание сущности метода скользящей средней и определение эффективности применения выбранных моделей.

Экспоненциальная скользящая средняя придает больший вес последним данным, однако при расчете используется вся история цен. Рекуррентная формула для вычисления имеет вид

$$S_t(y) = \alpha y_t + (1-\alpha)S_{t-1}(y). \quad (1)$$

Выбор сглаживающего параметра, характеризующий вес выравниваемого наблюдения, основан на подборе и вычислении прогноза известных значений при каждом значении α , $0 < \alpha < 1$.

В каждой модели рассчитывается ошибка оцененного значения в абсолютном выражении. Для дальнейшего прогноза выбирается модель с тем сглаживающим параметром α , при котором ошибка прогнозного значения минимальна.

Прогноз каждой из 9 моделей с разными значениями параметров рассчитан по формуле (1), результаты – табл. 1.

Таблица 1

Выбор сглаживающего параметра

α	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Ошибка, руб.	25,52	21,17	16,65	13,5	11,51	10,31	9,6	9,19	8,95

Ошибка прогнозного значения минимальна в модели, сглаживающий параметр которой равен 0,9.

Прогноз на следующий шаг осуществляется по формуле (1) с $\alpha = 0,9$. Данная модель позволяет сделать прогноз на один шаг. Искомое прогнозное значение составило 154,4 руб.

При краткосрочном прогнозировании наиболее эффективными оказываются адаптивные методы, учитывающие неравноценность уровней временного ряда. Инструментом прогноза в адаптивных моделях, как и в кривых роста, является математическая модель с единственным фактором «время».

В практике статистического прогнозирования наиболее часто используется базовая модель скользящего среднего – модель Брауна. Она представляет процесс развития как линейную тенденцию с постоянно изменяющимися параметрами. Метод Брауна, основанный на экспоненциальном сглаживании, был предложен для получения прогнозов различных экономических параметров.

Для поиска коэффициента дисконтирования данных составлен прогноз на 6 последних известных значений с помощью многократного построения модели при разных значениях β , $0 < \beta < 1$.

Оптимальной моделью будет считаться та, где прогнозные значения рассчитаны с наименьшей погрешностью (табл. 2).

Таблица 2

Поиск коэффициента дисконтирования

β	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Среднее значение ошибки (%)	22	21	17	12	8	3	3	7	10

Для дальнейшего построения прогноза выбрана модель с $\beta = 0,4$, где значения ошибок не превышают 5% (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение моделей

Период	Истинное значение	Модель экспоненциальной скользящей средней	Модель Брауна, руб.
(t)	руб.	руб.	
498	155,3	146,35	150,77
	Ошибка (e), руб.	8,95	-4,42

Для сравнения точности каждой из моделей был произведен прогноз на одну позицию, поскольку модель экспоненциальной скользящей средней позволяет сделать прогноз лишь на один шаг вперед.

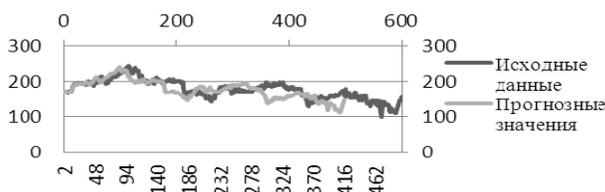


Рис. 1. Модель экспоненциальной скользящей средней

На рис. 1 покрытие моделью экспоненциальной скользящей средней исходных данных существенно.

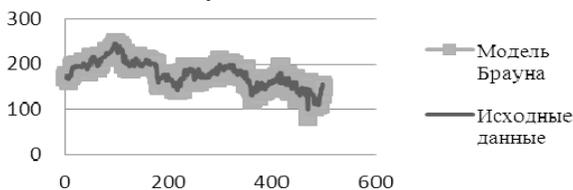


Рис. 2. Модель Брауна

Однако на рис. 2 наблюдается максимальное покрытие моделью Брауна исходных данных, происходит это благодаря способности подстраиваться под предыдущие данные. Особое внимание можно уделить и тому, что адаптивная модель Брауна позволяет прогнозировать на несколько позиций вперед, что отсутствует у обычной модели экспоненциальной скользящей средней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фундаментальный и технический анализ рынка ценных бумаг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19759157> (дата обращения: 11.11.2017).
2. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели: учеб. для бакалавров / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В. Орлова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2012. – 328 с.
3. Булашев С.В. Статистика для трейдеров. – М.: Компания Спутник+, 2003. – 245 с.
4. Эксперимент: создание алгоритма для прогнозирования поведения фондовых индексов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/itinvest/blog/278023> (дата обращения: 5.12.2017).
5. Анализ временных рядов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edu.fb.tusur.ru/pluginfile.php/12714> (дата обращения: 10.01.2017).
6. МФД: Финансовый портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mfd.ru/export> (дата обращения: 21.11.2017).

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ В СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ ПЕРСОНАЛА НА ЭТАПЕ ОТБОРА ПЕРСОНАЛА

К.Е. Паршева, студентка; С.В. Глухарева, ст. преп. каф. КИБЭВС

Научный руководитель С.В. Глухарева, ст. преп.

г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, karina.parsheva@gmail.com

На сегодняшний день персонал является одним из наиболее распространенных источников возникновения рисков и угроз на предприятии. По данным исследований, реализуемых международной сетью PricewaterhouseCoopers (PwC) в январе–феврале 2018 г., был опубликован обзор, в котором «52% виновников экономических преступлений являются действующими лицами внутри предприятия как в Российской Федерации, так и в других странах мира» [1]. В связи с приведёнными статистическими данными разработка и внедрение элементов системы оценки персонала является обязательным условием для обеспечения кадровой безопасности предприятия. Стоит отметить, что разработка и внедрение системы оценки персонала на предприятии сопровождаются рядом проблем на этапе выбора критериев оценки, так как именно данный этап для каждого предприятия является уникальной задачей, при решении которой следует учесть ряд факторов, таких как стратегическая цель, структура, вид деятельности, корпоративная культура предприятия и др.

В настоящее время в отечественной литературе небольшое количество работ посвящено исследованию критериев оценки персонала и отражено в трудах следующих авторов.

Л.М. Дудаева считает, что критерии оценки персонала представляют собой «показатели, состоящие из трудовых, поведенческих, личностных характеристик сотрудников, а также характеристик результатов их профессиональной деятельности» [2].

И.Ф. Зайнетдинова интерпретирует критерии оценки персонала как «признаки, характеризующие степень проявления тех или иных деловых и личностных качеств человека, результативность его труда, мотивационную среду и трудовое поведение» [3].

Ю.А. Петрова, Е.Б. Спиридонова рассматривают критерии оценки персонала как «совокупность пороговых значений, за которыми состояние показателей будет удовлетворять или не удовлетворять установленным (запланированным, нормированным) требованиям» [4].

Рассмотрев и проанализировав содержание совокупности определений, необходимо отметить, что при выборе критериев оценки персонала наблюдается отсутствие единых взглядов авторов относительно понятийно-категориального аппарата. В связи с этим особое внимание необходимо уделить выбору критериев оценки персонала, спо-

собствующих выявлению благонадежных сотрудников, формирующих «фундамент» обеспечения кадровой безопасности предприятия.

Выбор критериев интерпретируемых как «признаки, на основании которых производится оценка, определение или классификация чего-либо» [5] оценки персонала представляет собой алгоритм последовательных действий:

1. Определение принадлежности сотрудника к группе должностей является неотъемлемым этапом в алгоритме выбора критериев оценки, так как существуют отличительные особенности по группам должностей, например между руководителями и специалистами. Особенности для каждой группы должностей необходимо учесть при выборе критериев оценки.

2. Выявление особенностей деятельности сотрудника в соответствии с должностью.

При выборе критериев оценки на данном этапе необходимо отразить специфику конкретной должности, руководствуясь профессиональными стандартами, должностным регламентом/инструкцией, положениями предприятия, которые могут выступать методологической основой, так как в данных документах отражены функции, требования к занимаемой должности.

3. Оценивание критериев с точки зрения значимости и полноты имеющейся информации необходимо для выявления первостепенных и второстепенных критериев из перечня.

Оценку значимости можно произвести одним из нескольких вариантов. Первый вариант состоит из перечня критериев с соответствующими уровнями значимости (высокая, средняя и низкая важности), пересечение которых фиксируется условным обозначением. Второй вариант определения значимости критериев оценки представляет собой «вес соответствующего критерия оценки в совокупности критериев оценки, выраженный в процентах» [6], в соответствии с которым можно рассчитать коэффициент значимости критериев оценки:

$$K_{\text{значимости}} = \frac{\text{значимость критерия}}{100}.$$

4. Описание критериев оценки персонала требуется не только для понимания всеми участниками содержания критериев, задействованных в оценке персонала, но и для прозрачности реализуемой процедуры. Дополнением к данному этапу может быть учтена шкала оценки (например, 1, 2, 3 балла), разработанная в соответствии с описанием критериев оценки и определяющая степень соответствия критериев расстановки баллов. Шкала оценки способствует более детальному выявлению сильных и слабых сторон сотрудников.

5. Группировка и ранжирование критериев являются заключительным этапом в алгоритме, в котором все критерии объединены в группы (профессиональные, личностные, специфические и др.).

Рассмотрев и проанализировав алгоритм выбора критериев оценки персонала, следует сделать вывод, что использование как количественных, так и качественных критериев не учтено в алгоритме с целью полноты оценки. Кроме приведенного недостатка, стоит отметить, что последовательность действий алгоритма заканчивается на этапе группировки и ранжирования критериев, не учитывая расчет итогового показателя эффективности оцениваемого. Для расчета показателя будет использована экспертная оценка, представляющая собой «процедуру получения оценки проблемы на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения (выбора)» [7].

Традиционная экспертная оценка проводится на основе обработки специальных анкет (опросников), которые заполняют эксперты. Такой подход характеризуется субъективностью метода. В связи с этим предлагается объединить полученные знания методом экспертной оценки и математической формулы и дополнить представленный алгоритм расчетом итогового показателя эффективности, полученного по следующей формуле:

$$P_{\text{эф}} = \frac{(A_1 \times B_1 + A_2 \times B_2 + \dots + A_n \times B_n)}{(B_1 + B_2 + \dots + B_n)},$$

где $P_{\text{эф}}$ – итоговый показатель эффективности оцениваемого; A_1, A_2, \dots, A_n – порядковый номер оценочного критерия; B_1, B_2, \dots, B_n – значимость критерия (например, 1–10).

Таким образом, применяя новый подход к расчету итогового показателя оцениваемого, можно определить, насколько деятельность оцениваемого сотрудника является эффективной, используя рекомендательные уровни показателей, а именно: низкий – 3,0; средний – 5,0; хороший – 6,0; отличный – 8,0.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирный обзор экономических преступлений за 2018 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pwc.com/gx/en/forensics/global-economic-crime-and-fraud-survey-2018-summary-infographic.pdf> (дата обращения: 27.02.2018).
2. Дудаева Л.М. Особенности разработки системы критериев при оценке персонала современной компании // Вестник Академии наук Чеченской Республики. – 2008. – №1. – С. 162–167.
3. Зайнетдинова И.Ф. Оценка деятельности работников организации. – Екатеринбург.: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – С. 34–38.

4. Петрова Ю.А., Спиридонова Е.Б. 10 критериев оценки персонала. – М.: Феникс, 2012. – С. 51–53.

5. Большой толковый словарь русского языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xn--80aacc4bir7b.xn--p1ai/%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8/%D0%B1%D1%82%D1%81/%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9> (дата обращения: 05.03.2018).

6. Порядок оценки заявок, окончательных предложений участников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fko.msk.ru/upload/iblock/51f/%D0%9F%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA.%20%D0%9F%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BE%D0%BA.%20%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B8%20%D0%B7%D0%B0%D1%8F%D0%B2%D0%BE%D0%BA.pdf> (дата обращения: 05.03.2018).

7. HR-портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hr-portal.ru/article/ocenka-personala-razrabatyvaem-kriterii> (дата обращения: 28.02.2018).

АППРОКСИМАЦИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЯДОВ

А.К. Салчак, студент

Научный руководитель Е.С. Катаева, ассистент

г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, ayan.salchak.95@mail.ru,

kes@keva.tusur.ru

Одним из значительных вопросов, которые появляются при анализе временного ряда, является прогнозирование. Прогноз – это специальное научное суждение о конкретных перспективах дальнейшего развития какого-либо происходящего процесса, помогающее взглянуть в будущее и оценить последствия тех или иных решений [1]. Прогнозирование рисков в экономике и бизнесе – это возможность, с помощью которой можно с определенной степенью вероятности избежать рисков, но при этом в прогнозировании должны быть исследованы все закономерности процесса.

Особое место среди методов прогнозирования занимает аппроксимация периодических временных рядов. Аппроксимация (приближение) – математический метод, состоящий в замене одних математических объектов другими, в том или ином смысле близкими к исходным, но более простыми [2]. Актуальность метода объясняется возможностью получения детальной информации о будущем состоянии объекта прогнозирования.

Задачами анализа и моделирования изменения экономических показателей является выравнивание ряда путем его аппроксимации с помощью некоторой неслучайной функции времени. Аппроксимация периодических временных была проведена с помощью методов тренд-

сезонной модели и тригонометрической регрессии Фурье. Для их применения был рассмотрен ряд индекса потребительских цен, который представляет собой упорядоченный набор месячных значений с января 2005 г. по декабрь 2017 г. и содержит сто сорок четыре наблюдения.

Временной ряд называется тренд-сезонным, если он описывает процесс, подверженный периодическим колебаниям с постоянным и определенным периодом. Математическая модель, описывающая такой ряд, носит название тренд-сезонной [3].

Во многих ежемесячных временных рядах проявляется сезонный фактор. Изучаемую функцию времени можно записать при этом в виде

$$\hat{y}_t = f(t) = g(t) + h(t),$$

где функция $q(t)$ имеет период n (12 для ежемесячных данных, 4 – для квартальных и т.д.), $h(t)$ – тренд [3].

Если n четное, $n = 2m$, что обычно имеет место в экономических данных [3], то используем

$$\hat{y}_t = \frac{1}{2m} \left[\sum_{s=(m-1)}^{m-1} y_{t+s} + \frac{1}{2} y_{t-m} + \frac{1}{2} y_{t+m} \right], \quad t = m.$$

Индекс потребительских цен

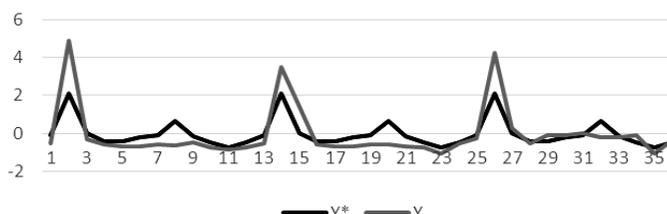


Рис. 1. Сравнение реальных данных с результатом применения тренд-сезонной модели

Как известно, тригонометрические функции $\cos t$ и $\sin t$ являются периодическими с периодом 2π : $\cos(t + 2\pi) = \cos t$, $\sin(t + 2\pi) = \sin t$.

Одним из возможных способов определения автокорреляционной зависимости является разложение временного ряда в функции синусов и косинусов и нахождение линейной множественной регрессии [4]

$$y = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{\frac{m-1}{2}} \left(\alpha_{2j-1} \times \cos\left(\frac{2\pi j}{m} \times t\right) + \alpha_{2j} \times \sin\left(\frac{2\pi j}{m} \times t\right) \right) + \alpha_{m-1} \times (-1)^t,$$

где $\alpha_{m-1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (-1)^i \times y_i$, $\alpha_0 = \bar{y}$.

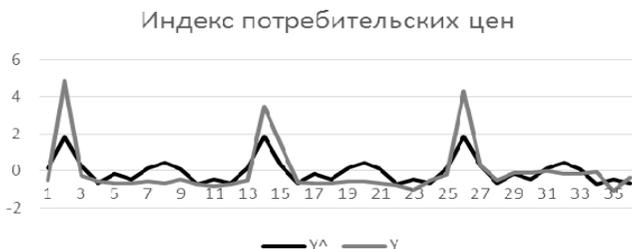


Рис. 2. Сравнение реальных данных с результатом применения тригонометрической регрессии Фурье

Надежность моделей прогнозирования оценивается путем сравнения фактических и предсказанных значений. Эта разница позволяет проверить, применима ли к конкретным данным рассматриваемая модель и те предположения, на которых она основана (рис. 1, 2, таблица).

Сравнение методов с данными индекса потребительских цен

	Тренд-сезонная модель		Тригонометрическая регрессия Фурье
	с применением скользящей средней	с использованием половинных значений	
$E_{отн}$	18,15%	7,46%	5%
$E_{отн}$	0,484%	0,478%	0,541%

Таким образом, предложены и исследованы методы для прогнозирования временных рядов. Одной из его особенностей является оригинальный способ использования аппроксимации. Одним из необходимых условий для рассмотренных методов является достаточная длина исследуемого ряда.

Модель, построенная с помощью изученных в работе методов, может использоваться для экстраполяции или прогнозирования временного ряда, но так как по графикам видна слабая периодичность и получена большая погрешность от истинного значения, то следует подобрать наиболее подходящий метод для дальнейшего прогнозирования исследуемых данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энциклопедия статистических методов. – Т. 2: Инструментальные методы статистики. – М.: Росстат, 2011. – 482 с.
2. Аппроксимация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://physics.herzen.spb.ru/teaching/materials/gosexam/approximation.pdf> (дата обращения: 25.11.2017).
3. Тренд сезонная модель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hse.ru> (дата обращения: 3.12.2017).
4. Периодическая компонента временного ряда. Ряд Фурье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.machinelearning.ru> (дата обращения: 3.12.2017).

СЕКЦИЯ 5

**ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ,
СОЦИАЛЬНЫЕ И ПРАВОВЫЕ
ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

ПОДСЕКЦИЯ 5.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ

Председатель – *Мицель А.А.*, проф. каф. АСУ, д.т.н.;
зам. председателя – *Грибанова Е.Б.*, доцент каф. АСУ, к.т.н.

РАЗРАБОТКА СКОРИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ

П.С. Алексин, студент

*Научный руководитель В.А. Ефремов, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. БИС, alexsinpavel@gmail.com*

В современности скоринговые системы [1] активно развиваются. Со временем появляются все новые идеи и реализации различных скоринговых моделей, используя различные современные технологии. Банковские структуры активно пользуются такими системами для принятия решения касательно выдачи кредитов.

Целью работы является улучшение качества оценки кредитоспособности физических лиц, что позволит снизить кредитную нагрузку и уменьшить риски. Предметом исследования являются скоринговые модели оценки кредитоспособности физических лиц.

Модель процесса расчета скорингового балла представлена на рис. 1.

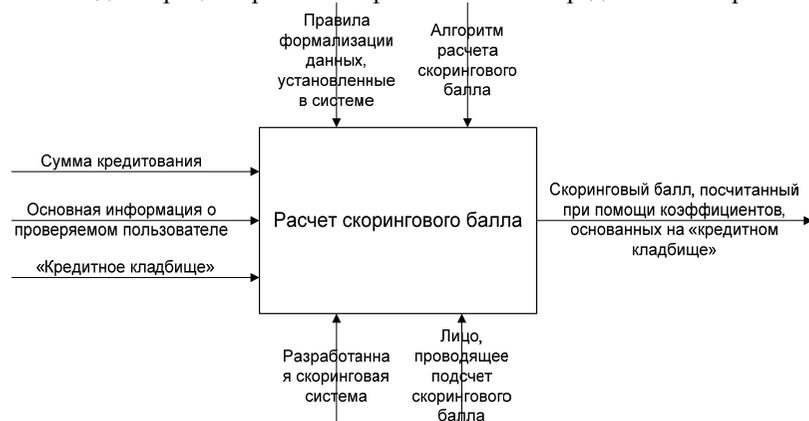


Рис. 1. IDEF0-схема процесса «Расчет скорингового балла»

Список параметров для построения модели: возраст, пол, сфера работы, масштаб предприятия, время работы на последнем месте, наличие авто, образование, подтвержденный доход, сумма кредита.

В качестве математического алгоритма для модели была выбрана бинарная логистическая регрессия [3] (1), (2). Данный выбор обусловлен тем, что данный алгоритм делит исходную группу на две группы, что и необходимо для скоринговой системы (деление на отклонение заявки по кредиту и принятие заявки):

$$p = 1/(1 + e^{-z}), \quad (1)$$

$$z = \beta_0 + \beta_1 \times x_1 + \beta_2 \times x_2 + \dots + \beta_n \times x_n. \quad (2)$$

При превышении вероятности значения 0,7 принимается решение о выдаче кредита.

Данные для построения модели включают 1500 записей о выданных кредитах. Обучение производилось на 1200 записях, тестирование – на оставшихся 300.

Полученные коэффициенты представлены в таблице. В скобках представлены уточнения для категориальных критериев.

Коэффициенты уравнения

Переменные в уравнении	Значение коэффициента β
1	2
Пол (женский)	-0,4211565
Сфера работы (строительство)	-0,1758462
Сфера работы (медицина)	0,4511534
Сфера работы (финансы, банки, страхование)	0,3429803
Сфера работы (оптовая/розничная торговля)	0,9246218
Сфера работы (сфера услуг)	0,3155691
Сфера работы (промышленность и машиностроение)	0,6172370
Сфера работы (армия/ МВД)	-0,3317882
Сфера работы (наука)	0,7506519
Сфера работы (информационные технологии/телекоммуникации)	0,9939384
Образование (среднее образование)	-0,1485116
Образование (неоконченное высшее)	-0,3175529
Образование (среднее специальное)	-0,2002083
Образование (неоконченное высшее)	-0,2300144
Образование (два и более высших образования)	0,6315767
Наличие авто	0,6230015
Время работы на последнем месте (нет данных или менее 3 мес)	-0,3706365
Время работы на последнем месте (от 3 до 6 мес)	0,5847783

Продолжение таблицы

1	2
Время работы на последнем месте (от 6 мес. до 1 года)	0,1179532
Время работы на последнем месте (от 1 года до 3 лет)	0,0065828
Масштаб предприятия (нет данных)	-0,3273121
Масштаб предприятия (менее 20)	0,7821441
Масштаб предприятия (от 20 до 100)	-0,4129373
Масштаб предприятия (от 100 до 500)	-0,5021278
Возраст	0,0120752
Сумма кредита	-0,0000009
Подтвержденный доход	0,0000029
Константа	1,8367356

В результате проведения проверки модели на тестовой выборке оказалось, что:

- доля верных прогнозов составляет 84%;
- доля верных прогнозов согласия составляет 96%;
- доля верных прогнозов отказов составляет 7%.

Такой маленький процент угаданных отказов можно объяснить тем, что в исходной выборке представлено очень малое количество невыплат по кредиту (~7,5%). Ошибку модели можно также обосновать малым количеством исходных данных (1500 записей).

ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлова С.С., Курочка М.А. Скоринговые модели оценки кредитного риска // Социально-экономические явления и процессы. – 2012.
2. Шепелева М.В. Модели кредитного и поведенческого скоринга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2006/kita/shepeleva/library/metod%20scoring.pdf> (дата обращения: 01.10.17).
3. Tabagari S., Pärna K. Credit scoring by logistic regression [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/47572/tabagari_salome_msc_2015.pdf?sequence=1 (дата обращения: 01.10.17).

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ РИСК В ЛИЧНЫХ ИНВЕСТИЦИЯХ

А.Д. Часовская, студентка

Научный руководитель М.В. Григорьева, доцент каф. АСУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, chasovskaya.a@outlook.com

Управление личным бюджетом является одной из главных задач человека в каждом периоде его жизни. В детстве деньги нужны лишь на личные мелкие расходы, в молодости же уже возникает необходимость зарабатывать и распределять полученные денежные средства,

планировать их накопление на различные цели. При создании семьи эта задача становится более актуальной, т.к. приобретение жилья, рождение и обучение детей, совместный отдых без финансового планирования могут превратиться в проблему. Очевидно, что и о старости лучше задумываться еще в молодом возрасте, когда есть силы и возможность активных накоплений. Одним из оптимальных вариантов формирования пенсионных накоплений является создание инвестиционного портфеля уже в раннем возрасте. Целью данной работы является оценка рисков при расчете инвестиционного портфеля применительно к личным финансам с учетом факторов линии жизни.

При создании инвестиционного портфеля стоит обратить внимание на инвестиционный риск для того, чтобы получить максимальный доход от портфеля инвестиций при минимальном риске, так как существует связь между инвестиционным риском и доходностью акции (рис. 1) [1].

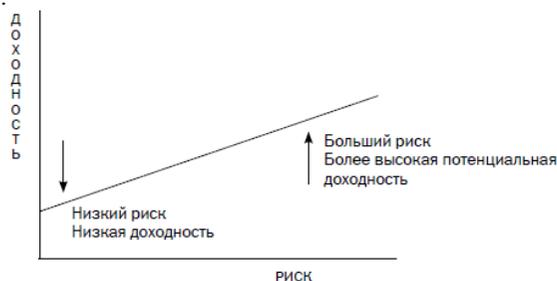


Рис. 1. Связь между риском и доходностью

Инвестиционный риск – это вероятность возникновения непредвиденных финансовых потерь в ситуации неопределенности условий инвестирования [2].

При формировании инвестиционного портфеля для расчёта инвестиционного риска используется матрица ковариации доходностей активов.

Матрица ковариации – мера статистической зависимости между двумя случайными величинами. В инвестиционном портфеле матрица ковариации показывает зависимость между доходностью инвестиции. Для расчёта матрицы ковариации используется формула, представленная ниже:

$$\text{cov}(k_i k_p) = \frac{\sum_{t=1}^T (k_i(t) - \hat{k}_i)(k_p(t) - \hat{k}_p)}{T - 1}, \quad (1)$$

где $k_i(t)$ – доходность i -й ценной бумаги в t -м периоде; \hat{k}_i – средняя доходность i -й ценной бумаги; T – горизонт.

Оптимальный портфель рассчитывается с помощью модели Марковица, которая представлена ниже:

$$\sum_i \sum_j x_i x_j V_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\sum \mu_i x_i \geq m_p, \quad (3)$$

$$\sum_i x_i = 1, \quad (4)$$

$$x_i \geq 0, \quad (5)$$

где V_{ij} – матрица ковариации доходностей ценной бумаг; x_i – доля инвестиций в i -й актив; m_p – ожидаемая доходность; μ_i – доходность i -й рискованной ценной бумаги.

Вторая формула означает, что риск инвестиционного портфеля должен стремиться к минимуму. В формуле (3) мы учитываем доли рискованных инвестиций, сумма которых должна быть не меньше ожидаемой доходности. При этом сумма всех долей инвестиций берется равной единице (4), каждая из долей инвестиций не может быть отрицательной (5).

Особенности использования этой модели применительно к личным финансам состоят в том, что необходимо учитывать дополнительные факторы, связанные с жизнью и развитием человека, такие как форс-мажорные ситуации (природные катаклизмы, порча имущества, смерть); болезни; переезд; судебные разбирательства; необходимость ремонта или замены дорогостоящего оборудования, жилья; продолжение рода и др. Назовем эти факторы факторами линии жизни.

На различном этапе жизненного пути человека формирование долей рискованных инвестиций происходит с учетом этих факторов.

Заключение. Ведется создание информационной системы, которая поможет определять инвестиционную стратегию, доходность инвестиционного портфеля, а также даст возможность корректировать инвестиционную стратегию в зависимости от факторов линии жизни. На данный момент определены различные инвестиционные стратегии, разработана математическая модель, а также создан прототип программного приложения в среде C#.

ЛИТЕРАТУРА

1. Понимание рисков инвестирования в акции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cfin.ru/finmarket/risks_faq.shtml (дата обращения: 27.01.2018).
2. Инвестиционные риски [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.risk24.ru/invriski.htm> (дата обращения: 05.02.2018).

3. Как изменяется риск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.coursera.org/learn/upravlenie-lichnymi-finansami/lecture/97dNV/2-5-kak-izmeriaetsia-risk> (дата обращения: 10.02.2018).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОНДОВОГО ИНДЕКСА ММВБ С ПОМОЩЬЮ GARCH-МОДЕЛЕЙ

Е.А. Кайзер, студент

*Научный руководитель Е.М. Давыдова, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. БИС, catherina.kaizer@mail.ru*

Одной из наиболее распространённых моделей, позволяющих оценить и спрогнозировать волатильность, является GARCH-модель (Generalized Autoregressive Conditionally Heteroscedasticity model) – обобщенная авторегрессионная модель условной гетероскедастичности, предложенная в 1986 г. Т. Боллерслеваем. На сегодняшний день практическому применению данных моделей были посвящены работы как российских, так и зарубежных авторов. Краткий обзор работ, описывающих применение GARCH-моделей на практике, приведен в таблице.

Краткий обзор работ, посвященных практическому применению GARCH-моделей

Работа	Данные	Модели
Федорова Е.А., Бузлов Д.А. Прогнозирование фондового рынка Российской Федерации с помощью GARCH-моделирования [1]	ММВБ 10 с января 2010 г. по ноябрь 2012 г.	ARCH, GARCH, IGARCH, TARCH, EGARCH
Киселевский С.О. Моделирование процесса GARCH(1,1) для анализа волатильности при международной диверсификации портфеля акции [2]	Индексы 10 стран с января 1995 г. по февраль 2010 г.	GARCH(1,1)
Цалкович А.М., Храпов П.В. Прогнозирование условной волатильности фондовых индексов с помощью нейронных сетей [3]	SP 50 (США), FTSE 100, NIKKEI 225. Hang Seng с января 2002 г. по январь 2013 г.	GARCH, EGARCH, CJR-GARCH
H. Yuksel, H. Bayram. ARCH-GARCH modelling in Turkish, Greek and Russian Stock Markets [4]	Индексы Турции (ISE), Греции (ASE), России (RTS)	EGARCH, TARCH
Peter R. Hansen, Asger Lunde. A forecast comparison of volatility models: does anything beat a GARCH(1,1)? [5]	Обменный курс DM-\$ (Deutsche Mark – USD: акции компании IBM)	300 моделей GARCH-семейства

В качестве результатов аналитического обзора работ, в которых на практике применялись GARCH-модели для построения прогнозов, можно выделить следующие: GARCH-модели достаточно широко применяются при построении прогнозов для фондовых индексов различных стран; выбор наилучшей модели зависит от самого финансового временного ряда, а также от временного периода, охватываемого его значениями; в большинстве рассмотренных работ в качестве одной из лучших или подходящей для прогнозирования моделей была выбрана модель базовая (стандартная) GARCH.

В качестве данных для изучения были взяты значения цены закрытия фондового индекса ММВБ в период с начала 2013 г. по конец августа 2017 г. Количество наблюдений составило 1169. Усиленный тест Дики-Фуллера (ADF) показал нестационарность временного ряда. Тип нестационарности данного временного ряда был определен как DS (difference stationary). К стационарному виду данный ряд приводился с помощью процедуры взятия разностей (рис. 1).

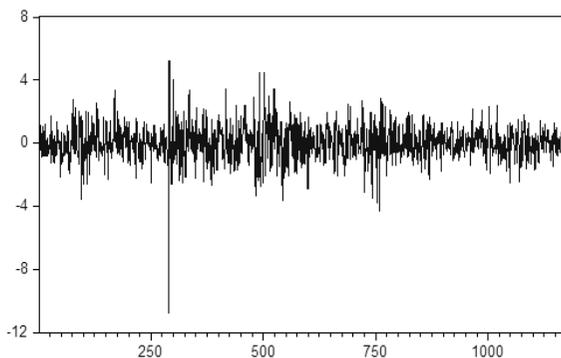


Рис. 1. Значения относительных доходностей индекса

Тестирование с помощью ADF показало отсутствие единичных корней, чем характеризуются стационарные временные ряды.

На рис. 1 отчетливо видно аномальное наблюдение. Для того чтобы не исключать данное наблюдение из рассматриваемого временного ряда, было принято решение осуществлять дальнейшее моделирование с помощью фиктивной переменной.

Также была предпринята попытка включения в данную модель следующих регрессоров: объем торгов и капитализация. Но, в конечном итоге ни одна из этих переменных не подошла в качестве объясняющей.

Для построения GARCH-модели была выбрана ее стандартная спецификация (1,1):

$$CLOSE_{PC} = 0,042683 - 1030700 d_{290},$$

$$\sigma_t^2 = 0,02616 + 0,05773 \varepsilon_{t-1}^2 + 0,92164 \sigma_{t-1}^2,$$

где $CLOSE_{PC}$ – значение относительной доходности фондового индекса ММБВ на момент закрытия торгов; d_{290} – фиктивная переменная, σ_t^2 – условная дисперсия случайной ошибки; ε_{t-1}^2 – прошлое значение случайной ошибки. С достаточной для практики точностью можно утверждать, что автокорреляция остатков в GARCH-модели отсутствует, что подтверждается коррелограммой и значением отношения Дарбина–Уотсона $DW = 1,997$: цель построения GARCH-модели достигнута.

Одна из важнейших целей построения моделей финансовых временных рядов – это построение прогнозов. Так как дисперсию доходности (волатильность) естественно рассматривать как меру риска финансового актива, то сами по себе прогнозы условной дисперсии имеют практическое применение [6].

Задача прогнозирования в данном случае заключается в построении доверительных интервалов относительно тренда с учетом оценок будущих условных дисперсий ошибки.

Для решения задачи прогнозирования был проведен статистический эксперимент с помощью возможностей программного продукта EViews 8. Результатом проведения эксперимента является построение доверительных интервалов для ста историй одинаковой длины, но с разным моментом начала историй. Данный эксперимент проводился для моделей GARCH и её модификации EGARCH (экспоненциальная авторегрессионная модель с условной гетероскедастичностью) с включением и без включения фиктивной переменной в модель.

Исходя из описанного выше исследования прогностической силы моделей CARCH, были сделаны следующие выводы:

- недостатком при построении GARCH-модели является возможность получения отрицательных прогнозных значений дисперсии ошибок;

- EGARCH-модель не допускает отрицательных прогнозных значений дисперсии ошибок, однако значительные выбросы приводят к переполнению разрядной сетки;

- включение фиктивной переменной привело к тому, что в GARCH-модели отрицательные значения дисперсии ошибок в рамках статистического эксперимента не наблюдались;

- включение фиктивной переменной привело к тому, что в EGARCH-модели переполнение разрядной сетки в рамках статистического эксперимента не наблюдалось.

Обобщая полученные выводы, можно говорить о том, что при включении фиктивной переменной в модель она становится более стабильной. Также сравнивая результаты построения доверительных интервалов для модели GARCH с включением фиктивной переменной и модели EGARCH с включением фиктивной переменной, количество выходов за пределы доверительных интервалов для модели GARCH в два раза меньше, чем для модели EGARCH. Однако такое превосходство может быть случайным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова Е.А. Прогнозирование фондового рынка Российской Федерации с помощью GARCH-моделирования / Е.А. Федорова, Д.А. Бузлов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2013. – №16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18961240> (дата обращения: 10.10.2017).

2. Кисилевский С.О. Моделирование процесса GARCH(1,1) для анализа волатильности при международной диверсификации портфеля акций // Сервис в России и за рубежом. – 2011. – №4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-protssessa-garch-1-1-dlya-analiza-volatilnosti-pri-mezhdunarodnoy-diversifikatsii-portfelya-aktsii> (дата обращения: 10.10.2017).

3. Цалкович А.М. Прогнозирование условной волатильности фондовых индексов при помощи нейронных сетей / А.М. Цалкович, П.В. Храпов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21032690> (дата обращения: 12.10.2017).

4. Yuksel H. ARCH-GARCH modelling in Turkish, Greek and Russian Stock Markets / H. Yuksel, H. Bayram // Seminar in Financial Data Analysis. – Istanbul, 2005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.net/36557755-Seminar-in-financial-data-analysis-arch-garch-modelling-in> (дата обращения: 12.10.2017).

5. Hansen P.R. A forecast comparison of volatility models: does anything beat a GARCH(1,1)? / P.R. Hansen, A. Lunde // Journal of applied econometrics. – 2005. – №20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jae.800/full> (дата обращения: 14.10.2017).

Кизбикенов К.О. Прогнозирование и временные ряды: учеб. пособие. – Барнаул: ФГБОУ ВО «АлтГПУ», 2017. – 115 с.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНВАРИАНТОВ

К.В. Шестаков, студент

*Научный руководитель С.И. Колесникова, проф. каф. ЭМИС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, winmasta@yandex.ru*

В работах [1, 2] исследованы условия устойчивости / неустойчивости балансовой модели, описание которой содержит первые два уравнения из (1).

В статье исследуется ранее поставленная [3, 4] задача управления для нелинейного экономического объекта с описанием:

$$\begin{cases} X_{i+1} = X_i(\alpha C_0 - \mu\beta_x X_i Y_i), \\ Y_{i+1} = A(\alpha C_0 - \mu\beta_y X_i Y_i), \\ \beta_{x_{i+1}} = c_1\beta_{x_i} + U_{x_i}, \\ \beta_{y_{i+1}} = c_2\beta_{y_i} + U_{y_i}, \end{cases} \quad (1)$$

где $X_{i+1}, Y_{i+1}, X_i, Y_i$ – прогнозируемые и текущие объемы продаж для частного (X) и государственного (Y) предприятий соответственно; A, C_0 – объем государственных нужд в данном виде товара и доход от продажи товаров соответственно; α, μ – коэффициенты пропорциональности спроса на товар к доходу от его продажи и цены товара к объему продаж конкурента соответственно; $\beta_x, \beta_y, \beta_{x_{i+1}}, \beta_{y_{i+1}}$ – текущая и прогнозируемая цены товара частного и государственного производителя соответственно; c_1, c_2 – коэффициенты пропорциональности.

Известно, что «ценой вопроса» синергетического управления являются так называемые инварианты, или, другими словами, целевые законы, которым должны подчиняться переменные объекта в результате управления (таблица).

Экономические инварианты для объекта (1)

Вид инварианта	Решаемая задача и целевое множество
$Y_i = \rho X_i, i \in N, \rho \in R$	Обеспечение заданного соотношения между объемами производимых товаров
$X_i = X_i^*, Y_i = Y_i^*, i \in N$	Обеспечение заданной динамики объема продаж частного X и государственного Y производителя
$Y_{i+1} - Y_i = Y^{**},$ $i \in N, Y^{**} = \text{const.}$	Поддержание заданного прироста объема продаж государственного Y производителя

Выбор инвариантов для произвольной задачи является творческой экспертной работой и весьма затруднителен без предварительного анализа фазового пространства объекта управления.

Приведем некоторые примеры целевых законов (целевых множеств) для объекта (1). Отметим, что используемый здесь подход соответствует физической теории управления согласно А.А. Красовскому.

С целью решения поставленной задачи разрабатывается и создается прототип [5] системы поддержки принятия решений (СППР) для выбора экономических вариантов.

Основные этапы создания СППР:

Подготовка знаний предметной области: экспертное задание желаемых целевых законов между переменными объекта управления.

Извлечение знаний: численное моделирование поведения объекта управления в различных областях фазового пространства.

Верификация знаний: уточнение параметров объекта управления на фактических данных.

Сбор исторической и фактологической информации об объекте управления: анализ фазового пространства на выявление областей устойчивости; выявление имеющихся естественных целевых законов между переменными (условия стационарности).

Создание базы знаний: формирование базы данных в виде целевых законов и базы знаний в виде информации о причинно-следственных связях.

Вывод рекомендаций: построение базы данных соответствий между целевыми законами, параметрами объекта управления и системы управления, показателями качества управления.

Объяснение рекомендаций: пояснительная записка для экспертов и пользователей данной модели.

Так, для одновременного исполнения инвариантов $X_i - \rho Y_i = 0$, $\rho \in (0;1)$, $Y_i - Y_i^* = 0$ система управления примет вид (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{i+1} = X_i (\alpha C_0 - \mu \beta_x X_i Y_i), \\ Y_{i+1} = A (\alpha C_0 - \mu \beta_y X_i Y_i), \\ \psi_{x_i} = X_i - \rho Y_i, \rho \in (0;1), \\ \psi_{y_i} = Y_i - Y_i^*, \\ \psi_{1x_i} = \beta_{x_i} - \varphi_1(X_i), \\ \psi_{1y_i} = \beta_{y_i} - \varphi_2(Y_i), \\ U_{x_i} = -c_1 \beta_{x_i} + \varphi_1(X_{i+1}) + \omega_{\beta_x} (\beta_{x_i} - \varphi_1(X_i)), \\ U_{y_i} = -c_2 \beta_{y_i} + \varphi_2(Y_{i+1}) + \omega_{\beta_y} (\beta_{y_i} - \varphi_2(Y_i)), \\ \varphi_1(X_i) = \frac{X_i \alpha C_0 - \rho Y_{i+1} - \omega_x (X_i - \rho Y_i)}{\mu X_i^2 Y_i}, \\ \varphi_2(Y_i) = \frac{A \alpha C_0 - Y_{i+1}^* - \omega_y (Y_i - Y_i^*)}{A \mu X_i Y_i}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Целью проектируемой СППР является создание механизма, связывающего пользователя, конкретный экономический объект, эксперта, математика для корректной формулировки целевых множеств состояний. Будут выработаны рекомендации пользователю системы управления объектом (1) по ряду показателей эффективности: скорость достижения цели, затраты энергии на управление, степень устойчивости в установившемся режиме, и пр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников А.А. Синергетика и проблемы теории управления. – М.: Физматлит, 2004. – 504 с.
2. Шаповалов В.И. Моделирование синергетических систем: метод пропорций и другие математические методы. – М.: Проспект, 2015. – 136 с.
3. Колесникова С.И. Система множественного управления для нелинейного объекта с неполным описанием // Труды СПИИРАН. Spiiras Proceedings. – № 6 (55). – С. 114–133.
4. Kolesnikova S., Mylnikova E. Application of nonlinear adaptation method for discrete economic objects / DEStechPublications, Inc. – P. 349–355.
5. Экспертная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Экспертная_система (дата обращения: 03.12.2017).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА МОДИФИЦИРОВАННЫМ МЕТОДОМ ОБРАТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

П.Э. Тугар-оол, студентка

*Научный руководитель Е.Б. Грибанова, доцент каф. АСУ
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, paula94@rambler.ru*

В настоящее время состояние экономики Российской Федерации характеризуется существенными дисбалансами в развитии регионов. Эффективность решений, принимаемых на федеральном уровне, часто зависит от того, насколько эти решения реализуются в регионах [1]. В связи с этим возрастает значение регионального прогнозирования развития субъектов, которые учитывают как влияние федеральной социально-экономической политики, так и региональных особенностей территорий.

Прогнозирование социально-экономического развития региона – предсказание будущего состояния социальной сферы и экономики с учетом динамики существующих показателей, определяющих направления развития регионального комплекса [2].

Объектом работы является регионы Сибирского федерального округа (СФО). В его состав входят 12 субъектов. Территория СФО обладает огромным ресурсным потенциалом: здесь находится 85% общероссийских запасов свинца и платины, 80% угля и молибдена, 71% никеля, 69% меди, 44% серебра, 40% золота и многое др. [3].

На основе анализа литературных источников были выделены восемь групп показателей (всего 48 показателей): уровень жизни, финансовая обеспеченность, эффективность сельскохозяйственного производства, эффективность строительства, обеспеченность трудовыми ресурсами, состояние системы здравоохранения, обеспеченность объектами образования, обеспеченность информационными и коммуникационными технологиями (ИиКТ). В работе использовались только официальные данные Федеральной службы государственной статистики с 2010 по 2016 г. включительно.

Для решения задачи прогнозирования используется метод обратных вычислений. В классическом варианте использования механизма обратных вычислений расчет приростов аргументов осуществляется на основе заданного значения функции, коэффициентов относительной важности аргументов, исходных значений аргументов и направления их изменения. В этом случае решение задачи может быть получено путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} y \pm \Delta y = f(x \pm \Delta x(\alpha), z \pm \Delta z(\beta)); \\ \frac{\Delta x}{\Delta z} = \frac{\alpha}{\beta}; \\ \alpha + \beta = 1, \end{cases}$$

где $\Delta x, \Delta z$ – приращение аргументов; α, β – коэффициенты относительной важности приращений $\Delta x, \Delta z$ соответственно; $y, \Delta y$ – исходное значение и приращение результирующей функции.

Модифицированный метод обратных вычислений основан на использовании регрессионной функции [4], понятии градиента и механизма обратных вычислений. Его реализация подразумевает построение уравнения зависимости каждого аргумента от выходной величины (для этого решается задача оценки параметров функции регрессии) и определение с его помощью значений аргументов. При этом для определения направления изменения аргументов и расчета коэффициентов относительной важности используются знаки и абсолютные значения элементов градиента:

$$\nabla y = \left(\frac{\partial y}{\partial x}, \frac{\partial y}{\partial z} \right).$$

На рис. 1 представлен рейтинг регионов СФО за 2016 г. Расчет рейтинговой оценки был выполнен без использования коэффициентов относительной важности. Нормирование показателей выполнялось с помощью метода эталонного значения, в зависимости от того, какое значение является наилучшим: минимальное или максимальное. Таким образом, значения всех показателей изменяется в пределах от 0 до 1.

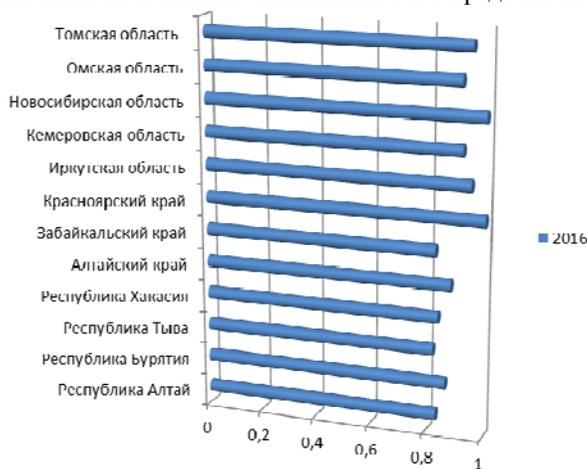


Рис. 1. Рейтинг регионов Сибирского федерального округа в 2016 г.

Для того чтобы определить необходимые абсолютные значения показателей групп, выполняется решение обратной задачи с заданным значением интегральной характеристики группы. После этого осуществляется обратный переход от нормированных значений к величинам в исходных единицах измерения. Например, чтобы рейтинговое значение Томской области равнялось значению лидирующего региона – Красноярскому краю, необходимо увеличить его на 5,15%. Решив задачу, можно сказать, что при существующих трендах улучшение интегральной характеристики может быть выполнено главным образом за счет увеличения значений показателей следующих групп: финансовая обеспеченность, сельскохозяйственное производство, строительство и обеспеченность ИиКТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нижегородцев Р.М., Пискун Е.И., Кудревич В.В. Прогнозирование показателей социально-экономического развития региона // Экономика региона. – 2017. – Т. 13, вып. 1. – С. 38–48.
2. Александров А.М. Прогнозирование социально-экономического развития региона // Вестник Чувашского университета. – 2006.

3. Официальный сайт полномочного представителя Президента России в Сибирском федеральном округе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sfo.gov.ru/okrug> (дата обращения: 05.02.2018).

4. Грибанова Е.Б. Решение обратных задач экономики с помощью модифицированного метода обратных вычислений // Проблемы управления. – 2016. – № 5. – С. 35–40.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

С.Н. Цыганов, аспирант

Научный руководитель В.А. Титов, проф. каф. информатики, д.э.н.

г. Москва, Российский экономический университет

им. Г.В. Плеханова, каф. информатики, tsyganov93@gmail.com

В современных экономических условиях традиционные методы управления медицинскими организациями (МО), ориентированные исключительно на процесс оказания медицинской помощи, малоэффективны, в результате чего возникает необходимость применения новых технологий немедицинского характера, среди которых значительный интерес представляют передовые формы и методы автоматизации, менеджмента, экономического и финансового анализа.

Целью исследования является разработка модели управления экономической деятельностью медицинской организации на основе анализа данных и комплексной автоматизации процессов управления в условиях конкурентного рынка медицинских услуг.

Результаты исследования. На первом этапе исследования были определены особенности управления экономической деятельностью МО. Установлено, что управление экономической деятельностью МО базируется на методологии управления МО и ориентировано на обеспечение устойчивого экономического развития в конкурентной среде, которое достигается за счет использования специальных инструментальных средств, учитывающих особенности производства и реализации медицинских услуг. Определены основные и стратегические задачи управления экономической деятельностью МО, в том числе: удержание позиции на рынке в условиях экономического спада и снижения покупательной способности населения, расширение спектра и улучшение качества предоставляемых медицинских услуг, непрерывное профессиональное обучение кадров, повышение материально-технической оснащенности и овладение новыми технологиями и как итог, привлечение новых пациентов.

Анализ текущей конъюнктуры рынка медицинских услуг позволил сделать вывод, что успешное управление деятельностью медицинской организации в целом и экономической деятельностью в частности становится достаточно сложным и трудно реализуемым в связи с высокой изменчивостью конъюнктуры, в результате чего внутри медицинских организаций происходит трансформация функций главного врача в управленческие.

На втором этапе исследования было выдвинуто предположение, что в условиях конкурентного рынка медицинских услуг связующим звеном между врачами, клиентами и другими субъектами рынка медицинских услуг должна стать экономическая служба.

Обозначены основные функциональные звенья экономической службы и их взаимосвязь с субъектами рынка и подразделениями медицинской организации. С учетом данных положений разработана модель управления экономической деятельностью МО (рис. 1).



Рис. 1. Модель управления экономической деятельностью МО

Разработанная модель направлена на увеличение доходов с минимизацией издержек за счет эффективного управления экономической деятельностью, предоставления качественных медицинских услуг, а также привлечения новых пациентов. Устойчивость модели обеспечивается информационными обратными связями. На основе теоретического анализа и практического опыта выяснено, что реализовать такую модель возможно только с широким использованием

современных методов и средств автоматизации, т.к. традиционные подходы не способны решить задачу комплексной автоматизации экономики МО [1].

На третьем этапе обоснована целесообразность создания комплексной единой информационной системы управления экономической деятельностью МО. Работа в едином информационном пространстве для эффективного управления МО включает регистрацию всех пациентов и происходящих событий, полный учет движения материальных, трудовых и финансовых ресурсов, регистрацию всех действий персонала, регистрацию экономических последствий каждого действия в отношении пациента и т.д.

Все различные информационные системы, сопровождающие бизнес-процессы в МО, должны быть объединены в единую информационную систему или по крайней мере должны быть дополнены «шлюзами», через которые данные могут передаваться из системы в систему [2]. Используя данные, накопленные в единой информационной системе, можно создать инструмент управления экономикой медицинского учреждения.

Комплексная система управления экономической деятельностью МО позволит в режиме реального времени осуществлять планирование и мониторинг деятельности МО, быстро реагировать на изменяющиеся условия рынка (изменение спроса, изменение предпочтений, появление новых конкурентов), а также сможет на основе имеющихся данных сгенерировать обоснованный план по управлению закупками медикаментов, управлению персоналом и фондом оплаты труда, управлению финансами и т.п.

Заключение. В результате проведенного исследования были определены основные задачи экономической деятельности МО и разработана функциональная модель управления экономической деятельностью. Анализ модели показал, что реализация системы возможна только при помощи методов и средств комплексной автоматизации. Комплексная единая информационная система управления экономической деятельностью обеспечит МО весомым преимуществом в условиях конкуренции на рынке медицинских услуг. Руководитель организации, заранее планируя эффект от принятия тех или иных решений, сможет управлять экономикой МО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вокина С.Г., Зотов В.А. Современные подходы к управлению клиникой на основе структурного моделирования себестоимости платных медицинских услуг // Вестник университета Правительства Москвы. – 2017. – № 3. – С. 5–11.
2. Титов В.А., Цыганов С.Н. Разработка методов и средств автоматизации учетной и аналитической деятельности экономиста медицинской организации // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-1. – С. 85–89

ПОДСЕКЦИЯ 5.2

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЭКОНОМИКЕ

*Председатель – Исакова А.И., доцент каф. АСУ, к.т.н.;
зам. председателя – Григорьева М.В., доцент каф. АСУ, к.т.н.*

КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ В «1С: ERP УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ» НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ОГРАНИЧЕНИЙ

Т.Ю. Дунаева, студентка

*Научный руководитель М.В. Григорьева, доцент
г. Томск, каф. АСУ ТУСУРа, ttndnv@gmail.com*

Целью работы является разработка ключевых показателей эффективности производственных предприятий в «1С: ERP Управление предприятием» на основе теории ограничений.

Любая организация для достижения успеха ставит перед собой цели, к которым будет стремиться. Цели могут быть заданы руководством и собственниками компании.

Теория ограничений (Theory of Constraints, ТОС) зарекомендовала себя как эффективный инструмент управленческого мастерства во всём мире, а в России на сегодняшний день только получает своё развитие.

Для упрощения принятия финансовых решений в теории ограничений денежные средства компании подразделяются на три категории, исходя из следующих вопросов:

Сколько денег генерирует система? – Это Проход.

Сколько денег связано в системе? – Это Инвестиции.

Сколько денег требуется потратить на функционирование системы? – Это Операционные Затраты.

В книге «Синдром стога сена» Элияху Голдратта приводятся определения основных операционных показателей ТОС [1]:

Проход (П) – скорость, с которой система (организация) генерирует деньги путем продаж.

Инвестиции (И) – все деньги, которые система (организация) вкладывает в покупку того, что собирается продать.

Операционные затраты (ОЗ) – все деньги, которые система (организация) тратит, чтобы превратить Инвестиции в Проход.

ERP (Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия) – это класс систем, предназначенных для оптимизации ресурсов предприятия.

В 1С: ERP одним из инструментов для анализа и контроля целевых показателей эффективности организации является монитор целевых показателей. Менеджеры организации разных уровней могут получать информацию о системе целевых показателей на приборной панели управления.

Возможности системы прикладного решения позволяют:

- определить для каждой цели один целевой показатель;
- определить для каждой цели потенциально ответственного;
- выделить любое количество подцелей в составе каждой цели, успешное выполнение которых обеспечит достижение вышестоящей цели.

Для анализа целевых показателей в «1С: ERP Управление предприятием 2» предусмотрены различные способы. Можно гибко настраивать состав показателей, алгоритм их формирования, форму представления. Целевые показатели могут быть проанализированы неограниченным количеством вариантов.

Варианты настроек позволяют оперативно анализировать структуру показателей в динамике, определять значения план-фактного анализа, настраивать отображение вариантов анализа на мониторе.

Разработка целевых показателей: Проход, Инвестиции, Операционные затраты.

Входные и выходные данные:

Входные данные поступают из 4 регистров накопления и 5 регистров сведений.

Выходные данные представляют 6 отчётов: три отчёта на мониторе целевых показателей; три внешних отчёта.

1. В подсистеме «Финансовый результат и контролинг»\»Целевые показатели»\»Варианты анализа целевых показателей» были созданы новые цели – «Увеличение Прохода», «Уменьшение Инвестиций», «Уменьшение Операционных затрат». Заполнены реквизиты форм в соответствии со значениями показателей [2].

2. В «Конструкторе запроса» выбраны необходимые таблицы и поля.

3. В «Конструкторе схемы компоновки данных» созданные запросы были интегрированы в подсистему монитора целевых показателей, настроены варианты отчётов.

4. В вариантах анализа целевых показателей созданы варианты анализа. Настроены тип анализа, период и периодичность, источник значения, метод и точность расчета, а также целевые значения показателей.

Операционные показатели были реализованы на платформе «1С: Предприятие». Исходя из актуальности внедрения «1С: ERP Управление предприятием» на производственных предприятиях, ключевые показатели эффективности теории ограничений разработаны для применения в этой области и могут использоваться в качестве аналитического инструмента управленческим персоналом на большинстве производственных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Элия М. Голдратт. Синдром стога сена. Выживание информации из океана данных. – 2005.
2. Введение в конфигурирование в системе «1С: Предприятие 8». Основные объекты. Версия 8.3. ООО «1С-Учебный центр №3». – М., 2015. – 126 с.

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ПЕНСИОННОГО ФОНДА РФ

М.А. Кашиур, аспирант

*Научный руководитель А.М. Кориков, зав. каф. АСУ, д.т.н., проф.
г. Томск, каф. АСУ ТУСУР*

В настоящее время на Пенсионный фонд Российской Федерации (далее – ПФР) возложена обязанность по оказанию двадцати двух государственных услуг [1]. В целях унификации обращения к госуслугам каждая госуслуга содержит регламентированные параметры оказания:

1. Результат оказания госуслуги.
2. Срок оказания госуслуги.
3. Максимальный срок ожидания в очереди при обращении.
4. Исчерпывающий перечень документов (сведений), необходимых для предоставления государственной услуги.

Перечень государственных услуг, оказываемых ПФР, регулярно пересматривается при изменениях в законодательстве, в результате для каждой задачи (группы задач) разрабатывается своя информационная система, часто системы отличаются друг от друга не только структурой, но и средствами реализации, так как выполняются различными подрядчиками. Кроме того, статистические данные из таких

систем являются разнородными, некоторые данные невозможно получить в виде, пригодном для анализа. Таким образом, принятие управленческих решений является затруднительным как для руководителей среднего звена, так и для руководителей высшего звена.

Для решения этой проблемы предлагается разработка информационной системы поддержки принятия решений и мониторинга эффективности деятельности регионального отделения ПФР (на примере Томской области) и районных отделов.

Система поддержки принятия решений (СППР) (англ. Decision Support System, DSS) – компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности [2].

Система состоит из нескольких подсистем (рис. 1):

1. Подсистема сбора данных (хранилище данных). Поставщиками информации для системы будут являться различные существующие информационные системы, данные других ведомств и данные, вводимые вручную.

2. Аналитическая подсистема. Функция аналитической подсистемы – агрегировать данные различных информационных систем, проводить анализ таких данных, сравнивать показатели с критериями эффективности работы отделения, а также с законодательными нормами.

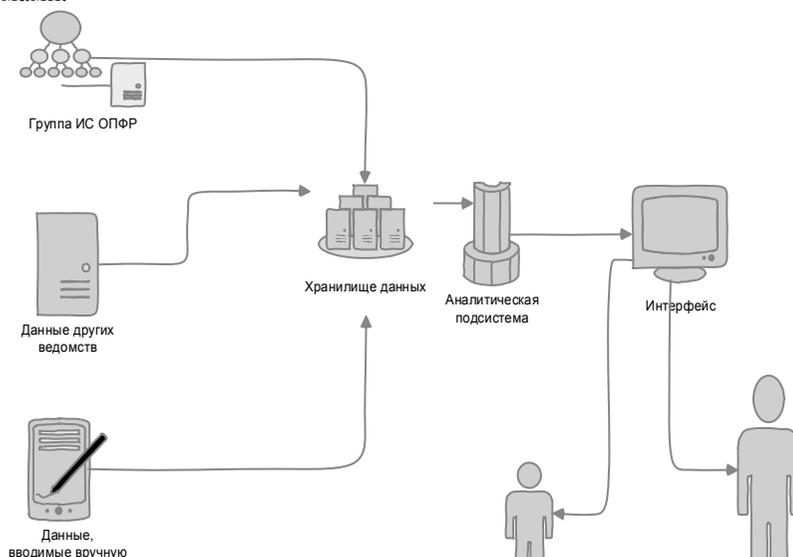


Рис. 1. Структура информационной системы

Критерии и методика оценки эффективности работы регионального отделения разрабатываются конкурсной комиссией ПФР и утверждаются распоряжением Правления ПФР ежегодно. Показатели эффективности разделены по направлениям деятельности, каждый из показателей имеет свой коэффициент индексации, что позволяет варьировать вклад того или иного показателя в зависимости от актуальности направления или показателя.

Расчет итоговой оценки отделения ПФР производится с использованием методов статистического анализа. Для создания равных условий участникам конкурса и объективной оценки их деятельности отделения разбиты на три группы в зависимости от объема выполняемых задач. Победитель определяется в каждой группе.

3. Подсистема вывода данных (интерфейс). Задача подсистемы – представление результатов анализа и сбора данных в виде, удобном и понятном для конечных пользователей системы (руководители среднего и высокого звена).

Структура информационной системы соответствует типовой структуре СППР. Итогом развития такой системы должно стать повышение качества принятия управленческих решений в результате предоставления руководителям достоверной, полной и актуальной информации в режиме реального времени. Информационная система мониторинга эффективности деятельности отделения ПФР, а также районных отделов (на примере ОПФР по Томской области) призвана повысить не только рейтинг отделения ПФР, но и повысить качество пенсионного обслуживания населения региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перечень государственных услуг ПФР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pfrf.ru/info/smev/perech_gosulug/
2. Попов А.Л. Системы поддержки принятия решений: учеб. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. ун-т, 2008. – 80 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КАДРОВОГО УЧЕТА

А.Д. Костина, студентка

*Научный руководитель А.И. Исакова, доцент каф. АСУ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, allesyandra@gmail.com, iai2@yandex.ru*

Известно, что успешное развитие организации зависит от правильного подбора кадров. Следовательно, вопрос о ведении кадров должен занимать одно из ключевых мест на любом предприятии. Важную роль в этом играют ИТ-системы, позволяющие автоматизировать основные функции в работе отдела кадров.

В задачи отдела кадров входят: правильный учёт работников; определение количества рабочих, выходных, больничных дней, отпусков и подача сведений в бухгалтерию; передача сведений на сотрудников в Пенсионный фонд, страховые компании, Налоговую и Миграционные службы [1].

Автоматизация процесса работы сотрудников отдела кадров в Федеральном государственном казённом учреждении «2-й отряд федеральной противопожарной службы по Кемеровской области» является нужным и перспективным процессом, поскольку большая часть работ по оформлению документов ранее велась вручную.

Создание информационной системы (ИС) позволило осуществлять оперативный доступ и подготовку всей необходимой информации по ведению документов по личному составу.

Функции информационной системы:

- учёт штатного состава сотрудников (по функциональному назначению персонал учреждения делится на две группы: сотрудники и работники);

- ввод, хранение и обработка сведений о сотрудниках противопожарной службы (изменение категории сотрудника, изменение должности работника и т.д.);

- ведение различных приказов по личному составу;

- учёт информации об аттестации, повышении квалификации, профессиональной подготовке и переподготовке сотрудников;

- ведение базы данных по командировкам (местная, по регионам РФ, зарубежная) и больничных листов по нетрудоспособности;

- формирование отчетов, выходных форм (автоматическое формирование и вывод на печать различных отчетов, выходных форм);

- поиск необходимой информации (более чем по 5 реквизитам).

Для изучения состояния вопроса данной предметной области были изучены и проанализированы на рынке программных продуктов более 100 программ, предназначенных для ведения кадрового учета. Наиболее известными среди программ для ведения кадрового учета являются [2]:

- 1) «Фараон»;

- 2) «Отдел кадров»;

- 3) «1С Зарплата и Кадры».

Рассмотренные программные продукты имеют общие недостатки, такие как недостаток необходимых функций, учитывающих специфику противопожарной службы, избыточность стандартных функций и стоимость.

При разработке собственной информационной системы для автоматизации деятельности кадров были рассмотрены различные СУБД (MySQL, Oracle Database, Microsoft Access) и программные средства реализации информационной системы (BorlandDelphi, Microsoft Visual C++ for Windows, Microsoft Visual C# for Windows). Было отдано предпочтение среде разработки интерфейса информационной системы Microsoft Visual Studio C# и для разработки базы данных ИС – СУБД MicrosoftAccess [3].

При изучении предметной области и функций разрабатываемой ИС была построена функциональная модель SADT (рис. 1) [4].

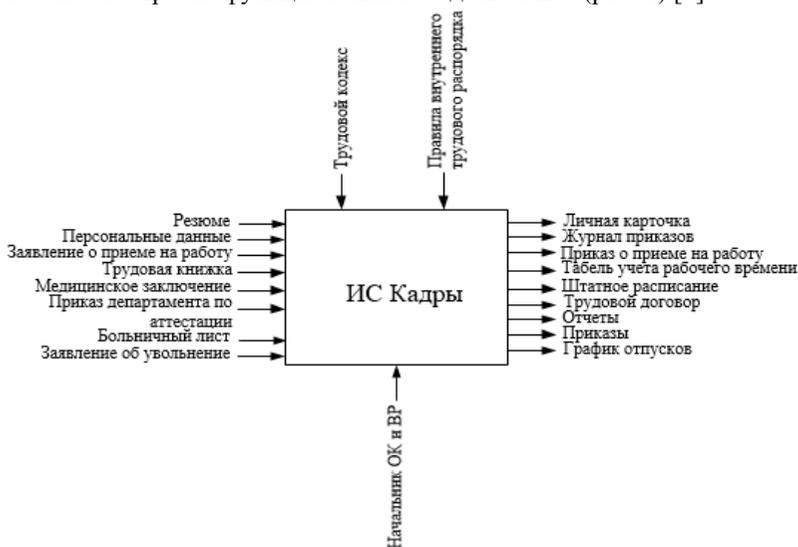


Рис. 1. SADT-модель уровня А-0

На вход ИС подаются резюме, персональные данные, заявление на работу, трудовая книжка, медицинское заключение, больничный лист и заявление об увольнении, которые в дальнейшем могут быть изменены.

Управляющей информацией служат Трудовой кодекс, приказ внутреннего распорядка дня и устав.

Выходными данными являются личная карточка, журнал приказов, табель учета рабочего времени, трудовой договор, штатное расписание, график отпусков и различные приказы и отчеты.

Заключение. В ходе выполнения данной работы была разработана информационная система, позволяющая автоматизировать деятельность отдела кадров. Создание информационной системы позво-

лило сократить временные затраты на оформление и учет необходимой информации по ведению дел по личному составу в Федеральном государственном казённом учреждении «2-й отряд федеральной противопожарной службы по Кемеровской области». Основным преимуществом автоматизации кадрового учета является экономия времени при работе с большим объемом данных.

В работе будет предложен пример работы ИС кадрового учета.

ЛИТЕРАТУРА

1. КакБог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kakbog.ru/otdel-kadrov-na-predpriyatii> (дата обращения: 20.01.2018).
2. Audit-it [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.audit-it.ru/terms/trud/otdel_kadrov (дата обращения: 18.02.2018).
3. Языки программирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.maksakov-sa.ru/> (дата обращения: 18.02.2018).
4. Золотов С.Ю. Проектирование информационных систем: учеб. пособие. – Томск, 2015. – 117 с.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КРЕДИТНЫХ ДОГОВОРОВ

К.В. Мингалёв, студент

*Научный руководитель В.А. Ефремов, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. БИС, mingalevk@gmail.com*

Проведён сравнительный анализ различных систем оценки стоимости кредитных договоров, определен ряд требований к разрабатываемому алгоритму оценки договоров, определены исходные данные для работы разрабатываемого алгоритма, разработан алгоритм для оценивания кредитных договоров, основанный на значении полной стоимости кредита и объеме финансовых потоков заемщика.

Цель исследования: повышение качества оценки кредитных договоров путем автоматизированного анализа основных его частей, позволяющего физическим лицам точнее понимать кредитную нагрузку.

На начальном этапе были сформированы требования к разрабатываемому подходу, для этого был проведен сравнительный анализ систем, реализующих оценку стоимости кредитных договоров.

Параметрами для сравнения были приняты:

- Учет дополнительных платежей.
 - Расчет эффективной процентной ставки;
- Результаты сравнения представлены в таблице.

Сравнение систем

Система	Учет доп. платежей	Расчет ЭПС	Сравнение кредитов
Bankrate [1]	+	+	До 3
decision aide analytics [2]	+	–	До 5
compare2loans [3]	–	–	До 2
FAST [4]	+	+	До 2
calculator-credit [5]	+	+	–
mobile-testing [6]	–	–	До 2

Из таблицы видно, что:

- половина из рассмотренных систем не учитывает эффективную процентную ставку, следовательно, не позволяет заемщику оценить реальную стоимость кредита и потенциальную кредитную нагрузку;

- ни одна из систем не учитывает денежные потоки (доходы, расходы, имеющиеся кредиты и др.) заемщика.

В результате к разрабатываемому подходу оценки кредитных договоров были сформулированы следующие требования:

- расчет стоимости кредита должен производиться с учетом дополнительных выплат и комиссий;

- расчет стоимости кредита должен производиться с учетом текущих денежных потоков заемщика.

В качестве оценки стоимости кредита была выбрана полная стоимость кредита (ПСК), которая включает в себя: платежи для погашения основной суммы и процентов, платежи по обслуживанию кредита и прочие обязательные по договору платежи, а также платежи по страховке, если таковая является обязательной. Размер ПСК рассчитывается индивидуально для каждого кредита и зависит от условий выбранного клиентом кредита, суммы кредита и его срока.

Для удовлетворения второго требования, заключающегося в обязательности учета денежных потоков заемщика, было решено в качестве входящих финансовых потоков использовать сумму заработной платы заемщика или среднемесячный доход за предшествующий год (в случае, если источник дохода не один), а в качестве исходящих денежных потоков – среднюю за месяц сумму расходов за предыдущий год, а также сумму прочих обязательных выплат заемщика.

Таким образом, использование ПСК полностью перекрывает требование об учете дополнительных выплат, а выбор описанных выше входящих и исходящих финансовых потоков удовлетворяет второму требованию, так как в достаточной степени характеризуют финансовое положение заемщика.

В результате был разработан алгоритм, представленный в виде блок-схемы на рис. 1.

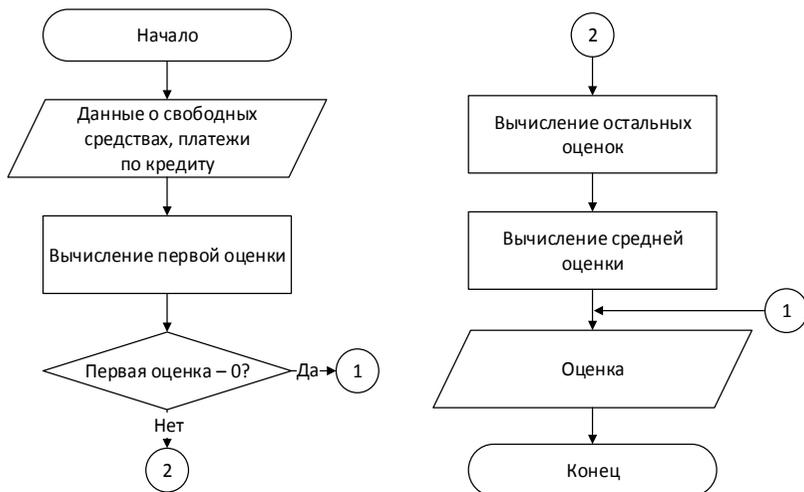


Рис. 1. Блок-схема алгоритма оценивания

Непосредственно процедура вычисления оценки состоит из следующих этапов:

1. Вычисляется значение, равное отношению выплаты по кредиту к свободным средствам, умноженному на 100 (в рамках одного месяца).

2. Далее имеется некий перечень интервалов (диапазонов), в один из которых вычисленное ранее значение может попасть. Диапазоны могут быть разной длины, при этом каждый такой диапазон имеет свой вес.

3. Определяется, в какой из диапазонов попало вычисленное значение.

4. После этого вычисляется сумма максимально возможных значений предыдущих диапазонов (т.е. произведение длины диапазона и его веса) и значение выбранного диапазона, равное разности вычисленного на первом шаге отношения и левой границы диапазона, умноженной на вес диапазона.

Таким образом, полученная оценка является комплексным показателем кредитной нагрузки, оказываемой на заемщика после оформления кредита, учитывающим не только стоимость кредита и его обслуживания, но и финансовое положение заемщика.

ЛИТЕРАТУРА

1. bankrate.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bankrate.com/calculators/home-equity/compare-loans-calculator.asp> (дата обращения: 1.10.17).
2. decisionaide.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.decisionaide.com/Loan1BInput.asp> (дата обращения: 1.10.17).
3. compare2loans.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.compare2loans.com/> (дата обращения: 3.10.17).
4. farmdoc.illinois.edu [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.farmdoc.illinois.edu/pubs/FASTtool.asp?category=loan> (дата обращения: 3.10.17).
5. calculator-credit.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://calculator-credit.ru/calculator.php> (дата обращения: 6.10.17).
6. mobile-testing.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://mobile-testing.ru/kalkuljator_sravnenie_kreditov/ (дата обращения: 6.10.17).
7. Федеральный закон от 21.12.2013 № 353-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О потребительском кредите (займе)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155986/ (дата обращения: 28.10.17).
8. Указание Банка России от 23.04.2014 № 3240-У «О табличной форме индивидуальных условий договора потребительского кредита (займа)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165165/ (дата обращения: 28.10.17).

ПОДСЕКЦИЯ 5.3

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ФИНАНСОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

*Председатель – Васильковская Н.Б., доцент каф. экономики, к.э.н.;
зам. председателя – Цибульникова В.Ю., доцент каф. экономики*

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ 2018 ГОДА ПО НАЛОГУ НА ПРИБЫЛЬ НА НАЛОГОВОЕ БРЕМЯ ОРГАНИЗАЦИЙ

А.Д. Фокина, студентка

*Научный руководитель Г.А. Золотарёва, доцент каф. экономики, к.э.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. экономики, fokinaalisatomsk@mail.ru*

Налоговое законодательство меняется постоянно. Большая часть нововведений и корректировок направлена на повышение экономической активности населения и хозяйствующих субъектов. С 2018 г. в силу вступает более двухсот изменений и поправок, в частности, по НДС, НДФЛ, УСН и налогу на прибыль.

Величина налога на прибыль прямо зависит от конечного финансового результата деятельности организаций. Поэтому изменения по налогу позволяют значительно влиять на развитие экономики, активизировать или замедлять деловую активность в различных отраслях.

В 2018 г. обязанность по уплате налога на прибыль остаётся прежней. Также без изменений остаётся разделение налоговых поступлений между уровнями бюджетов на федеральный и региональный. На рис. 1 представлена динамика поступлений от налога на прибыль в консолидированный бюджет Томской области по данным ИФНС [1].

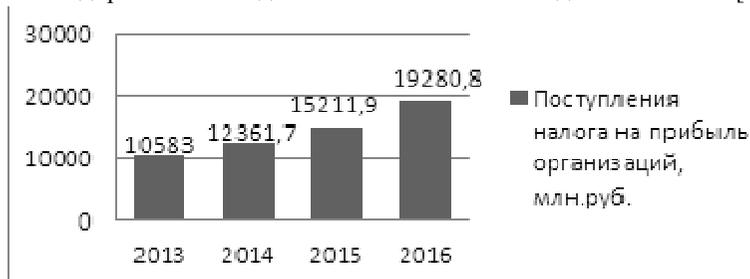


Рис. 1. Динамика поступлений в консолидированный бюджет за 2013–2016 гг.

Из рис. 1 видно, что налоговые поступления по налогу на прибыль организаций растут, что характеризует рост экономики в Томской области. Связано это с увеличением эффективности и прибыльности предприятий и организаций.

В таблице представлены основные изменения 2018 г. по налогу на прибыль организаций.

**Изменения налогового законодательства 2018 г.
в части налога на прибыль организаций [2]**

Изменение	Суть изменения	Закон
1	2	3
Новые ставки по налогу	Налог на прибыль необходимо платить по новым ставкам. Снижена ставка налога с 3 до 2%, зачисляемого в федеральный бюджет. Эти изменения касаются организаций-резидентов особых экономических зон	Федеральный закон от 27.11.2017 № 348-ФЗ
Новый порядок расчета резерва сомнительных долгов	В соответствии с правилами 2017 г., при формировании резерва долг контрагента необходимо уменьшить на сумму встречной кредиторской задолженности. Сомнительным долгом признаётся непокрытый остаток. С 2018 г. уменьшить на встречную кредиторскую задолженность необходимо дебиторскую задолженность с наибольшим периодом просрочки	Федеральный закон от 27.11.2017 № 335-ФЗ
Расширен перечень расходов	С 2018 г. стоимость обучения сотрудников по договорам о сетевой форме реализации образовательных программ можно отнести к расходам по налогу на прибыль	Федеральные законы от 18.07.2017 № 166-ФЗ, № 169-ФЗ
Инвестиционный вычет	Инвестиционный вычет позволяет уменьшить налог на прибыль на стоимость приобретения объектов основных средств или модернизацию основных средств из третьей-седьмой амортизационной группы. Чтобы воспользоваться вычетом, его должны ввести региональные власти	Федеральный закон от 27.11.2017 № 335-ФЗ
Освобождение от налога по вкладам участников ООО	Теперь можно принимать от участников ООО (с любой долей в уставном капитале) деньги, права или имущество и не платить с них налог на прибыль при условии, что целью передачи является пополнение чистых активов	Федеральный закон от 30.09.2017 № 286-ФЗ

Продолжение таблицы

1	2	3
Расширение перечня расходов на НИОКР	<p>Организации, выполняющие НИОКР из перечня, утверждённого Правительством РФ, могут списывать «новые» расходы на НИОКР с коэффициентом 1,5.</p> <p>В расходах на науку теперь можно учитывать покупку исключительных прав на изобретение, образцы, полезные модели.</p> <p>Организации могут включать в расходы на науку не только заработную плату сотрудников, но и трудовые премии, надбавки, страховые взносы с этих выплат</p>	Федеральный закон от 18.07.2017 № 166-ФЗ
Нулевая ставка по налогу	С 2018–2020 гг. введена нулевая ставка по налогу на прибыль для организаций, занимающихся туристической деятельностью на Дальнем Востоке. Чтобы воспользоваться нулевой ставкой, организации необходимо соответствовать ряду условий	Федеральный закон от 18.07.2017 № 168-ФЗ
Освобождение от налога активов, обнаруженных при инвентаризации	С 2018 г. организациям не нужно платить налог на прибыль с излишков в виде прав на результаты интеллектуальной деятельности, если они были обнаружены в ходе инвентаризации в 2018–2019 гг.	Федеральный закон от 18.07.2017 № 166-ФЗ

Возможность применения инвестиционного вычета должна стимулировать предпринимателей к обновлению, созданию и модернизации основных средств. Только при условии хорошего технического состояния производственной базы, своевременного технического перевооружения производства и обновления основных фондов предприятие можно рассчитывать на успех его деятельности и стабильный рост [3].

Большинство изменений, касающиеся налога на прибыль, направлены в пользу предпринимателей. Новые льготы позволяют снизить налогооблагаемую прибыль, увеличивая объёмы хозяйственной деятельности. При этом налоговое бремя, рассчитанное как отношение уплаченных налогов к сумме выручки от продаж и внереализационных доходов, уменьшается.

Нововведения 2018 г. касаются не только налога на прибыль, но и других статей Налогового кодекса. Предпринимателям необходимо своевременно реагировать на изменения налогового законодательства, чтобы избежать финансовых санкций и прочих проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная налоговая служба [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nalog.ru/> (дата обращения: 20.02.2018).
2. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 № 117-ФЗ.
3. Гордеева А.Э. Обновление основных производственных фондов в промышленном производстве и источники их финансирования // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2016. – № 11 [Электронный ресурс]. – URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2016/11/12845> (дата обращения: 20.02.2018).

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРУЧКИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ В ИНОСТРАННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

И.В. Гуменников, аспирант;

А.А. Михальчук, доцент ОМИ ШБИП, к.ф.-м.н.;

В.В. Спицын, доцент ШИП, к.э.н.

г. Томск, НИТПУ, iv.gumennikov@gmail.com aamih@tpu.ru

Проблемы предсказания выручки предприятия являются актуальными в современной экономике. От выручки зависит большинство основных показателей предприятия, которые могут планироваться с помощью норм и нормативов и другими методами. Сама же выручка не планируется, а прогнозируется с использованием субъективных и объективных методов.

Целью настоящей работы является исследование возможности прогнозирования выручки предприятий на основе экономико-математических методов (экстраполяция линейного тренда). Объектом исследования являются предприятия в иностранной собственности (ИС), занимающиеся производством машин и оборудования (подраздел ДК ОКВЭД 1.1). Выборка составила 84 предприятия, выручка (В) которых составляла не менее 100 млн руб. ежегодно за 2012–2016 гг. Период исследования: 2012–2016 гг., включает проблемный период 2014–2016 гг. Прогнозный период – 2017 г.

Методика исследования:

1. Кластеризация предприятий по среднегодовой устойчивости относительно линейного тренда (DR) (сумма модулей отклонений фактических значений от линейного тренда, нормированных на среднюю выручку и на количество лет).

2. Построение прогнозных моделей для предприятий каждого кластера с 95%-ными доверительными интервалами (линейный тренд, построенный средствами регрессионного анализа в программе Statistica).

3. Оценка полученных прогнозных моделей.

Данные по выручке предприятий получены из системы СПАРК [1]. Созданная таким образом база данных использовалась далее в системе Statistica [2] для кластерного и регрессионного анализа.

Результаты статистического анализа. На первом этапе в результате кластеризации методами К-средних и иерархической кластеризации (с помощью правила объединения – метода Варда и различных мер близости (расстояния Евклида, Чебышева и городских кварталов)) по характеристике устойчивости относительно линейного тренда (DR) показателя «Выручка» на период 2012–2016 гг. получено разбиение 84 предприятий на 9 кластеров (рис. 1) с подкластерами по средней выручке (m). Параметрический F -критерий и ранговый критерий Краскела–Уоллиса показали, что кластеры по совокупности отличаются высоко значимо (на уровне $p < 0,0005$) по DR и сильно значимо (на уровне $0,0005 < p < 0,005$) по m . Характеристики всех кластеров приведены в табл. 1 (n – число предприятий каждого кластера).

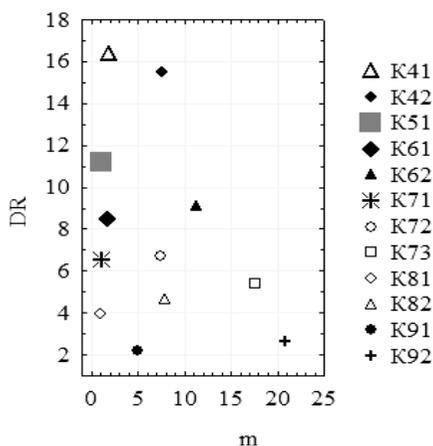


Рис. 1. Фрагмент диаграммы рассеяния кластеров предприятий ИС ДК

Таблица 1

Характеристики кластеров ИС ДК

Кл	m	DR	n
K11	1,32	55,20	4
K21	1,328	38,80	5
K22	12,39	39,14	1
K31	0,847	27,20	9
K41	1,880	16,36	10
K42	7,550	15,48	1
K51	1,073	11,22	18
K61	1,825	8,486	8
K62	11,35	9,100	1
K63	86,57	7,633	1
K71	1,129	6,550	8
K72	7,501	6,711	2
K73	17,62	5,373	1
K81	0,979	3,957	8
K82	7,924	4,616	2
K91	4,944	2,166	4
K92	20,87	2,625	1

На втором этапе в рамках регрессионного анализа для представителей кластеров были рассчитаны прогнозные значения выручки на 2017 г. (табл. 2 и рис. 2) и определен процент отклонения верхней и нижней границы 95%-ного доверительного интервала от прогнозного значения выручки на 2017 г. (DR2017).

Таблица 2

**Прогнозные значения выручки
и процент отклонения**

Кл	2017	-95%	95%	DR2017
К91	0,76	0,71	0,81	6,4
К92	27	24,5	29,5	9,3
К81	0,3	0,2	0,3	12,6
К71	0,8	0,6	0,9	17
К73	17,3	12,9	21,7	25,5
К82	10,2	7,4	13,1	27,7
К63	84,8	53,8	115,7	36,5
К42	16,4	10,3	22,4	36,8
К61	0,4	0,2	0,6	41,5
К41	0,6	0,3	0,8	46,9
К62	10,8	5,2	16,4	51,8
К51	0,2	0,1	0,3	60,9
К22	28,4	4,2	52,5	85,3
К31	0,2	-0,1	0,4	152,1
К21	0,4	-0,8	1,6	280,2
К11	0,4	-1	1,8	329,7

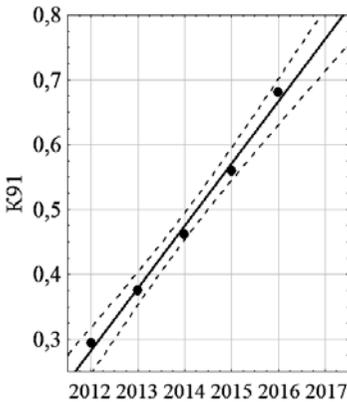


Рис. 2. Линейный временной тренд
выручки для предприятия кластера
К91

Заключение. Проведенное исследование показало, что в сложных (нестабильных) экономических условиях возможности прогнозирования выручки предприятий по линейному тренду сильно ограничены. Достаточно точные прогнозы получаются только по 5 предприятиям кластеров К91 и К92 (95%-ный доверительный интервал по ним составляет $\pm 6-10\%$ от прогнозного значения), т.е. по 6% предприятий выборки.

По кластерам К8 (К81 и К82) и К7 (К71, К72, К73) (21 предприятие, или 25% предприятий выборки) прогнозы возможны, но менее точные (дов. интервал $\pm 12-28\%$ от прогнозного значения).

По предприятиям других кластеров (69% предприятий выборки) доверительные интервалы велики ($\pm 36-330\%$), поэтому требуется применение иных методов прогнозирования выручки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-06-00584 А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационный ресурс СПАРК [Сетевое издание]. – URL: <http://www.spark-interfax.ru/> <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 03.03.2018).
2. Халафян А.А., Боровиков В.П., Калайдина Г.В. Теория вероятностей, математическая статистика и анализ данных: Основы теории и практики на компьютере. STATISTICA. EXCEL. – М.: URSS, 2016. – 317 с.

ОЦЕНКА ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ

В.А. Редозубова, студентка

г. Томск, ТУСУР, каф. экономики, r.valya19@gmail.com

В условиях стремительного развития рыночной экономики необходимо постоянно контролировать финансовое состояние для своевременного реагирования на изменения. Особую роль это играет для руководителя, целью которого является занятие более высоких конкурентных позиций, получение инвестиционных ресурсов и как результат, увеличение потенциальных возможностей своей организации. Информация, полученная в ходе анализа, также значима для кредиторов и инвесторов, которым необходимо знать, сможет ли организация вовремя оплачивать свои обязательства и финансировать инвестиции.

Одним из показателей, которые характеризуют финансовое положение предприятия, является его способность своевременно и в полном объеме выполнять свои текущие обязательства и рассчитываться по долгам за счет имеющихся денежных ресурсов. Платежеспособность помогает принять решение о сотрудничестве с организацией, а также характеризует кредитоспособность и инвестиционную привлекательность.

Считается, что способность предприятия расплачиваться по долгам определяется степенью его ликвидности. Поэтому при анализе платежеспособности организации рекомендуется рассчитывать и оценивать коэффициенты ликвидности, которые рассчитываются по бухгалтерскому балансу.

Показатели, полученные на основе анализа баланса, не раскрывают информацию о будущих поступлениях и расходах, что является значимым для инвесторов и кредиторов. Главным недостатком данных коэффициентов является их статичность, так как баланс фиксирует итоги деятельности организации. Поэтому целесообразно использовать отчет о движении денежных средств.

Для того чтобы в полной мере оценить реальную возможность организации расплатиться по долгам, необходимо провести анализ движения ее денежных средств, а также рассчитать и оценить коэффициенты платежеспособности, чтобы выявить дефицит или избыток денежных средств, а также источники их поступления и направления расходования [1].

Для анализа денежных потоков обычно используются оценка абсолютных показателей и коэффициентный метод.

При оценке абсолютных показателей отчета о движении денежных средств используются прямой и косвенный методы. Прямой метод имеет недостаток, который заключается в том, что при его применении не определяется взаимосвязь изменения объемами денежных средств и полученной прибыли. В свою очередь косвенный метод, определяя влияние изменения по каждой статье активов и пассивов бухгалтерского баланса на денежные средства и чистую прибыль организации, устраняет этот недостаток.

Использование прямого и косвенного методов анализа не позволяет в полной мере оценить уровень управления денежными потоками и степень эффективности использования денежных средств.

Такая информация может быть получена в результате коэффициентного анализа, использование на практике коэффициентного метода анализа денежных потоков позволяет более полно оценить, с одной стороны, уровень достаточности денежных средств организации, а с другой – степень эффективности их использования [2].

Коэффициент платежеспособности по отчету о движении денежных средств рассчитывается как отношение суммы остатка денежных средств на начало периода и поступивших денежных средств к выплатам за период. Данный показатель необходимо рассчитывать для того, чтобы определить, насколько может сократиться приток денежных средств, чтобы при этом оставалась возможность осуществлять необходимые платежи. Недостатком этого показателя является то, что оценка платежеспособности на его основе может быть недостоверной, потому что отчет о движении денежных средств учитывает только наличные средства и не отражает дебиторскую задолженность. Отсюда следует, что коэффициент платежеспособности определяет вероятность оплаты только краткосрочных обязательств, но не долгосрочных.

Для устранения данного минуса рекомендуется определять коэффициент реальной платежеспособности. Для расчета используются суммы сформировавшейся и оплаченной кредиторской задолженности, полученных краткосрочных и долгосрочных кредитов банка и суммы по взаимозачетам.

Если коэффициент реальной платежеспособности равен единице, то можно говорить о бесперебойном функционировании организации. Такой показатель является качественной оценкой платежеспособности [3].

Таким образом, для получения достоверной информации для руководителя и потенциальных кредиторов и инвесторов необходимо проводить анализ денежных потоков по приведенным коэффициентам. На основе этих показателей руководство сможет эффективней управлять свободными денежными ресурсами, инвестор – определить

наиболее значимые направления вложений, а кредитор – получить информацию о платежеспособности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Форма «Отчет о движении денежных средств»: особенности составления и оценка платежеспособности коммерческой организации на ее основе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/forma-otchet-o-dvizhenii-denezhnyh-sredstv-osobennosti-sostavleniya-i-otsenka-platezhesposobnosti-kommercheskoj-organizatsii-na-ee> (дата обращения: 20.02.2018).

2. Денежные потоки в оценке платежеспособности организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uecs.ru/uecs-83-832015/item/3829-2015-11-26-13-06-15/> (дата обращения: 20.02.2018).

3. Анализ эффективности использования денежных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uecs.ru/uecs-83-832015/item/3829-2015-11-26-13-06-15/#> (дата обращения: 20.02.2018).

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД К СОЦИАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКЕ НАСЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Е.Н. Вершинникова, студентка

Научный руководитель Н.Б. Васильковская, доцент каф. экономики, к.э.н. г. Томск, ТУСУР, каф. экономики, lenok.vershinnikova2196@mail.ru

Одной из ключевых проблем современности является относительно высокий уровень бедности населения на фоне больших бюджетных расходов на эти цели (рис. 1).

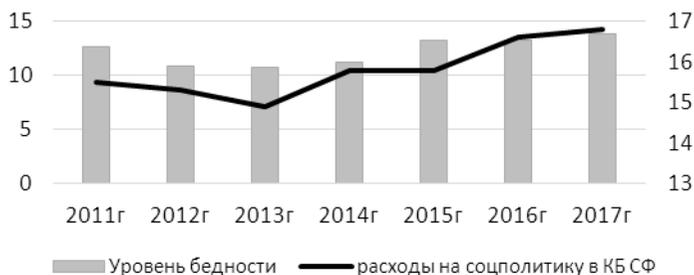


Рис. 1. Динамика уровня бедности, расходы на социальную политику в консолидированных бюджетах субъектов РФ, % [1]

По субъектам РФ отклонение показателя «доля населения с доходами ниже прожиточного минимума» от средних значений может достигать 80%, например, в Красноярском крае этот показатель в 2016 г. составил 18,6% при среднем значении 13,3%. Меры социальной

поддержки реализуются на условиях софинансирования, поскольку часть из них относится к федеральным расходным обязательствам, а часть – к субфедеральным. С 2014 г. приоритетным способом реализации государственной политики становятся государственные программы (ГП), программная технология ложится в основу разработки бюджетов всех уровней. Программный подход продолжает идею бюджетирования, ориентированного на результат, и его особенностью является детализация государственных приоритетов с помощью дерева целей; установление связей между целями и ресурсами; между исполнителями; разработки программ, направленных на достижение стратегических целей.

Цель работы – рассмотреть методiku формирования и реализации госпрограмм на примере ГП «Социальная поддержка граждан». Стратегическими целями ГП являются понижение уровня бедности и повышение доступности социального обслуживания населения [2]. В качестве ключевых показателей по целям выступают удельный вес населения с доходами ниже прожиточного минимума, и удельный вес граждан, получивших социальные услуги в общем числе обратившихся. Эти показатели являются и плановыми, и оценочными. Цели конкретизируются в четырех задачах, в соответствии с каждой сформирована подпрограмма. Наибольший удельный вес в федеральном бюджете ГП – 56,8% – приходится на подпрограмму (ПП) "Развитие мер социальной поддержки отдельных категорий граждан"; в Красноярском крае за этой ПП закреплено 50% средств, и в ней предусмотрено более 130 видов МСЗ в денежной форме, в т.ч. 46 инициативных МСЗ.

В Красноярском крае в 2017 г. в структуре финансирования ГП основной источник – краевой бюджет, и доля расходов на эти цели в бюджете края составляет более 10% всех расходов бюджета [3].



■ федеральный бюджет ■ краевой бюджет ■ внебюджетные источники

Рис. 2. Структура источников финансирования ГП в Красноярском крае, 2016 г., %

С начала реализации ГП выявилось много процессных, организационных, финансовых и социальных проблем. Для того, чтобы программный подход превратить в технологию, должна быть создана инструментальная поддержка – классификаторы объектов, субъектов управления, мер управления, источников финансирования. На федеральном уровне создана ЕГИССО, классификатор МСЗ, в которых выделены около 260 МСЗ, 4 типа источников финансирования. Действует единая программная классификация бюджета. На субъектном уровне задачами являются распределение средств между ПП и участниками программ. С нашей точки зрения, принципиально важной является другая проблема – повышение адресности МСЗ. В этом направлении совершенствуется и федеральное, и региональное законодательство. С одной стороны, ограниченные рамки бюджета ГП, с другой – большое количество льготников, сокращение которых негативно повлияет на показатель уровня бедности. Кроме того, есть категории граждан (бомжи, цыгане, ...), выпадающие из этого списка. Превращение ГП в мощный инструмент решения стратегических задач требует изменений в бюджетном законодательстве, в менеджменте, в технологической базе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2017 г. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_14p/Main.htm
2. Государственная программа Российской Федерации «Социальная поддержка граждан»: Министерство труда и социальной защиты, 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/ministry/programms/3/2>
3. Программы и ключевые документы Красноярского края // Министерство социальной политики Красноярского края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://szn24.ru/node/395>
4. Афанасьев М.П. и др. Технология подготовки программного бюджета. // Академия бюджета и казначейства. Финансовый журнал. – № 3. – 2010.

АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А.В. Воронина, студентка

*Научный руководитель Ф.А. Красина, доцент каф. экономики
г. Томск, ТУСУР, каф. экономики, anastasia.voronina.96@mail.ru*

Об эффективности деятельности коммерческой организации можно судить по полученным ею финансовым результатам. Самый распространенный и наиболее простой к восприятию показатель – это

прибыль. Каждая компания стремится к достижению максимально возможного значения данного показателя.

Из рис. 1 видно, что число малых предприятий, которые являются прибыльными, растет с каждым годом, однако вместе с тем растет и количество убыточных предприятий. Темп роста убыточных предприятий составлял наибольшее значение в период 2014–2015 гг., данное изменение можно объяснить введением антироссийских санкций, их влияний и последствий. В 2015–2016 гг. Россия акклиматизировалась к влиянию данного воздействия, следовательно, темп роста прибыльных предприятий возрос [1].

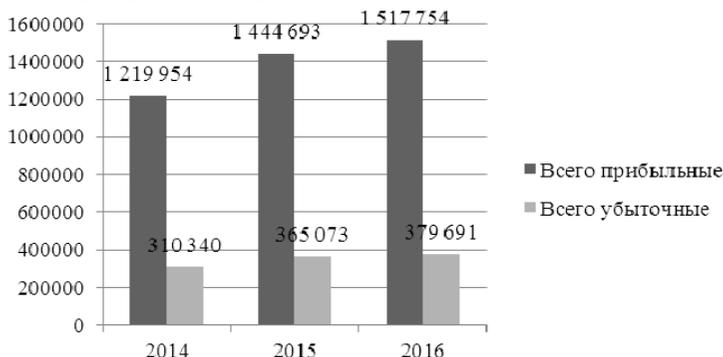


Рис. 1. Динамика распределения всех малых предприятий по финансовым результатам в России

На рис. 2 отражено распределение предприятий обрабатывающих производств по полученным финансовым результатам. Темп роста прибыли для данной отрасли имеет схожую тенденцию со всеми предприятиями по стране (рис. 1) – это касается, как убыточных, так и прибыльных организаций [1].

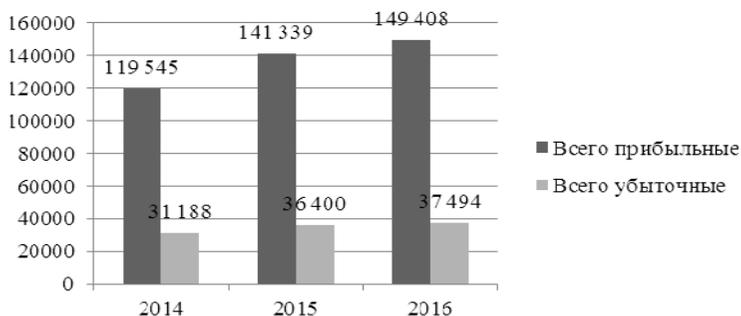


Рис. 2. Динамика распределения обрабатывающих производств по финансовым результатам

Продуктивность работы малых и средних предприятий очень важна для крупных организаций, и наоборот. Для крупных предприятий гораздо сложнее проводить модернизацию, выходить на новый рынок сбыта, вводить новые технологические решения из-за их масштабов производства, и малые предприятия выполняют данную задачу, позволяя сократить имеющиеся риски крупным компаниям, а также усовершенствовать свою деятельность и максимизировать свой доход [2].

Рассмотрим динамику финансовых результатов на примере ООО «Юргинский машиностроительный завод» (табл. 1) [3].

Производственная деятельность общества основана на выпуске горно-шахтного оборудования, производства грузоподъемной техники, специальных автотранспортных средств, металлургической продукции и выработки теплоэнергоресурсов. Реализация продукции производится в основном на внутреннем рынке.

На рис. 3 отражена структура производства данного предприятия, из которой видно, что основным направлением является механосборочное производство. Среднесписочная численность сотрудников на 2016 год составила 2 952 человека [4].

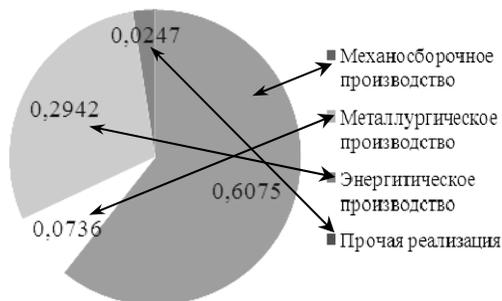


Рис. 3. Структура производства Юргинского машиностроительного завода на 2016 г.

Таблица 1

Чистая прибыль (убытки) ООО «Юргинский машиностроительный завод»				
Год	2013	2014	2015	2016
Сумма, тыс. руб.	(504 911)	(1 141 491)	(1 244 469)	(1 025 234)

Деятельность Юргинского машиностроительного завода является убыточной на протяжении нескольких последних лет, с помощью прогнозирования можно оценить сумму убытка для 2017 г. и предложить меры его устранения в будущем.

Наиболее подходящим методом прогнозирования является – метод экспоненциального сглаживания, так как он не требует большой информационной базы, учитывает веса исходной информации и довольно прост в использовании.

Расчет прогнозируемого объема прибыли (убытка) производится по формуле [5]

$$\tilde{y}_{t+1} = \alpha \times y_t + (1 - \alpha) \times \tilde{y}_t, \quad (1)$$

где α – параметр сглаживания; y_t – фактическое значение для периода t ; \tilde{y}_t – экспоненциально взвешенная средняя для периода, предшествующего прогнозируемому.

Расчет параметра сглаживания рассчитывается по формуле [5]

$$\alpha = \frac{2}{n+1}, \quad (2)$$

где n – это число периодов с фактическими данными.

Для корректного расчета сначала необходимо определить значение параметра сглаживания α :

$$\alpha = \frac{2}{n+1} = \frac{2}{4+1} = 0,4.$$

Затем рассчитывается среднее арифметическое значение – база для расчета остальных периодов[5]:

$$\tilde{y}_{2013} = \frac{\sum y}{n} = \frac{504911 + 1141491 + 1244469 + 1025234}{4} = 979026,3 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Далее непосредственно рассчитывается экспоненциально взвешенная средняя для 2014 г.:

$$\tilde{y}_{2013} = 0,4 \times 1141491 + (1 - 0,4) \times 979026,3 = 789380,2 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Экспоненциально взвешенная средняя для 2015 г. рассчитывается таким же образом:

$$\tilde{y}_{2013} = 0,4 \times 1244469 + (1 - 0,4) \times 789380,2 = 930224,5 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Остальные значения экспоненциально взвешенной средней рассчитываются аналогично, результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Прогнозирование финансовых результатов
ООО «Юргинский машиностроительный завод»**

t	y_t , тыс. руб.	\tilde{y}_t , тыс. руб.
2013	504 911	979 026,3
2014	1 141 491	789 380,2
2015	1 244 469	930 224,5
2016	1 025 234	1 055 922
2017	–	1 043 647

Прогнозное значение чистой прибыли (убытка) Юргинского машиностроительного завода для 2017 г. составило 1 043 647 тыс. руб., что на 18 412,97 тыс. руб. (1,8%) больше, чем в 2016 г.

Предприятию необходимо провести факторный анализ для выявления факторов, позволяющих сократить размер убытка, а также оценить эффект изменения выявленных факторов. Увеличение загрузки производства и поиск новых заказчиков позволит увеличить приток денежных средств и сократить убытки. Подобные мероприятия подходят как малым, так и крупным предприятиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/mal-pred17.pdf (дата обращения: 18.02.2018).
2. Пузина О.А., Саркисов С.М. Связь малого и крупного бизнеса // Концепция развития учетных и финансовых механизмов в организациях малого бизнеса в условиях модернизации экономики региона. – 2015. – С. 120–125.
3. Отчет о финансовых результатах 2016 г. Юргинского машиностроительного завода.
4. Пояснительная записка к годовому отчету 2016 г. Юргинского машиностроительного завода.
5. Кулешова Е.В. Методы прогнозирования и планирования // Макроэкономическое планирование и прогнозирование. – 2-е изд., доп. – Томск: Эль Контент, 2015. – С. 26–30.

ПОДСЕКЦИЯ 5.4

ПРОЕКТНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

*Председатель – Афонасова М.А., зав. каф. менеджмента, д.э.н.;
зам. председателя – Богомолова А.В., к.э.н., доцент
каф. менеджмента, декан ЭФ*

МАЛОБЮДЖЕТНЫЙ МАРКЕТИНГ В МАЛОМ И СРЕДНЕМ БИЗНЕСЕ

*В.Д. Захарова, Т.М. Носикова, магистранты;
Е.К. Малаховская, аспирант*

*Научный руководитель А. А. Голубева, ст. преп. каф. АОИ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, alex.golubeva@gmail.com*

Сегодня малый бизнес играет важнейшую роль в экономике каждой страны, малые предприятия в рыночной экономике любого государства выступают основным сектором определяющего темпа роста внутреннего валового продукта (ВВП). За счет того, что от малого бизнеса напрямую зависят структура и качество ВВП, все развитые страны активно поддерживают данный сектор. В развитых государствах с рыночной экономикой на малый бизнес приходится в среднем 60–70% ВВП [1].

Но, к сожалению, в нашей стране сектор малого бизнеса развит очень слабо. По экспертным оценкам, вклад малого и среднего предпринимательства в ВВП России находится на уровне 17–20%, что в три раза ниже аналогичного показателя стран Евросоюза, США и Японии [1]. От уровня развития малого бизнеса зависит степень развития экономики государства. Так, достаточно взглянуть на таблицу, где приведены основные показатели малого и среднего бизнеса (МСБ) [2].

Из данной таблицы видно, что самый высокий показатель имеет соотношение МСП к общему числу всех предприятий. Именно данный показатель характеризует динамику развития малого бизнеса, но не всегда отражает реальную ситуацию, так как большинство зарегистрированных компаний не осуществляют свою функцию. Поэтому рост количества зарегистрированных фирм не оказывает большого

влияния на развитие МСП, и это доказывают показатели численности занятых в малом бизнесе и его вклад в ВВП.

Показатели развития малого и среднего бизнеса [2]

Показатели	РФ	Страны – члены ЕС
Вклад малого бизнеса в ВВП страны, %	17–20	50–70
Численность занятых в малом и среднем бизнесе от числа всех занятых во всех предприятиях, %	27	67,4
Доля малого и среднего бизнеса в общем числе всех предприятий, %	97,2	99,8

Главные трудности, с которыми сталкивается малый бизнес, в основном связаны с большими рисками и ограниченностью в финансовых ресурсах, в том числе – бюджетов на рекламную и маркетинговую работы.

Маркетинг зачастую играет большую роль в успехе любого бизнеса. Некоторые бизнесмены думают, что продвижение компании стоит немалых затрат, но это не всегда так. В современном мире существует ряд маркетинговых методов, которые, в свою очередь, требуют небольших вложений, но более эффективно увеличивают продажи компании, а следовательно, и прибыль.

Целью работы является обзор малобюджетных инструментов продвижения товаров и услуг. В настоящее время большинство предпринимателей малого бизнеса все активнее использует «партизанский» метод маркетинга, так как он не требует больших вложений (вплоть до нулевых затрат) и позволяет тщательно изучить своих покупателей и использовать нетрадиционные способы и каналы продвижения.

Идея «партизанского» маркетинга базируется на незаметности, скрытности кампании. В идеале при проведении рекламной кампании потребитель не догадывается, что ему рекламируют какой-либо продукт или услугу, он чувствует лишь безосновательный посыл к покупке.

Несмотря на всю привлекательность использования «партизанского маркетинга», данный метод имеет и свои недостатки. К основному недостатку относится сложность создания рекламной кампании. «Партизанский» маркетинг, прежде всего, базируется на интеллектуальных ресурсах человека, и не каждый специалист сможет сходу создать креативную идею.

Тем не менее современные бизнесмены и предприниматели приспособились применять уловки «партизанского» маркетинга, простые по своей сути, но не менее эффективные и не требующие сверхкреативного склада ума. В данной статье будет представлено несколько примеров малобюджетного маркетинга.

Проинформировать своих клиентов о проведении различных акций или поступлении новых коллекций поможет такой вариант малобюджетного маркетинга, как SMS-рассылка. При использовании данного инструмента (который, кстати, является очень эффективным) важно помнить, что рассылка спама, на который клиент не давал своего согласия, влечет за собой штраф в размере от 100 до 500 тысяч рублей для юридических лиц. Создавайте креативные сообщения, которые повысят лояльность потенциального клиента.

Продвижение товаров с помощью партнеров – обменяться несколькими стопками визиток с другими предприятиями малого бизнеса – неплохая идея для тех, кто только выходит на рынок. Этот вариант подойдет любому бизнесу.

Группы в социальных сетях – сегодня многие фирмы успешно используют такой метод продвижения своих товаров и услуг. Через социальные сети продают самые различные товары, а также предлагают многочисленные услуги – никаких денежных затрат!

Реклама на асфальте – это достаточно нестандартный ход, который позволяет без малейших затрат сообщить огромному количеству потенциальных клиентов о вашем существовании. Размещенные подобным образом объявления должны быть лаконичными, четкими и обязательно содержать контактные данные (в том случае, если они не расположены в непосредственной близости от компании, разместившей данное объявление, особенно, если организация, рекламирующая свои товары или услуги, малоизвестная).

Описанные выше приёмы малобюджетного маркетинга подходят, в основном, малому и среднему бизнесу: большим корпорациям применение «партизанского» маркетинга фактически ничего не даст. Крупные фирмы и без того располагают значительным бюджетом, а значит, могут потратить на маркетинговые коммуникации гораздо больше средств. Малый и средний бизнес же не может использовать значительную часть своего бюджета на маркетинг и, следовательно, ведёт «скрытую войну» за место на рынке, применяя «партизанские» методы – в данном случае, креативный и малозатратный «партизанский» маркетинг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестоперов А. Сектор повышенной опасности: малый и средний бизнес ожидает чистилище // Национальный банковский журнал. – 2009. – № 4 (61) (дата обращения: 20.02.2018).

2. Нурмухаметов А.В. Значение малого и среднего бизнеса в экономике страны // Актуальные вопросы экономических наук: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Уфа, июнь 2014 г.). – Уфа, 2014. – С. 16–19.

3. Проблемы малого бизнеса в России в 2018 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ipinform.ru/razvitie-biznesa/malyj-biznes/problemu-biznesa-v-rossii.html> (дата обращения: 20.02.2018).

ПОДСЕКЦИЯ 5.5

СОВРЕМЕННЫЕ СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ С МОЛОДЕЖЬЮ

*Председатель – Сулова Т.И., декан ГФ, зав. каф. ФиС,
д.ф.н., проф.;*

*зам. председателя – Орлова В.В., д.соц.н., проф. каф. ФиС,
директор НОЦ «СГТ»*

ОЦЕНКА ПРОЯВЛЕНИЯ ОБЩЕГО, УЧЕБНОГО И ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО СТРЕССА У СТУДЕНТОВ-ПЕРВОКУРСНИКОВ ТУСУРА

Н.С. Гардер, студентка

*Научный руководитель Л.В. Смольникова, доцент каф ФиС, к.психол.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ФиС, nelli.garder@mail.ru, smol.lora@gmail.com*

Экзаменационный стресс занимает первое место среди причин, вызывающих психическое напряжение у студентов. Экзаменационный стресс порождается усиленной умственной деятельностью, нагрузкой на одни и те же мышцы и органы, а также нарушением режима сна и отдыха, но определяющий фактор, провоцирующий развитие стресса, – это отрицательные переживания, которые негативно влияют на нервную, сердечно-сосудистую и иммунную системы организма. Признаки стресса ощущаются на физическом, поведенческом и эмоциональном уровне [1]. Изменение психологических функций при стрессе у человека играет важную роль в динамике проявлений «общего адаптационного синдрома».

Бытует мнение, что студенты первого курса наиболее подвержены экзаменационному стрессу, чем студенты старших курсов, так как вчерашние школьники уезжают из родного дома, попадают в новое социальное окружение, еще не до конца осознали свое призвание и не адаптировались к новым условиям образовательной среды.

Для подтверждения актуальности темы была проведена встреча с первокурсниками ТУСУРа накануне сессии с целью выяснить, испытывают ли они какие-либо переживания перед предстоящей сессией.

На встрече присутствовало 17 первокурсников с 4 факультетов: экономического, систем управления, безопасности и гуманитарного. В ходе беседы выяснилось, что все без исключения испытывают страх неизвестности, отчисления, лишения стипендии, разочаровать родителей, преподавателей. Именно поэтому проведена диагностика общего, учебного и экзаменационного стресса у студентов первого курса ТУСУРа с целью выявления его степени выраженности.

В исследовании приняли участие 212 студентов 1-го курса: ФБ (30 человек), ЭФ (32 человека), ФЭТ (28 человек), ГФ (32 человека), ФВС (29 человек), РТФ (34 человека), РКФ (27 человек).

Анализ результатов опроса «Шкала психологического стресса» [3], предназначенный для измерения феноменологической структуры переживаний индивидом стресса, показал, что у 46,2% респондентов обнаружен низкий уровень стресса, у 26,4% респондентов выявлен средний уровень стресса и у 27,4% – высокий уровень стресса.

Для оценки проявления стресса в учебной деятельности у студентов-первокурсников ТУСУР использован тест, разработанный Ю.В. Щербатых [2], позволяющий определить главные причины учебного стресса и выявить, в чем он проявляется. Анализ результатов показал, что 29,8% студентов-первокурсников оценили уровень своего стресса перед экзаменом как критический (рис. 1).

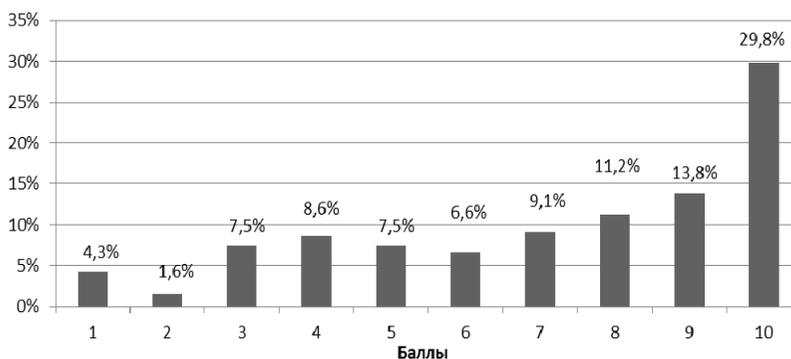


Рис. 1. Шкала экзаменационного стресса у студентов 1-го курса ТУСУР

Кроме того, выявлены признаки проявления учебного стресса у студентов-первокурсников ТУСУРа: 43,9% отмечают «ощущение беспомощности, невозможности справиться с проблемами», 41,7% – «невозможность избавиться от посторонних мыслей», 29,6% – «повышенную отвлекаемость, плохую концентрацию внимания», 23,2% – «раздражительность, обидчивость», 53,9% – «плохое настроение, депрессию», 63,4% – «страх, тревогу», 18,8% – «потерю уверенности,

снижение самооценки», 64,5% – «спешку, ощущение постоянной нехватки времени», 61,9% «плохой сон», 12,7% – «нарушение социальных контактов, проблемы в общении».

Анализ ответов респондентов на вопрос «Как изменился уровень вашего постоянного стресса за последние три месяца учебы?» показал, что у 26,8% уровень стресса «значительно увеличился», у 32,2% – «незначительно возрос», у 27,4% – «не изменился», а у 7% – «значительно уменьшился» и у 6,4% – «незначительно уменьшился». Таким образом, результат настораживает, так как у 59% студентов за последние три месяца обучения уровень постоянного стресса увеличился, это говорит о необходимости формирования устойчивости к стрессу в учебной деятельности у студентов-первокурсников ТУСУРа.

Для оценки уровня стресса у студентов-первокурсников непосредственно перед экзаменами был использован опросник «Подверженность экзаменационному стрессу», составленный автором, который предназначен для выявления у студентов степени выраженности экзаменационного стресса и подверженности ему. Анализ результатов опроса показал, что у 41,6% – высокий уровень стресса, у 42,4% – средний и у 16% – низкий.

Согласно анализу результатов опроса, наибольшее количество студентов-первокурсников, испытывающих высокий уровень экзаменационного стресса, обучаются на ФБ – 53,3%, далее студенты ФЭТ – 46,4%, ГФ и ЭФ – по 43,8% (рис. 2).

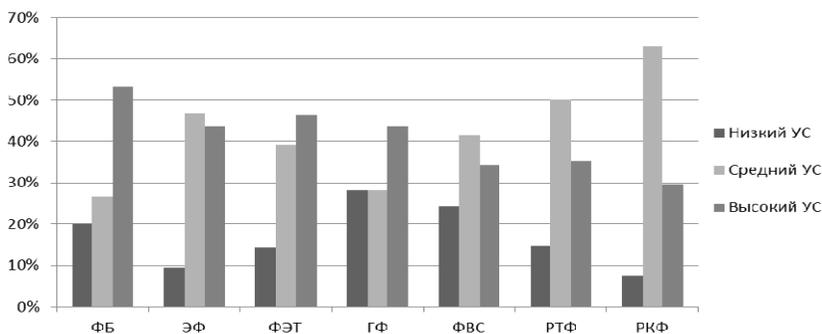


Рис. 2. Уровень экзаменационного стресса у студентов-первокурсников ТУСУРа по факультетам

Результаты тестирования и опросов студентов первого курса ТУСУРа свидетельствуют, что еще за несколько месяцев до экзаменационной сессии уровень стресса у первокурсников возрастает, а непосредственно перед экзаменами у студентов наблюдается высокий и средний уровни стресса. Треть опрошенных первокурсников оценили

уровень своего стресса перед экзаменом как критический. Следовательно, возникает острая необходимость в разработке программы по предупреждению экзаменационного стресса у студентов-первокурсников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Китаев-Смык Л.А. Психология стресса. – М.: Педагогика, 1983. – 368 с.
2. Щербатых Ю.В. Экзаменационный стресс. – СПб.: Питер, 2006. – 256 с.
3. Куприянов Р.В. Шкала психологического стресса PSM-25 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5570943/page:7/> (дата обращения: 20.01.2018).

СНИЖЕНИЕ МОТИВАЦИИ С ПЕРЕХОДОМ НА СТАРШИЕ КУРСЫ

Д.А. Головина, М.В. Изофатенко

*Научный руководитель А.А. Кондратьева, ст. преп. каф. экономики
г. Томск, ТУСУР, каф. экономики, darya.golovina.97@mail.ru,
marina.izofatenko@mail.ru*

*Проект экономики-1703 «Международный маркетинг:
особенности выхода товара на международный рынок»*

Для современного общества характерно большое значение уделять качеству образования как залого конкурентоспособности будущего специалиста. Именно поэтому возникает необходимость не только оптимизации и повышения эффективности образовательного процесса, но и изучения факторов, влияющих на мотивацию студентов к обучению.

Мотивация – это внутреннее или внешнее побуждение к действию ради достижения какого-либо результата [1].

Мотивация учебной деятельности студентов является наиболее важным условием для эффективного осуществления учебного процесса, так как именно отрицательное или безразличное отношение студента к обучению может быть причиной низкой успеваемости или отчисления.

Мотивация учебной деятельности зависит от значительного числа факторов:

- индивидуальные особенности учащихся;
- особенности ближайшей социальной группы;
- развитие студенческого коллектива.

Мотивация поведения человека – всегда отражение взглядов, установок, ценностей той социальной группы, к которой принадлежит студент [2].

Процесс формирования мотивов учебного процесса студента начинается с первых дней нахождения в вузе, но эффективность такого процесса студентов может быть различной. В первую очередь, она зависит от того, насколько успешно, быстро новоиспеченный студент преодолевает трудности, с которыми он неизбежно сталкивается, попадая в непривычную для него среду обучения. Новизна учебного процесса в высшем учебном заведении состоит в использовании других, отличных от школы, форм и методов организации учебного процесса, включающих подачу нового материала, отчетность, контроль. В процессе постановки учебных целей студент обязан проявлять большую самостоятельность, умение учесть и распределять время, оптимально организовать работу, но не все учащиеся могут оперативно к этому приспособиться [2].

Особенностью обучения в вузе является снижение мотивации студентов с переходом на старшие курсы обучения, после первого курса наблюдается резкое снижение успеваемости студентов, а к 4-му – небольшой подъем, вследствие чего ухудшается объем полученных знаний и профессиональных навыков.

Преподаватели высших учебных заведений сталкиваются наиболее часто с отсутствием у студентов целенаправленной и регулярной учебной деятельности.

Нестабильность обучения и снижение успеваемости происходит потому, что в каждом семестре мотивация снижается под воздействием различных факторов.

Рассмотрим некоторые из них:

1) между преподавателем и студентом нет никакого контакта, а для студента очень важно, чтобы преподаватель был его наставником;

2) преподаватели дают знания без обоснования их нужности, нет практического применения, поэтому студент не понимает важность предмета и не считает необходимым изучать его [3];

3) насыщенная внеучебная деятельность, вследствие чего студент мало времени уделяет учебе и более заинтересован в активной студенческой жизни;

4) поступление на данную специальность не по своему желанию, поэтому мотивация отсутствует изначально, и т.д.

В статье исследованы данные об успеваемости студентов экономического факультета на основе одной выбранной группы с 1-го по 4-й курс. На основании данных об успеваемости по семестрам была построена диаграмма (рис. 1).

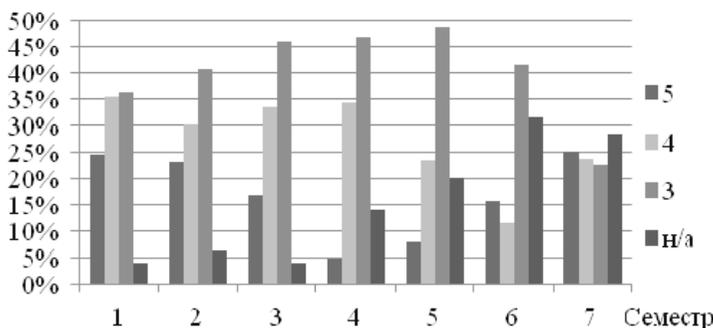


Рис. 1. Данные об успеваемости студентов

По данным диаграммы можно сделать вывод о том, что в 1-м и 2-м семестрах студенты стремились к получению знаний, о чем свидетельствует их хорошая успеваемость (процент хороших и отличных оценок очень велик, а неуспеваемость составляет менее 7%). В 3-м семестре происходит переломный момент, и студенты начинают терять интерес к учебе, возрастает количество оценок «удовлетворительно» и уменьшается число оценок «отлично». В 4-м и 5-м семестрах прослеживается заметная апатия и полное отсутствие мотивации к обучению, возрастает процент неуспеваемости (более 14%), а доля оценок «отлично» составляет менее 8%, также возрастает процент оценок «удовлетворительно» (более 45%). В 6 семестре ситуация немного улучшается, т.к. доля оценок «отлично» возрастает до 15%, но и стремительно возрос уровень оценки «неудовлетворительно» – более 30%. К 7-му семестру студенты снова стремятся к улучшению результатов обучения (доля отличных оценок составляет 25%, хороших оценок – 23%).

К 4 курсу студенты в полной мере осознают важность и ценность полученных знаний и навыков, т.к. уже столкнулись с применением данных знаний на практике. Так же достигает максимума развитие студенческого коллектива, что побуждает более успешных студентов мотивировать отстающих.

Поддержанию мотивации на протяжении всего периода обучения могут способствовать следующие методы:

– студенту необходимо объяснить, как знания, полученные в вузе, пригодятся ему в будущем, т.е. как он будет применять их на практике. Студент приходит в учебное заведение, чтобы получить знания и стать хорошим специалистом в своей области, поэтому преподаватель должен доказать студенту важность своего предмета, а также то, что его предмет принесет пользу в дальнейшей деятельности;

- студенту необходимо дать возможность практического использования своих знаний;
- возможность обсуждения волнующих вопросов студента с преподавателем [3, 4].

На основании данного исследования можно сделать вывод, что мотивация играет важную роль в процессе обучения, если не заинтересовывать студентов в важности и нужности получаемых профессиональных знаний, сам студент не захочет получить знания в полной мере, не будет отдавать приоритет учебному процессу, то в итоге снизится успеваемость, что повлияет на компетентность будущего специалиста и имидж вуза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мотивация – что это такое? – URL: <https://что-это-такое.ru/motivation>
2. Особенности мотивации учебной деятельности студентов. – URL: <https://www.b17.ru/article/40835/>
3. Стародубцева В.К. Мотивация студентов к обучению // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15617>
4. Кондратьева А.А. Деятельность студенческого куратора как мотивирующий фактор при формировании компетенций / Современное образование: развитие технологий и содержания высшего профессионального образования как условие повышения качества подготовки выпускников: матер. Междунар. науч.-метод. конф. – 2017. – С. 49–50.

МОТИВАЦИЯ СТУДЕНТОВ К ОБУЧЕНИЮ: ФАКТОРЫ, НА НЕЁ ВЛИЯЮЩИЕ

В.А. Иванченко, И.Н. Петухова, студенты

*Научный руководитель А.А. Кондратьева, ст. преп. каф. экономики
г. Томск, ТУСУР, каф. экономики, valerya.ivan4enko@yandex.ru,
kilina-irinka@mail.ru*

*Проект экономики-1703 «Международный маркетинг:
особенности выхода товара на международный рынок»*

Обучение является фундаментом успешного будущего в жизни студента, так как именно это играет решающую роль в формировании личности и статуса индивида. Качество образования напрямую влияет на «социальный рейтинг» в глазах окружающих [1]. Человек будет чувствовать себя не таким уверенным в своих силах, как другие. Тем не менее студенты высших учебных заведений нередко оставляют работу над гранитом науки лишь на необходимом уровне для получе-

ния средней оценки, а значит, возникают препятствия, связанные с ослабленным интересом студентов к учебному процессу, а иногда и вовсе его отсутствием. Это может быть обусловлено многими факторами, составляющими в конечном итоге демотивацию человека к обучению [2].

Решение имеющихся проблем может быть найдено после их детального рассмотрения, а также выявления и изучения факторов, влияющих на их появление, для этого был проведен опрос студентов разных курсов, считающих, что коррективы в учебном процессе необходимы, с помощью анкеты из 20 открытых вопросов и с вариантами ответов.

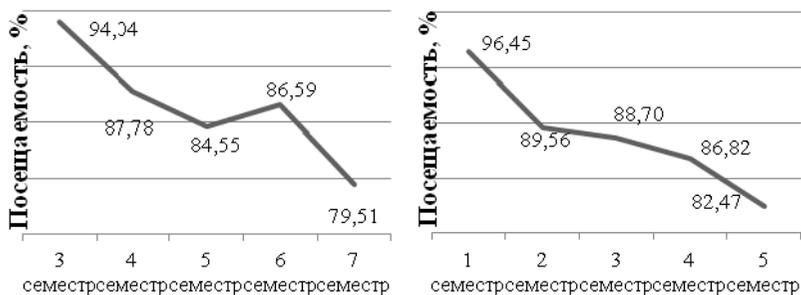


Рис. 1. Данные посещаемости 1-й и 2-й групп

Было предположено, что степень мотивации и интереса к учебе уменьшается с каждым курсом. Для подтверждения данной гипотезы был проведен анализ посещаемости, где за основу взяты данные двух групп за последние три года и построено два графика, отражающих нынешнюю ситуацию явки учащихся на занятия (рис. 1).

Очевидно, наблюдается снижающаяся динамика посещаемости с каждым курсом, что подтверждает выдвинутые ранее предположения. Причем, несмотря на отличия анализируемых групп, градация аналогична.

Проведенное анкетирование показало, что особая активность в опросах проявлялась у студентов третьего курса (рис. 2), меньшую заинтересованность продемонстрировали обучающиеся четвертого курса, студенты первого и второго курсов составили наименьшее число опрошенных.

В ходе анализа полученных ответов выяснилось, что половина респондентов выбрала экономическую специальность исходя из личного интереса, 18% опрошенных не прошли минимальный порог успеваемости на другие, более привлекательные для них специальности,

остальные 32 % сделали свой выбор неосознанно. К тому же, всего 28,6% человек поступили в высшее учебное заведение под влиянием внешних факторов, таких, как давление семьи или общества, в отличие от 71,4% жаждущих новых знаний. Абсолютно все студенты признали самообразование важнейшим фактором для развития счастливой и успешной жизни. Полученная информация дает основания для предположения, что большинство абитуриентов поступают на экономический факультет осознанно и с желанием получения новых знаний, следовательно, интерес к нему теряется в процессе обучения.

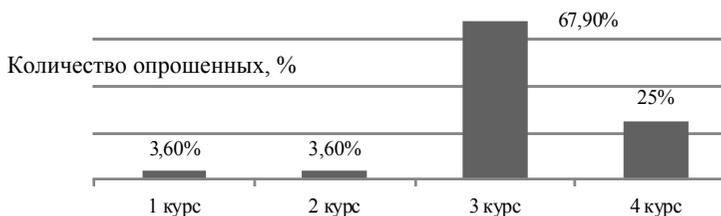


Рис. 2. Структура опрошенных студентов

На вопрос «Совпали ли ваши ожидания и реалии организации образовательного процесса и, если нет, то почему?», чуть больше половины студентов ответили, что почти все ожидания оправданы, оставшиеся считают, что знания, предоставляемые на некоторых предметах, и компетентность преподавателей не те, какие они хотели. Также студенты считают, что дисциплины в учебном плане не последовательны. Такие факторы, как подача и актуальность получаемой информации, были оценены респондентами как средний уровень, а межличностные отношения в группе заняли смешанную позицию между наихудшими и положительными оценками, как и межличностные отношения с преподавателями. Очень часто учащиеся отвечали, что расписание не позволяет совмещать подработку с учебой, а стипендия не обеспечивает бюджетных студентов в полной мере, то есть организация учебного процесса не удовлетворяет студентов. Абсолютное большинство опрошенных осталось недовольно системой поощрения экономического факультета. К вопросу о возможности саморазвития в стенах университета преобладающая часть участников отнеслась более чем положительно, как и к участию во внеучебных программах.

Ещё одним важным фактором в мотивации к изучению материала является объяснение преподавателей места их предмета в профессиональном будущем человека. В итоге 50% студентов отметили, что это происходит не так часто, как им хотелось бы, 25% признались, что ни разу не слышали разъяснений, 21,4% довольны получаемым количе-

ством сведений, а оставшиеся 3,6% и не желают получать данную информацию.

Частыми встречающимися личными пожеланиями студентов, помимо всего прочего, стали изменения в системе материальных поощрений студентов, введение практической составляющей в существующий теоретический процесс обучения.

На основе приведённых наблюдений можно сделать вывод, что существующие факторы мотивации в ТУСУРе на данный момент реализованы в ненадлежащей мере и не оказывают требуемого эффекта, а проблема уменьшения интереса к учебе остаётся актуальной. Для её решения нами предлагаются следующие меры, частично реализующиеся на факультете экономики:

1. Профориентационная работа с абитуриентами в виде бизнес-игр, призванная повысить интерес к кафедре экономики.

2. Разрабатывается доска почёта для самоутверждения студентов, что влияет на внутреннюю побудительную силу, а также для одноразовых материальных поощрений лучших из них.

3. Внедрение улучшенной системы наставничества с целью социальной внутривузовской адаптации и установления обратной связи со студентами.

4. Проведение экскурсий на предприятиях для увеличения практических знаний и заинтересованности в будущей профессиональной деятельности в рамках приведённой выше системы [3].

Стоит отметить, что необходимы дальнейшие исследования так как проводилось выборочное анкетирование студентов кафедры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iq.hse.ru/news/177664243.html> (дата обращения: 15.02.18).

2. Стародубцева В.К. Мотивация студентов к обучению // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: <https://goo.gl/TXbK3i>

3. Журнал посещаемости ТУСУРа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://attendance.tusur.ru/> (дата обращения: 22.02.18).

4. Цедик О.Д., Машкова И.А. Проблема посещаемости в вузе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goo.gl/GBN5cJ> (дата обращения: 01.03.18).

ПОДСЕКЦИЯ 5.6

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Председатель – Грик Н.А., зав. каф. ИСР, д.ист.н., проф.;
зам. председателя – Куренков А.В., доцент каф. ИСР, к.и.н.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРИЛИЧНОСТНЫХ ФАКТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С ДЕЗАДАПТАЦИЕЙ МОЛОДЕЖИ

А.А. Потехин, Д.Д. Зубанов, студенты

*Научный руководитель М.В. Берсенева, доцент каф. ИСР
г. Томск, ТУСУР, каф. ИСР, qwerty27397@gmail.com,
dmitry.zubanov@yandex.ru, m.berseneva@gmail.com*

*Проект ГПО ИСР-1701 «Создание программы самореализации
дезадаптированной молодежи»*

Проектная группа ГПО ИСР-1701 кафедры ИСР занимается созданием программы самореализации дезадаптированной молодежи. В начале проектной работы было составлено дерево проблем. Оно помогло структурировать проблемы и выявить из них ключевую.

Актуальность данного исследования заключается в том, что в современном обществе под влиянием различных дезадаптирующих факторов молодежь подвержена снижению своей самооценки, а как следствие это приводит в будущем к негативной самореализации и дезадаптации.

Ключевой проблемой появления дезадаптации является низкая самооценка. Были выявлены предположительные стартовые проблемы. Низкая самооценка является следствием следующих негативных факторов, таких как: эмоциональное потрясение, которое вызвано потерей родителей, дезадаптирующим влиянием семьи, психологическим насилием, дисгармоничными отношениями с окружающими, плохая способность к обучаемости, разбалансировка отношений. Дезадаптация личности может быть вызвана сменой окружения, одиночеством, замкнутостью, страхом общения и жизни. Следствием низкой самооценки может стать стеснение относительно внешнего вида.

Исследование было проведено с помощью 4 методик. Первой методикой являлась методика социально-психологической адаптации К. Роджерса. Исследовались чувство собственного достоинства и умение уважать других, открытость реальной практике деятельности и отношений, понимание своих проблем и стремление овладеть, справиться с ними, еще включены критерии дезадаптированности: неприятие себя и других, наличие защитных «барьеров» в осмыслении своего актуального опыта, кажущееся «решение» проблем, т.е. решение их на субъективном психологическом уровне, в собственном представлении, а не в действительности, негибкость психических процессов, а также шкала лжи.

Следующая методика – «Незаконченные предложения» Сакса Леви. Метод незаконченных предложений характеризуется специфичностью области своего применения, которая включает в себя изучение и диагностику личности, оценку аттитудов, прогнозирование достижений и диагностику межгрупповых отношений и различий.

Следующее исследование: методика определения склонности к отклоняющемуся поведению А.Н. Орла, предназначенная для измерения готовности и склонности личности к реализации различных форм отклоняющегося поведения. Опросник представляет собой набор специализированных психодиагностических шкал, направленных на измерение готовности и склонности к реализации отдельных форм отклоняющегося поведения.

Последним методом являлось проведение исследования отношения здоровых людей к инвалидам (КРУГ–КВАДРАТ). Автором данной методики является Максим Петрович Шульмин. Методика круг-квадрат создана для диагностики отношений между инвалидом и неинвалидом. Методика является проективной, т.е. в ее основе лежит теория психоанализа, а именно механизм проекции.

Среди студентов ТУСУРа было проведено исследование. В нём приняли участие 60 человек. Результаты исследования сформировали следующую картину. Женщины склонны давать социально желаемые ответы чаще, чем мужчины. Социальная желательность – фактор, искажающий самоотчеты (в частности, ответы на пункты личностных опросников) путем увеличения частоты тех самоотчетов, которые кажутся испытуемым более привлекательными, социально приемлемыми, представляющими их в выгодном свете. В свою очередь, социально желаемые ответы связаны с нереализованными возможностями. Женщины дают социально желаемые ответы, потому что они более конформны к обществу, у них высокий уровень самосохранения в силу имеющегося материнского инстинкта.

Также было выяснено, что чем больше человек конформен к обществу, тем лучше он относится к инвалидам. Это свидетельствует о лицемерии большинства опрошенных людей в данном исследовании.

Выяснилось, что женщины более стремятся к преодолению норм и правил. К тому же исследование показало, что люди с девиациями в поведении в большей степени принимают инвалидов как членов общества, чем обычные люди. Г. Сагалакова в своей статье отмечает, что неграмотная национальная политика нашего позднесоветского и Российского государства привела к постепенному развитию межнациональной розни, росту числа националистических движений, росту числа нападения, основанных на национальности или ориентации людей. Помимо этого, она указывает на тот факт, что интолерантность в России поддерживается на уровне средств массовой информации. Пропаганда в СМИ насилия, деструктивных аспектов взаимоотношений между людьми, социальными, религиозными и политическими группами обуславливает рост нетерпимости в российском обществе: «В масс-медиа доминирует ‘язык вражды’».

Люди, привязанные к семье, чаще дают социально одобряемые ответы, но также они более склонны к лицемерию. Здесь стоит акцентировать внимание на том, что люди, привязанные к семье, не учатся сами на свои ошибках – за них это делает семья, а это приводит к незнанию жизни (ещё одна «ветка» нашего дерева проблем). Это в дальнейшем может привести к определённым трудностям в жизнедеятельности, которые неизбежно повлияют на самооценку человека, тем самым дезадаптируя его.

Далее следует отметить результаты по тесту Круг-Квадрат. Люди, которые рисовали круг на большой дистанции от квадрата, чаще ставили инвалида в правую часть рисунка. Под правой частью рисунка мы подразумеваем будущее, значит, человек больше будущего видит в инвалиде. Если инвалида ставят выше, значит, больше ценит его, видит в нем мужество. Чем выше ставит человек себя над инвалидом, тем чаще видит будущее в инвалиде. Чем меньше видит в инвалиде человека, тем меньше видит его будущее. Чем выше человек видит возможность стать инвалидом, тем меньше верит в будущее.

В заключение проведения исследования можно сделать вывод, что современная молодежь имеет низкую самооценку, не удовлетворена своей жизнью, считает себя социально неблагополучными членами общества и из-за этого у них нет терпимости к ближнему, они не принимают непохожих на них людей. К этому добавляется влияние интолерантного общества, в котором они проходят социализацию, усваивая его нормы и правила. Были подтверждены несколько причин

низкой самооценки, входящих в дерево проблем, составленным нашей проектной группой. Среди них: наличие внутренних противоречий, незнание жизни, дезадаптирующее влияние семьи из-за гиперопеки, отсутствие перспектив развития, если получили инвалидность.

Молодежь с низкой самооценкой часто испытывает трудности в общении, более неприязненно относится к окружающим и стремится закрыться от всех, выставив вперед какое-то ложное «лицо», маску. Такие люди часто отказываются от достижения поставленной цели, так как не верят в собственные силы, что подкрепляет их заниженную самооценку и требует создания программы по преодолению низкой самооценки молодежи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайфулин А.В. Различные теоретические подходы в определении понятия самооценки // Вестник ТГПУ. Психология. – 2009. – №1. – С. 73–75.
2. Сагалакова Г.А. Проблема толерантности и интолерантности в современной России // Известия Алтайского государственного университета. – Алтай, 2008. – № 4-5. – С. 269–276.
3. Силласте Г.Г., Кожамжарова Г.Ж. Социальная дискриминация женщин как предмет социологического анализа // Социс. – М., 1997. – №12. – С. 112–120.
4. Пушкина А. Социальная дезадаптация. Проблемы дезадаптации/ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.syl.ru/article/199786/new_dezadaptatsiya (дата обращения: 02.03.18).

СОДЕРЖАНИЕ

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.

Н.К. Блинковский

ИЗМЕРЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ЗАМЕТНОСТИ
УГОЛКОВОГО ОТРАЖАТЕЛЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО
НАД ГРАНИЦЕЙ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД
ПРИ СКОЛЬЗЯЩИХ УГЛАХ ОБЛУЧЕНИЯ 13

Н.А. Чебан

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЗОНДИРОВАНИЯ
АТМОСФЕРЫ 17

Ю.А. Донской

АНАЛИЗ МНОГОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА ДОПЛЕРОВСКОГО
АКУСТИЧЕСКОГО ЛОКАТОРА 20

Д.В. Ерофеев

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДА МАКСИМАЛЬНОГО
ПРАВДОПОДОБИЯ И МЕТОДА «СУММИРОВАНИЯ КОСИНУСОИД» ...23

Ю.С. Худышев

СИГНАЛ БАРКЕРА В РЕЗОНАНСНО-ПОГЛОЩАЮЩЕЙ
ГАЗОВОЙ СРЕДЕ 26

Н.М. Исанов

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТА СЖАТИЯ И АМПЛИТУДНО-ФАЗОВАЯ
КОНВЕРСИЯ НЕЛИНЕЙНО-ИНЕРЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА 29

А.А. Кузьмин, А.С. Раков, И.Ю. Шеин

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЛОКАТОРА
НА ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКЕ
ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ 32

Д.Е. Миненко, Т. Абдирасул уулу, А.В. Убайчин

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОЛНОВЫХ
РАДИОМЕТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ В СОСТАВЕ БОРТОВЫХ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ МАЛОГАБАРИТНЫХ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 35

А.В. Могильников

МАКСИМАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ НОРМИРОВАННОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ	40
--	----

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*

Т.Г. Черныш

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ИМПЕДАНС СИСТЕМЫ ИЗ ДВУХ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ЛИНЕЙНЫХ АНТЕНН	45
---	----

А.С. Пушненко

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПОЕЗДНОЙ СВЯЗИ В ГЕКТОМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН	49
---	----

А.А. Сырвачев, М.В. Черкашин

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 5–11 ГГц НА ОСНОВЕ 0,5 мкм РНЕМТ-ТЕХНОЛОГИИ	52
---	----

Т.М. Жакишева, В.М. Саклаков

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВОГО СИГНАЛА ПО ЛИНИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	55
---	----

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.*

А.А. Лукина, Н.Г. Аманбаев

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОДОБОРНОГО ПЛАНАРНОГО ОПТИЧЕСКОГО МИКРОРЕЗОНАТОРА	58
---	----

В.И. Иванов, Я.В. Крюков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ МНОЖЕСТВЕННОГО КАНАЛА СВЯЗИ С МОЩНОСТНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ НА ОРТОГОНАЛЬНЫХ НЕСУЩИХ PD/OFMDA	62
--	----

<i>А.С. Коряковцев, А.В. Помазанов, Е.А. Шутов, А.А. Кокотов</i> МОНОЛИТНЫЙ ТРАНСИМПЕДАНСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДИАПАЗОНА DC-20 ГГЦ НА ОСНОВЕ SIGE VICMOS-ТЕХНОЛОГИИ	65
<i>А.Т. Махамбетов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ВЕКТОРНОГО ДАТЧИКА LSM330C	69
<i>Д.А. Маурер, А.С. Буллер, Н.Р. Литвинова</i> ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ ФАЗОВОГО ПОРТРЕТА ГЕНЕРАТОРА С МОСТОМ ВИНА	71
<i>Д.Р. Парфинович</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ФОРМИРОВАНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЧУА С ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКОЙ	74
<i>А.С. Шабалин</i> ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКОДОБРОТНЫХ ВАРИКАПОВ	77
<i>А.С. Коряковцев, А.В. Помазанов, Е.А. Шутов</i> РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОНОЛИТНОГО ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА НА ОСНОВЕ 0,25 МКМ SIGE БИКМОП-ТЕХНОЛОГИИ	80
<i>Е.А. Шутов, А.С. Коряковцев, А.В. Помазанов</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 7,1–8,4 ГГЦ НА МАТЕРИАЛЕ ПОДЛОЖКИ ROGERS	84
<i>М.В. Южанин</i> РАСЧЁТ СПЕКТРА ВЫХОДНОГО ТОКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ПРИ СИНХРОННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ..	88
<i>Г.Г. Жук, Т. Абдирасул уулу, А.В. Убайчин</i> ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОМЕТРОВ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ ТЕПЛОЙ ПРИРОДЫ.....	90
<i>Б.С. Бальжинимаев, И.С. Федянин, Т.Р. Муксунов</i> СВЧ-РАДИОВИДЕНИЕ	94

ПОДСЕКЦИЯ 1.5

АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ СЕРВИС

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

<i>С.Ю. Красных</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦВЕТОМУЗЫКАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	99
---	----

К.С. Полунина, П.Н. Никитенко	
SWOT- И PEST-АНАЛИЗЫ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ETHERNET ОТ КОНДУКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ МОЩНЫХ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ.....	102
К.А. Рылов, А.С. Рудникович	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ ВИДЕОФАЙЛА	105
Д.А. Салыкова, А.Н. Утемисов, А.С. Рудникович	
ПОВЫШЕНИЕ КОНТРАСТНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИЛЬТРА ВИНЕРА	109
К.В. Шипунова, А.С. Рудникович	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА КОНТРАСТНО-ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ..	112

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.

А.А. Алишери	
МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЛОЧНОГО КОДА ХЭММИНГА.....	116
К.Д. Бондаренко	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЧИВОСТИ ТУРБОКОДА	118
В.Н. Овсянникова, В.С. Новоженников	
МНОГОКАНАЛЬНАЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНАЯ РАДИОСВЯЗЬ НА ОСНОВЕ ВРЕМЕННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ	121
Т.Р. Танатхан	
КАНАЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ 4-ГО ПОКОЛЕНИЯ (WIMAX, LTE).....	124
А.А. Токбаева, В.А. Кологривов	
ЭЛЕМЕНТЫ МАЖОРИТАРНОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ БЛОЧНЫХ КОДОВ.....	127
Х. Бекхожаев, К. Тилемис, Д. Турысжан	
РАЗБОР КОНФИГУРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЙ MU-MIMO И SU-MIMO В СХЕМАХ LTE.....	130

ПОДСЕКЦИЯ 1.7

РОБОТОТЕХНИКА

Председатель – Коцубинский В.П., доцент каф. КСУП, к.т.н.

<i>Д.Г. Миронов, А.Д. Гайфуллина, В.А. Бусыгин, Н.А. Машуков</i> КОЛЛЕКТИВНАЯ РОБОТОТЕХНИКА	133
<i>И.А. Маркелов</i> АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ И ДИНАМИКИ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ВСЕНАПРАВЛЕННЫХ КОЛЁСАХ	136
<i>И.Д. Шабалин</i> СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ НА БАЗЕ TRACKINGCAM	138
<i>И.А. Шестеров</i> РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА С МЕХАНИЧЕСКИМ МАНИПУЛЯТОРОМ НА БАЗЕ ARDUINO MEGA 2560	141
<i>А.А. Согомонянц, Е.С. Польшцев</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ WWW ДЛЯ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ РОБОТА-ФУТБОЛИСТА	145
<i>А.Д. Тептюк</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ 3d-карты местности	147
<i>А.Е. Винник</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ МЕКАНУМ-РОБОТА НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ КАРТ	150

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>А.А. Юлаев</i> ПРОГРАММА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ, ОТБРАКОВКИ И АНАЛИЗА ОТКЛОНЕНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ	154
<i>Д.А. Кожин, Т.Н. Файль, А.А. Кун, А.А. Калентьев</i> МОДУЛЬ РУЧНОГО ПОДБОРА ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ МАЛОСИГНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СВЧ-ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА	157

СЕКЦИЯ 4

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ПОДСЕКЦИЯ 4.1

МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель – Шелупанов А.А., ректор ТУСУР,
директор ИСИБ, д.т.н., проф.*

зам. председателя – Конев А.А., доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

И.А. Гураков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ
РЕЧЕОБРАЗУЮЩЕГО ТРАКТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ФОНОСКОПИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ 163

А.А. Крупина

РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ВСТРАИВАНИЯ
ИНФОРМАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ОБЛАСТЬ ЦИФРОВЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОШИБОК
ПРЕДСКАЗАНИЯ ПИКСЕЛЕЙ 166

М.Р. Миланкович, М.В. Малькова, Д.Ю. Селиванов

РАЗРАБОТКА ПРАВИЛ НОРМАЛИЗАЦИИ И КОРРЕЛЯЦИИ
ДЛЯ МАХРАТROL SIEM С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ
В ДОМЕНЕ 169

Т.Е. Минеева, Д.С. Никифоров

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ
ОТ УГРОЗ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ 171

М.И. Мирзоева

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВСТРАИВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ЧАСТОТНУЮ ОБЛАСТЬ
ДИСКРЕТНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ 175

С.И. Штыренко, Н.С. Егшин

МОДЕЛЬ УГРОЗ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИИ 178

И.А. Сухатский

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО
РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ 182

ПОДСЕКЦИЯ 4.2

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И СРЕДСТВА ИХ ЗАЩИТЫ

*Председатель – Голиков А.М., доцент каф. РТС, к.т.н.
зам. председателя – Бернгардт А.С., доцент каф. РТС, к.т.н.*

А.Ф. Богданов, В. Генрих, А.М. Голиков

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ РАЗНОСТНО-ДОПЛЕРОВСКИМ МЕТОДОМ FDOA И РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНЫМ МЕТОДОМ TDOA С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ СЖАТИЯ	185
---	-----

А.О. Эрлих

СИСТЕМА СВЯЗИ ДЛЯ СЕТИ НАНОСПУТНИКОВ CUBESAT 3U НА БАЗЕ СТАНДАРТА IEEE 802.16M С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ПЛИС	189
---	-----

А.Э. Горбунова, Е.А. Кулемина

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ SYSTEMVIEW	192
--	-----

А.Ф. Богданов, Н.А. Потемкин

ВЕЙВЛЕТ-ФРАКТАЛЬНОЕ СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ СПУТНИКОВОЙ РЛС X-SAR	196
--	-----

ПОДСЕКЦИЯ 4.3

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель – Кузьмина Е.А., доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
зам. председателя – Глухарева С.В., ст. преп. каф. КИБЭВС*

А.К. Оюн

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ	200
--	-----

К.Е. Паршева, С.В. Глухарева

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ В СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ ПЕРСОНАЛА НА ЭТАПЕ ОТБОРА ПЕРСОНАЛА	203
---	-----

А.К. Салчак

АППРОКСИМАЦИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЯДОВ	207
---	-----

СЕКЦИЯ 5
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ПРАВОВЫЕ
ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ

ПОДСЕКЦИЯ 5.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ

Председатель – Мицель А.А., проф. каф. АСУ, д.т.н.
зам. председателя – Грибанова Е.Б., доцент каф. АСУ, к.т.н.

П.С. Алексин

РАЗРАБОТКА СКОРИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ
КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ 211

А.Д. Часовская

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ РИСК В ЛИЧНЫХ ИНВЕСТИЦИЯХ 213

Е.А. Кайзер 216

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОНДОВОГО ИНДЕКСА ММВБ С ПОМОЩЬЮ
GARCH МОДЕЛЕЙ 216

К.В. Шестаков

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНВАРИАНТОВ 220

П.Э. Тугар-оол

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА
МОДИФИЦИРОВАННЫМ МЕТОДОМ ОБРАТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ 222

С.Н. Цыганов

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ
МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ
КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ 225

ПОДСЕКЦИЯ 5.2

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЭКОНОМИКЕ

Председатель – Исакова А.И., доцент каф. АСУ, к.т.н.
зам. председателя – Григорьева М.В., доцент каф. АСУ, к.т.н.

Т.Ю. Дунаева

КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
В «1С: ERP УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ»
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ОГРАНИЧЕНИЙ 228

<i>М.А. Кашиур</i>	
СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ПЕНСИОННОГО ФОНДА РФ	230
<i>А.Д. Костина</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ КАДРОВОГО УЧЕТА	232
<i>К.В. Мингалёв</i>	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КРЕДИТНЫХ ДОГОВОРОВ.....	235

ПОДСЕКЦИЯ 5.3

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ФИНАНСОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

*Председатель – Васильковская Н.Б., доцент каф. экономики, к.э.н.
зам. председателя – Цибульников В.Ю., доцент каф. экономики*

<i>А.Д. Фокина</i>	
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ 2018 ГОДА ПО НАЛОГУ НА ПРИБЫЛЬ НА НАЛОГОВОЕ БРЕМЯ ОРГАНИЗАЦИЙ	239
<i>И.В. Гуменников, А.А. Михальчук, В.В. Спицын</i>	
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРУЧКИ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ В ИНОСТРАННОЙ СОБСТВЕННОСТИ	242
<i>В.А. Редозубова</i>	
ОЦЕНКА ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ.....	245
<i>Е.Н. Вершинникова</i>	
ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД К СОЦИАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКЕ НАСЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	247
<i>А.В. Воронина</i>	
АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ	249

ПОДСЕКЦИЯ 5.4

ПРОЕКТНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

*Председатель – Афонасова М.А., зав. каф. менеджмента, д.э.н.
зам. председателя – Богомолова А.В., к.э.н., доцент
каф. менеджмента, декан ЭФ*

<i>В.Д. Захарова, Т.М. Носикова, Е.К. Малаховская</i>	
МАЛОБЮДЖЕТНЫЙ МАРКЕТИНГ В МАЛОМ И СРЕДНЕМ БИЗНЕСЕ	254

ПОДСЕКЦИЯ 5.5

СОВРЕМЕННЫЕ СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ С МОЛОДЕЖЬЮ

Председатель – Сулова Т.И., декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.ф.н., проф.

зам. председателя – Орлова В.В., д.соц.н., проф. каф. ФиС,

директор НОЦ «СГТ»

Н.С. Гардер

ОЦЕНКА ПРОЯВЛЕНИЯ ОБЩЕГО, УЧЕБНОГО
И ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО СТРЕССА
У СТУДЕНТОВ-ПЕРВОКУРСНИКОВ ТУСУР257

Д.А. Головина, М.В. Изофатенко

СНИЖЕНИЕ МОТИВАЦИИ С ПЕРЕХОДОМ НА СТАРШИЕ КУРСЫ260

В.А. Иванченко, И.Н. Петухова

МОТИВАЦИЯ СТУДЕНТОВ К ОБУЧЕНИЮ:
ФАКТОРЫ НА НЕЁ ВЛИЯЮЩИЕ263

ПОДСЕКЦИЯ 5.6

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Председатель – Грик Н.А., зав. каф. ИСР, д.ист.н., проф.

зам. председателя – Куренков А.В., доцент каф. ИСР, к.ист.н.

А.А. Потехин, Д.Д. Зубанов

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРИЛИЧНОСТНЫХ
ФАКТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С ДЕЗАДАПТАЦИЕЙ МОЛОДЕЖИ267

Научное издание

**Сборник избранных статей
научной сессии ТУСУР**

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

16–18 мая 2018 г., г. Томск

В трех частях

Часть 1

Корректор – **В.Г. Лихачева**
Верстка **В.М. Бочкаревой**

Издательство «В-Спектр».
Сдано на верстку 10.04.2018. Подписано к печати 10.05.2018.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать трафаретная. Печ. л. 17,6
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