

**2024**

**78 РЕГИОНАЛЬНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

# **СТУДЕНЧЕСКАЯ ВЕСНА**

## **СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ**

**СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК**



**VESNA.SUT.RU**

**СПбГУТ)))**

УДК 061.3(082)  
ББК 74.58

**78-я региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Студенческая весна – 2024»**: сб. науч. ст. / Под ред. Р. В. Киричка; сост. А. А. Нестеров, А. А. Задорожня. Спец. вып. СПб. : СПбГУТ, 2024. 209 с.

В научных статьях участников конференции исследуются состояние и перспективы развития мирового и отечественного уровня ИТ и телекоммуникаций. Предназначено студентам, аспирантам и специалистам отрасли связи.

Издание изготовлено оргкомитетом конференции.

Корректурa А. А. Шер, Д. Н. Яшугин.

Верстка М. О. Мотыгина.

Подписано в печать 01.11.2024.

Вышло в свет 12.11.2024. Формат 60×90 1/8.

Уст. печ. л. 11,6. Заказ № 116-ИТТ-2024.

пр. Большевиков, д. 22, корп. 1

Россия, Санкт-Петербург, 193232

#### **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

##### **Председатель**

Абилов А. В. – кандидат технических наук, доцент, первый проректор – проректор по учебной работе

##### **Ответственный секретарь**

Задорожня А. А. – начальник отдела организации научной работы студентов

##### **Члены организационного комитета**

Зайцев А. И. – проректор по цифровой трансформации и административной работе

Григорян Г. Т. – начальник управления маркетинга и рекламы

Васильева Л. А. – начальник учебно-методического управления

Аникевич Е. А. – начальник отдела организации научно-исследовательской работы и интеллектуальной собственности

Гаврилова А. Н. – главный специалист группы планирования научных исследований и аналитики

Никитина Е. А. – ведущий специалист отдела организации научной работы студентов

#### **ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ**

##### **Председатель**

Киричек Р. В. – доктор технических наук, доцент, ректор

##### **Заместитель председателя**

Брусиловский С. А. – кандидат технических наук, проректор по научной работе

##### **Ответственный секретарь**

Нестеров А. А. – начальник управления организации научной работы и подготовки научных кадров

##### **Члены программного комитета**

Федоров С. Л. – кандидат технических наук, доцент, и. о. декана факультета радиотехнологий связи

Окунева Д. В. – кандидат технических наук, декан факультета инфокоммуникационных сетей и систем

Зикратов И. А. – доктор технических наук, профессор, декан факультета информационных систем и технологий

Владыко А. Г. – кандидат технических наук, доцент, декан факультета фундаментальной подготовки

Сотников А. Д. – доктор технических наук, профессор, декан факультета цифровой экономики, управления и бизнес-информатики

Шутман Д. В. – кандидат политических наук, доцент, декан факультета социальных цифровых технологий

Гирш В. А. – начальник военного учебного центра

Неисключительные права на все материалы, опубликованные в данном издании, принадлежат СПбГУТ. Все материалы, авторские права, которые принадлежат СПбГУТ, могут быть воспроизведены при наличии письменного разрешения от СПбГУТ. Ссылка на первоисточник обязательна. По вопросам приобретения неисключительных прав и использования сборника обращайтесь по тел. (812) 312-83-79, e-mail: sno@sut.ru. Тип компьютера, процессор, сопроцессор, частота: Pentium IV и выше / аналогичное; оперативная память (RAM): 256 Мб и выше; необходимо на винчестере: не менее 64 Мб; ОС MacOS, Windows (XP, Vista, 7, 8, 10) / аналогичное; видеосистема встроенная; дополнительное ПО: Adobe Reader версия от 7.X или аналогичное. Защита от незаконного распространения: реализуется встроенными средствами Adobe Acrobat.

ISBN 978-5-89160-348-6

© СПбГУТ, 2024

**Пленарное заседание**

- Прасолов А. А., Рошинский Р. С., Федоров А. С.** О возможностях анализатора сетей радиосвязи для измерений параметров сетей мобильной связи **5**

**Радиотехнологии связи**

- Елкин С. Д.** Исследование устройств динамической обработки аудиосигналов **13**
- Ишутина О. Ю.** Разработка всенаправленного источника звука **19**
- Капелюш М. А., Нечаев М. С., Соков С. А., Попов М. Е.** Разработка методов регистрации температуры и беспроводной передачи данных для высоковольтной экспериментальной установки **23**
- Ларионова В. С.** Исследование применения уменьшенных моделей для анализа акустики помещений **29**
- Петрова Н. А.** Исследование особенностей добавления искусственной реверберации к аудио-сигналу в реальном времени **34**
- Терентьева С. А.** Разработка программного обеспечения для проведения субъективно-статистической экспертизы **38**
- Фисечко Н. С., Чернов И. Н.** Разработка метода детектирования огня с использованием оптоэлектронной системы **43**

**Инфокоммуникационные сети и системы**

- Акимова И. Д.** Экспериментальное исследование влияния хроматической дисперсии на качество связи в транспортной сети **47**

- Алехин Р. В., Бударный Г. С., Камалова А. О.** Статистические методы анализа данных **53**

- Антонцев М. В.** Реализация операции суммирования на квантовом компьютере **58**

- Буйнов М. А., Егоров Д. А., Степанян Д. А.** Spring boot и Spring MVC: упрощение создания производительных и масштабируемых веб-приложений **63**

- Васильев Н. С., Нестеров В. Г.** Методика проектирования оптических усилителей EDFA с заданными параметрами **68**

- Воронцов А. А.** О методе оценки криптографических свойств кода аутентификации **74**

- Елагин В. С., Кисляков С. В., Чекалов Д. А.** Внедрение OSS-системы в концепцию SEBA/VOLTHA для учета на сетях мультивендорного доступа **79**

- Елагин В. С., Чипсанова Е. В.** Методы разгрузки вычислений в системах тес **84**

- Кирилова Д. С.** Критическая информационная инфраструктура: уязвимости, угрозы и защита **88**

- Кравцова В. А.** Анализ методов атак на объекты критической информационной инфраструктуры **92**

- Лыков Г. Р.** Оптические усилители для подводных вост большой протяженности **95**

- Никифоров Л. В.** Полупроводниковые лазеры перестраиваемые по длине волны на основе распределенных брэгговских отражателей **100**

**Информационные системы и технологии**

- Багусевич С. Э., Иванова Д. И.** Умные технологии для повышения безопасности в городе **105**

<b>Винокурова Д. В.</b> Численный эксперимент по использованию нейронных сетей в области дискретной математики	111	<b>Гудков Д. П.</b> Совершенствование процессов работы с требованиями в проектах разработки и/или внедрения программного обеспечения	161
<b>Князева П. Д.</b> Выбор технологии разработки информационной системы поддержки программного комплекса в сети интернет	117	<b>Довгалев Ф. В.</b> Внедрение SAP TM как способ повышения эффективности логистической деятельности компании	167
<b>Костельцева У. А.</b> Математическая модель холодильной установки стирлинга и выбор закона управления	122	<b>Зинин Е. Д., Старкова Т. Н.</b> IT-экосистема для работы с умными счетчиками и датчиками	172
<b>Теоретические основы радиоэлектроники</b>		<b>Мельникова Н. И., Ульянова П. Л., Шарипова В. Р.</b> Развитие инструментария оценки инновационных проектов в форме технологических стартапов	177
<b>Верликов Н. В.</b> Генератор шума на активном элементе с гибридной обратной связью	127	<b>Пескишев О. И., Смирнова В. С.</b> Развитие смешанных маркетинговых стратегий: комбинирование традиционных и цифровых методов продвижения	182
<b>Воронков И. С.</b> Исследование кольцевого эллиптического резонатора на нерегулярной структуре со скачком волнового сопротивления	131	<b>Проскуров Е. Е.</b> Сравнительный анализ каршеринговых сервисов в Санкт-Петербурге	186
<b>Гаркавая А. В., Шумаков П. П.</b> Система определения координат подвижного объекта в промышленном помещении с использованием датчиков радиоизлучения	135	<b>Старкова Т. Н., Харитонов С. И.</b> Внедрение искусственного интеллекта в деятельность автомобильных сервисных центров	191
<b>Макаров А. А.</b> Малошумящий транзисторный усилитель сверхвысоких частот	141	<b>Социальные цифровые технологии</b>	
<b>Решетилло И. И.</b> Увеличение мощности электрических сигналов в пределах диапазона низких частот	146	<b>Москвина Д. Д.</b> Борьба с фейками и ложной информацией в интернете	198
<b>Слободчиков И. Д.</b> Модели анализа статистических данных	151	<b>Никитина В. А.</b> Акутагава Рюноске: Страницы биографии и литературного творчества	203
<b>Цифровая экономика, управление и бизнес-информатика</b>		<b>Никитина В. А.</b> Принципат как новая политическая система Древнего Рима	207
<b>Волков Р. А.</b> Методология Agile и управление рисками в проектах цифровой трансформации	155		

УДК 621.391.81

**А. А. Прасолов** (к. т. н., доцент кафедры РСиВ, СПбГУТ)

**Р. С. Рощинский** (инженер НИЛ БИС, СПбГУТ)

**А. С. Федоров** (начальник НИЛ БИС, СПбГУТ), [as.fdrv@bk.ru](mailto:as.fdrv@bk.ru)

## **О ВОЗМОЖНОСТЯХ АНАЛИЗАТОРА СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ**

*В работе представлена информация о возможностях анализатора сетей радиосвязи для измерений параметров сетей мобильной связи, разрабатываемого в СПбГУТ. Представлено описание текущего состояния разработки, описание функциональных возможностей приложений, а также примеры результатов измерений и апробации.*

*радиоизмерения; мобильная связь; параметры сети; качество сети; измерительные комплексы*

**Prasolov A., Roshchinsky R., Fedorov A.** On the Possibilities of a Radio Network Analyzer for Measuring Parameters of Mobile Communication Networks.

*The paper presents information on the capabilities of a radio network analyzer for measuring parameters of mobile communication networks, developed at SPbSUT. A description of the current state of development, a description of the functional capabilities of applications, as well as examples of measurement and testing results are presented.*

**Key words:** radio measurements; mobile communications; network parameters; network quality; measuring systems

Актуальность работы связана, прежде всего, с проектом стратегии развития отрасли связи РФ на период до 2035 года [1]. Пункт 2.5 данного проекта посвящен мобильной связи, которая, по приведенным оценкам, формирует 59% выручки отрасли связи. Также указано, что объем передачи данных растет в среднем на 30% ежегодно, при этом операторы мобильной связи работают в условиях дефицита доступного радиочастотного спектра. Кроме того, в условиях активного проведения исследований в области создания технологий пятого и шестого поколения, развертывания частных сетей связи и сетей связи Интернета Вещей, постепенного отключения некоторых существующих стандартов (в частности, третьего поколения мобильной связи) и активного проведения рефарминга, планов о массовом внедрении нового отечественного оборудования в существующих сетях связи и системы «ЭРА-ГЛОНАСС», а также наблюдаемого дисбаланса голосового и пакетного трафика весьма остро встает вопрос радиочастотного обеспечения, радиочастотного регулирования и, как следствие, проведения радиоизмерений, которые требуют наличия специализированных устройств и программного обеспечения. Рынок подобных решений, в основном, представлен зарубежными компаниями, которые в связи с текущей геополитической ситуацией приостановили свою деятельность на территории РФ, что

влечет прекращение поставок оборудования и технической поддержки. В связи с перечисленными выше факторами особенно остро встает вопрос проведения научных исследований и разработки макетов технических решений для проведения радиоизмерений.

Научно-исследовательская лаборатория беспроводных информационных систем (ранее научно-образовательный центр «Беспроводные инфотекоммуникационные сети») занимается разработкой анализатора сетей радиосвязи в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ начиная с 2023 года [2].

При проведении измерений параметров сетей мобильной связи прибегают к измерениям методом обхода (англ. drive-test). При проведении подобных измерений в большинстве случаев используются абонентские терминалы, для удобства размещаемые в специальных кейсах, которые, в свою очередь, могут быть помещены в рюкзаке за спиной инженера-измерителя. Внешний вид анализатора сетей радиосвязи, а также, для сравнения, существующих решений для проведения измерений методом обхода представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Решения для проведения радиоизмерений параметров сетей мобильной связи методом обхода: а) Анализатор сетей радиосвязи (СПбГУТ, Россия)  
 б) Nemo Walker Air (Keysight Technologies, США);  
 в) Freerider 4 (Rohde & Schwarz, Германия)

На текущий момент анализатор сетей радиосвязи представляет собой программное обеспечение, включающее в себя два отдельных приложения, работающие совместно и позволяющие проводить радиоизмерения, а также пост-анализ полученных результатов [3]. Архитектура разработанного программного обеспечения представлена на рисунке 2.

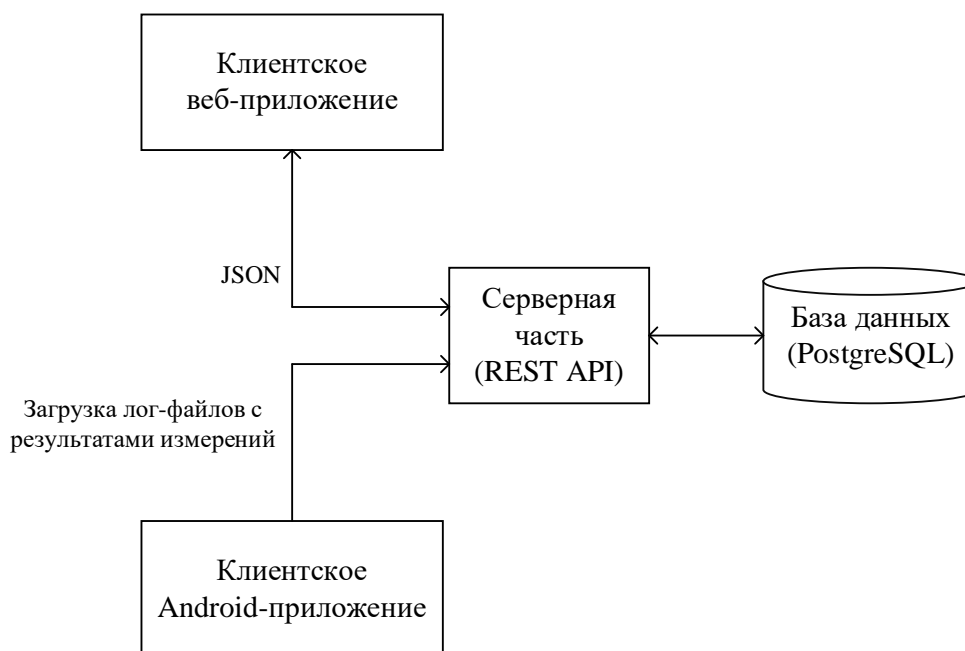


Рис. 2. Архитектура разработанного программного обеспечения

Клиентское Android-приложение предназначено для проведения радиоизмерений параметров сетей мобильной связи различных стандартов и разработано в среде Android Studio на языке Java, в связи с чем может быть использовано на абонентских терминалах (например, смартфон или планшет) и иных устройствах под управлением ОС Android. В таблице 1 приведен перечень параметров, доступных для измерений в каждом стандарте.

ТАБЛИЦА 1. Перечень параметров, доступных для измерений

Стандарт	Перечень параметров, доступных для измерений
GSM	MCC, MNC, обслуживающий оператор, LAC, Cell ID, ARFCN, BSIC, RSSI, BER, скорость передачи данных, координаты местоположения
UMTS	MCC, MNC, обслуживающий оператор, LAC, Cell ID, UARFCN, RNC, PSC, RSCP, RSSI, SNR, скорость передачи данных координаты местоположения
LTE	MCC, MNC, обслуживающий оператор, TAC, Cell ID, PCI, EARFCN, eNB, частотный диапазон и ширина полосы, тип дуплекса, частоты восходящей и нисходящей линий связи, RSSI, RSRP, RSRQ, SNR, CQI, скорость передачи данных координаты местоположения

Примеры рабочих окон клиентского Android-приложения представлены на рисунке 3.



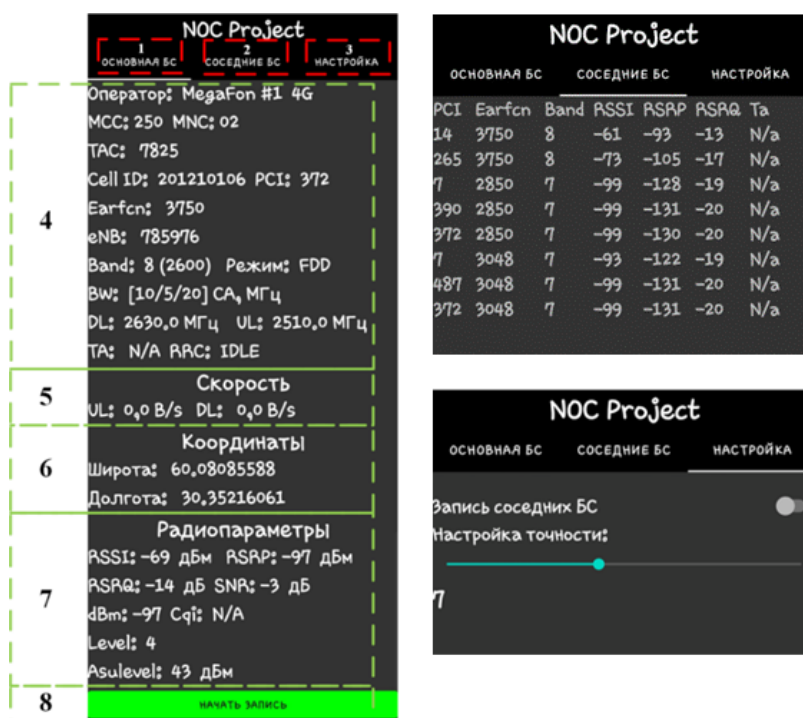


Рис. 3. Примеры рабочих окон клиентского Android-приложения

На вкладке «Основная БС» представлена информация о базовой станции, к которой на данный момент выполнено подключение абонентским терминалом. На рисунке 3 цифрами отмечены следующие области:

- 1 – выбор вкладки «Основная БС»;
- 2 – выбор вкладки «Соседние БС»;
- 3 – выбор вкладки «Настройки»;
- 4 – текущая информация об обслуживающей БС (информация об операторе, идентификаторы обслуживающей базовой станции, используемые частотные каналы);
- 5 – текущая скорость передачи данных;
- 6 – текущие координаты местоположения;
- 7 – текущие измеренные радиопараметры (уровни принимаемых сигналов, отношение сигнал/шум);
- 8 – кнопка включения/отключения записи лог-файла.

На вкладке «Соседние БС» выводится часть параметров, приведенных в таблице 1, относящихся к обнаруженным соседним базовым станциям. На вкладке «Настройки» доступна возможность конфигурации шага проведения измерений (от 1 до 15 метров) и включение режима записи результатов измерений параметров соседних базовых станций.

Результатом работы программы является формирование лог-файла формата CSV, представляющего собой таблицу, включающую в себя полученные в ходе измерений параметры с привязкой к географическим координатам. Если какой-то параметр не был получен в ходе измерений, то соответствующая ячейка в таблице будет пустой. Пример сформированного лог-



файла, содержащего результаты измерений параметров сети LTE, представлен на рисунке 4.

lat	log	Operator	Network	mcc	mnc	TAC/LAC	CID	eNB	Band	Earfcn	Uarfcn	Arfcn
59.902919	30.490588	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903016	30.490541	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903107	30.490471	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903192	30.490396	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903278	30.490318	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903357	30.490230	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903437	30.490149	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903521	30.490064	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903609	30.489995	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903693	30.489914	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903783	30.489847	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903870	30.489760	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	2850		
59.903896	30.489582	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	3048		
59.903848	30.489414	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	3048		
59.903802	30.489250	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	3048		
59.903752	30.489083	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	3048		
59.903689	30.488926	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	3048		
59.903641	30.488759	MegaFon	#4G	250	02	7833	20161280	787550	7	3048		

Рис. 4. Пример лог-файла, содержащего результаты измерений

Клиентское веб-приложение предназначено для получения, сохранения и визуализации измеренных параметров на карте и разработано на языках JavaScript и Golang. Примеры рабочих окон клиентского веб-приложения представлены на рисунке 5.

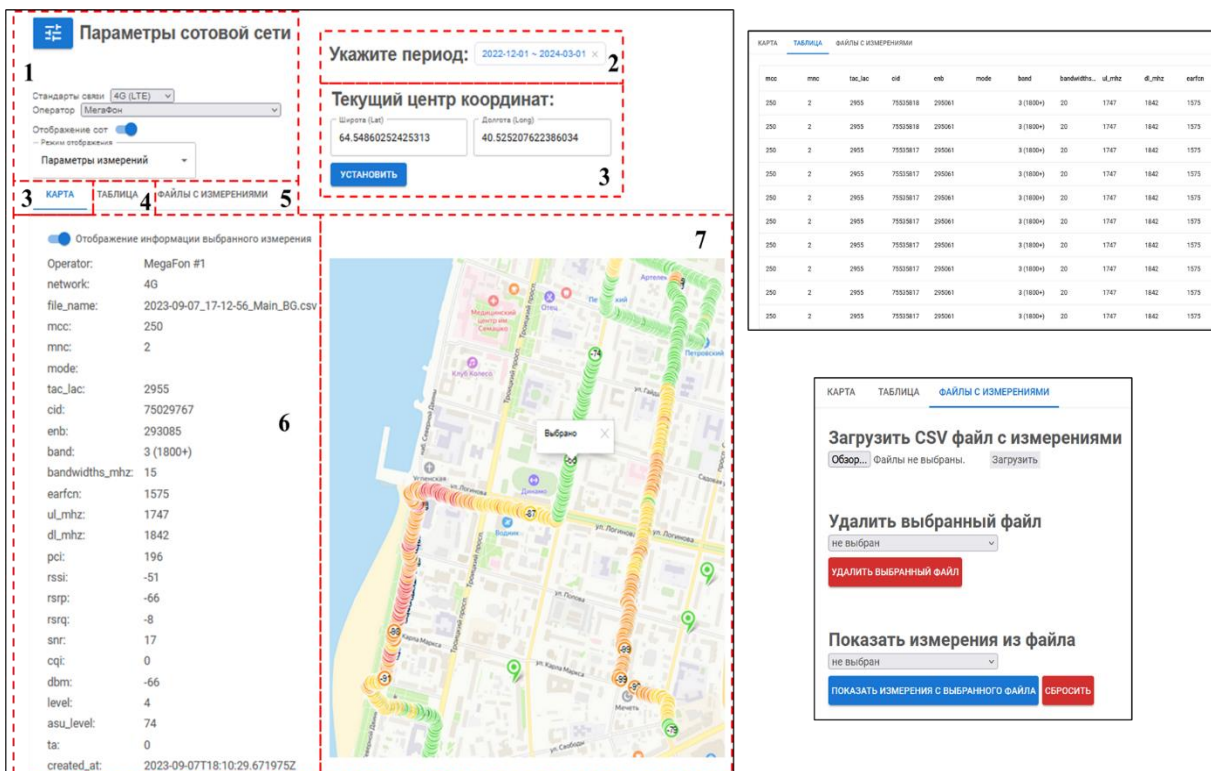


Рис. 5. Примеры рабочих окон клиентского веб-приложения

На рисунке 5 цифрами отмечены следующие области:

- 1 – фильтр, позволяющий отобразить результаты измерений в зависимости от интересующего стандарта мобильной связи и оператора;
- 2 – фильтр, позволяющий отобразить результаты измерений в зависимости от периода проведения измерений
- 3 – выбор вкладки «Карта», позволяющей отобразить тепловую карту покрытия с привязкой к географическим координатам;
- 4 – выбор вкладки «Таблица», позволяющей результаты измерений в виде таблицы;
- 5 – выбор вкладки «Файлы с измерениями», позволяющей загрузить или удалить лог-файлы, содержащие результаты измерений;
- 6 – подробные результаты измерений в точке, выбранной на карте;
- 7 – тепловая карта покрытия.

Разработанные приложения были апробированы в рамках II Арктической технологической экспедиции СПбГУТ по побережью Белого моря, прошедшей в сентябре 2023 года (рисунок 6) [4], а также продемонстрированы на 36-ой Международной выставке информационных и коммуникационных технологий «Связь-2024» (рисунок 7) [5].

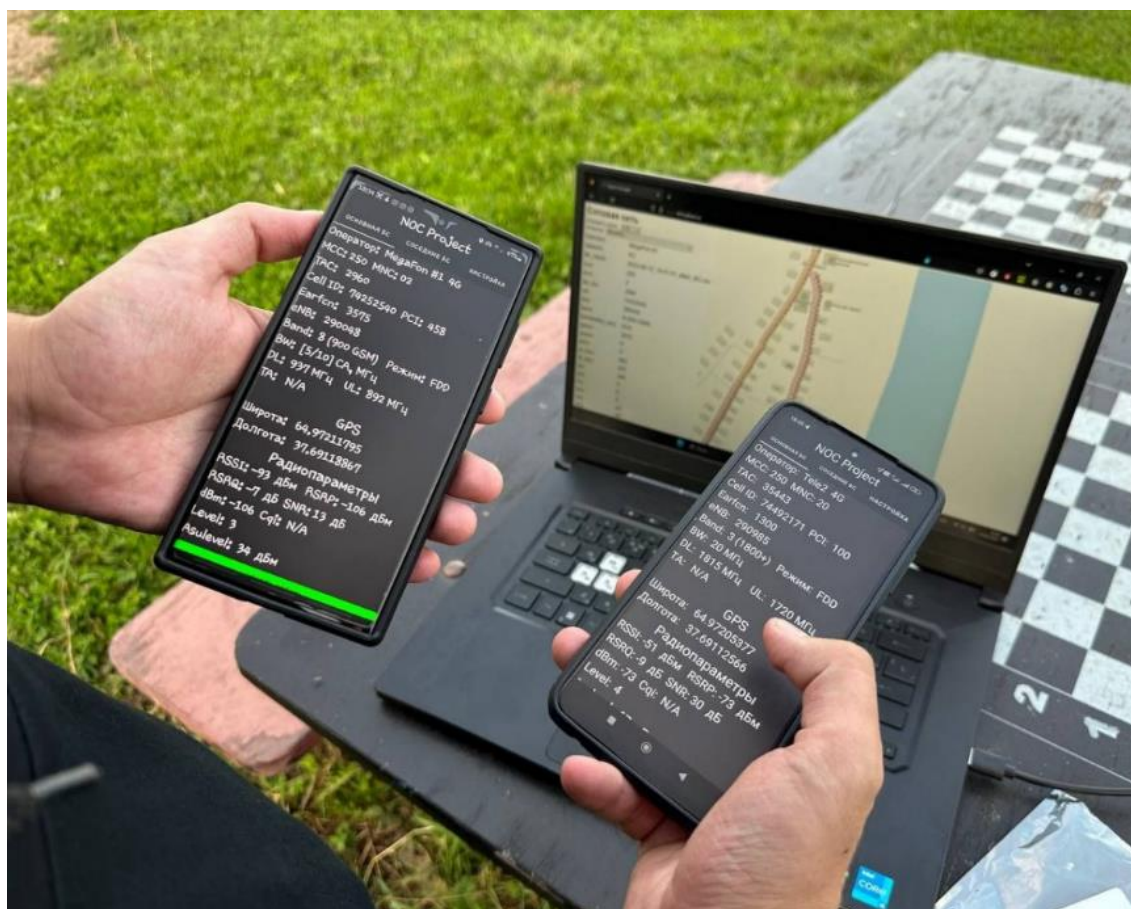


Рис. 6. Апробация в рамках II Арктической технологической экспедиции СПбГУТ по побережью Белого моря



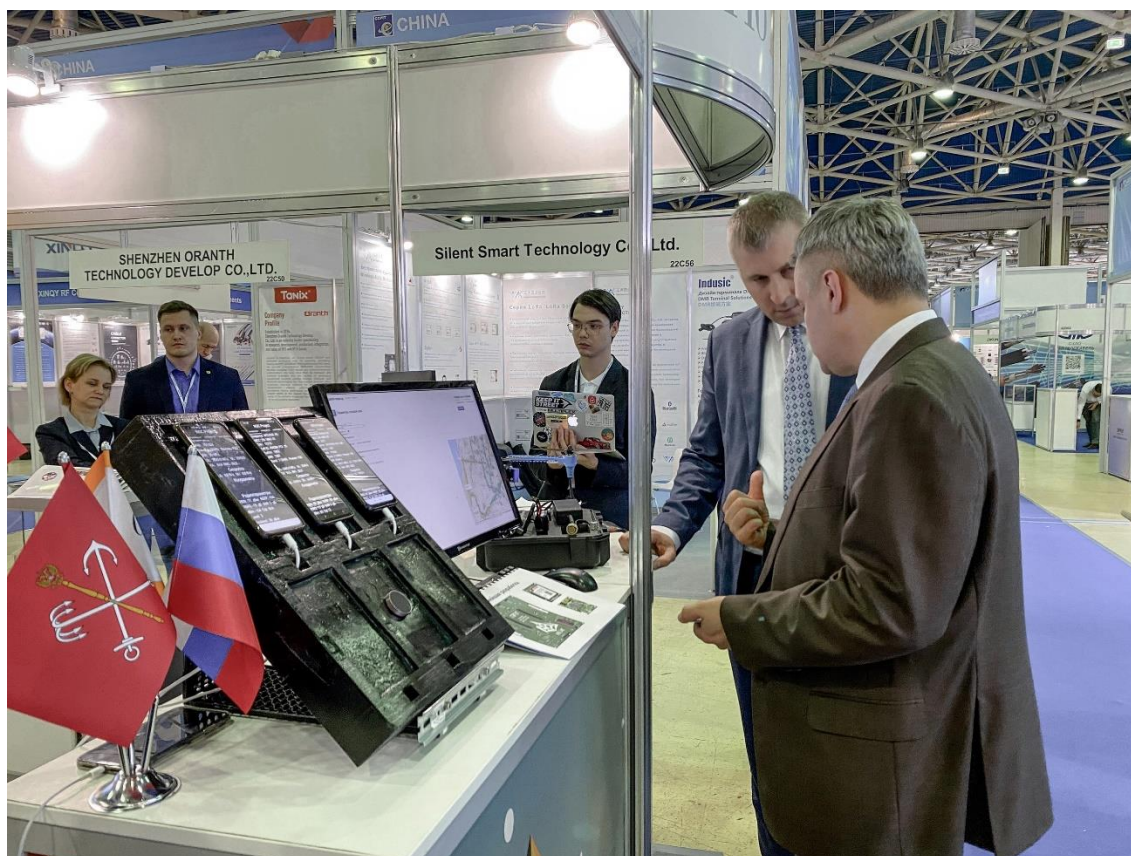


Рис. 7. Демонстрация на 36-ой Международной выставке информационных и коммуникационных технологий «Связь-2024»

При апробации приложений был сделан вывод, что модель используемого абонентского терминала может влиять на возможность вывода ряда измеряемых параметров, а также на возможность фоновой работы разработанного Android-приложения ввиду отсутствия полного доступа к модему, установленному внутри абонентского терминала. Решения, представленные на рынке, данного недостатка лишены, ввиду наличия специальной прошивки с расширенным доступом. В связи с этим, в качестве дальнейшего развития анализатора сетей радиосвязи, возможен переход от решения с использованием полноценных абонентских терминалов к решению на базе модемов мобильной связи (например, SIMCom Wireless Solutions SIM7600E-H сотовой связи, так как они поддерживают работу во втором, третьем и четвертом поколении сетей мобильной связи в частотных диапазонах, доступных на территории России), управляемых, например, микроконтроллером или одноплатным компьютером. Подобный подход позволит избежать части ограничений, вносимых операционной системой, а также использовать одновременно несколько модемов, в зависимости от сценария проводимых измерений (например, результаты измерения параметров сетей нескольких операторов или измерений разных стандартов внутри сети одного оператора). В настоящее время авторами исследуется возможность построения макета подобным образом, а также возможность

реализации оценки не только качества покрытия, но и качества услуг, предоставляемых абоненту (например, согласно [6]). Кроме того, возможности анализатора сетей радиосвязи планируется расширять с точки зрения возможности проведения измерений параметров иных стандартов и технологий радиосвязи.

*Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1023031600087-9-2.2.4;2.2.5;2.2.6;1.2.1;2.2.3 в ЕГИСУ НИОКТР.*

### **Список используемых источников**

1. Проект стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/9120> (дата обращения 12.05.2024).

2. Прикладные научные исследования в области создания сетей связи 2030, включая услуги телеприсутствия с сетевой поддержкой, и экспериментальная проверка решений при подготовке отраслевых кадров (шифр «Технология-2030»): отчет о НИР (заключ.) / Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича; Брусиловский С.А. и др. СПб., 2023. 809 с.

3. Прасолов А. А., Роцинский Р. С., Федоров А. С., Чудинов Д. М. Обзор систем проведения радиоизмерений и оценки качества покрытия сетей мобильной связи // Экономика и качество систем связи, 2023. №. 4 (30). С. 85–102.

4. Роцинский Р. С. Оценка качества покрытия мобильной сети Архангельской области // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов: в 2 т. / сост. Н. Н. Иванов. СПб.: СПбГУТ, 2023. Т. 1. С. 26-30.

5. СПбГУТ – участник 36-й Международной выставки «Связь-2024». URL: <https://www.sut.ru/bonchnews/industry/23-04-2024-spbgut--uchastnik-36-y-mezhdunarodnoy-vistavki-svyaz-2024> (дата обращения 12.05.2024).

6. Методика оценки качества услуг подвижной радиотелефонной связи, утвержденная приказом министра связи и массовых коммуникаций № НН-П19-12345 от 08.06.2017. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/4473> (дата обращения 12.05.2024).

УДК 621.395.665

С. Д. Елкин (студент группы РЦТ-02, СПбГУТ), [esdlyx@gmail.com](mailto:esdlyx@gmail.com)

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АУДИОСИГНАЛОВ

*В данной статье исследован принцип работы устройств динамической обработки аудиосигналов. Определены основные параметры для разработки собственного программного модуля для компрессии аудиосигналов. Составлена блок-схема для разработанного программного модуля. Разработан программный модуль на языке C++. Проведены объективное и субъективное исследования для проверки работы разработанного программного модуля. Сформулированы выводы из результатов исследования.*

*компрессия, программный модуль, C++*

**Elkin S.** Research of Dynamic Audio Signal Processing Devices.

*This article examines the operating principle of dynamic audio signal processing devices. The main parameters for developing our own software module for audio signal compression are defined. A block diagram for the developed software module is compiled. A software module in C++ is developed. Objective and subjective studies are conducted to test the operation of the developed software module. Conclusions are formulated from the results of the study.*

**Key words:** compression, software module, C++

Динамическая обработка предназначена для изменения динамического диапазона звуковых сигналов. Звуковые сигналы в радиовещании, телевидении и звукозаписи всегда подвергаются такой обработке, независимо аналоговые они или цифровые [1–5]. Это связано с тем, что часто динамический диапазон природных звуков, звуков музыки и речи значительно шире динамического диапазона электроакустических трактов современной аппаратуры.

Программный модуль, выполняющий сужение или расширение динамического диапазона, называется динамическим процессором. Динамическая обработка применяется только для нестационарных сигналов с подъемами и провалами огибающей звукового сигнала. Динамический процессор относится к регуляторам прямого действия. Его функциональная схема, приведенная на рис. 1, содержит две цепи: основной канал и цепь прямого управления. В основном канале входной сигнал задерживается на время  $D$ , задаваемое числом выборок [3].

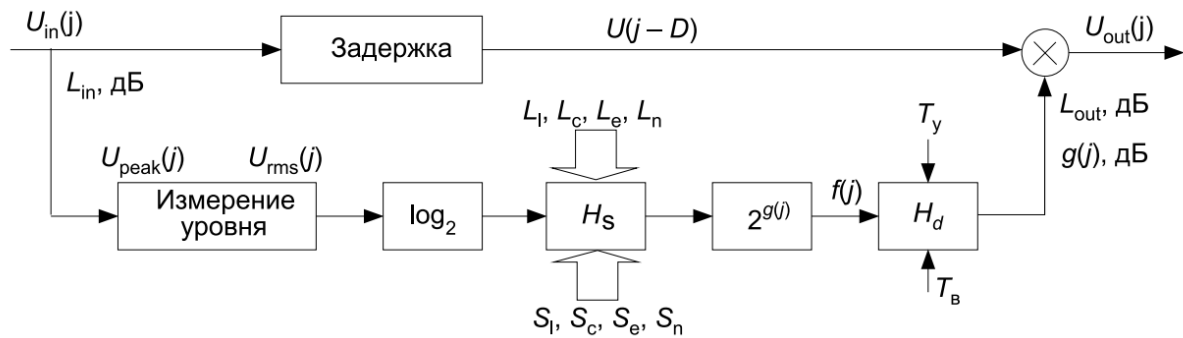


Рис. 1. Структурная схема динамического процессора

В зависимости от вида амплитудной характеристики динамический процессор может выполнять функции ограничителя максимальных уровней, компрессора, экспандера или ограничителя минимальных уровней. Все эти функции могут быть реализованы в одном устройстве или с помощью одного программного модуля [3]. На рис. 2 приведены типовые передаточные характеристики этих устройств.

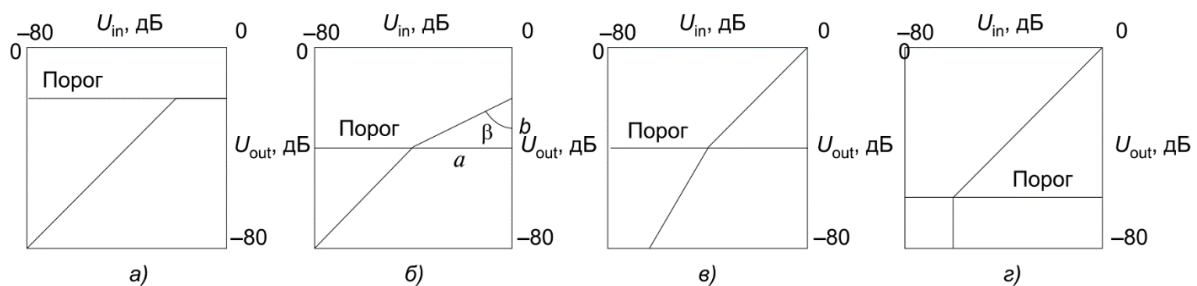


Рис. 2. Передаточные функции динамических процессоров: ограничитель максимальных уровней (а); компрессор (б); экспандер (в); ограничитель минимальных уровней (г)

Компрессор ограничивает динамический диапазон сверху – подъемы огибающей, величина которых превышает пороговый уровень, он ослабляет в соответствии с установленным коэффициентом передачи выше точки перегиба [3]. Компрессор предназначен для сокращения динамического диапазона ЗС без заметных на слух искажений как в части динамики фонограммы, так и нелинейных искажений.

Разработка алгоритма работы компрессора начинается с определения параметров компрессора, включая пороговое значение, коэффициент сжатия и время установления/восстановления. Следующий шаг – анализ уровня входного сигнала с помощью пикового детектора, чтобы определить, когда срабатывает компрессор. Если пиковый уровень входного сигнала превышает порог срабатывания, вычисляется коэффициент ослабления, который затем перемножается с входным сигналом для получения компрессированного сигнала.



Блок-схема работы разработанного программного обеспечения представлен на рис. 3.

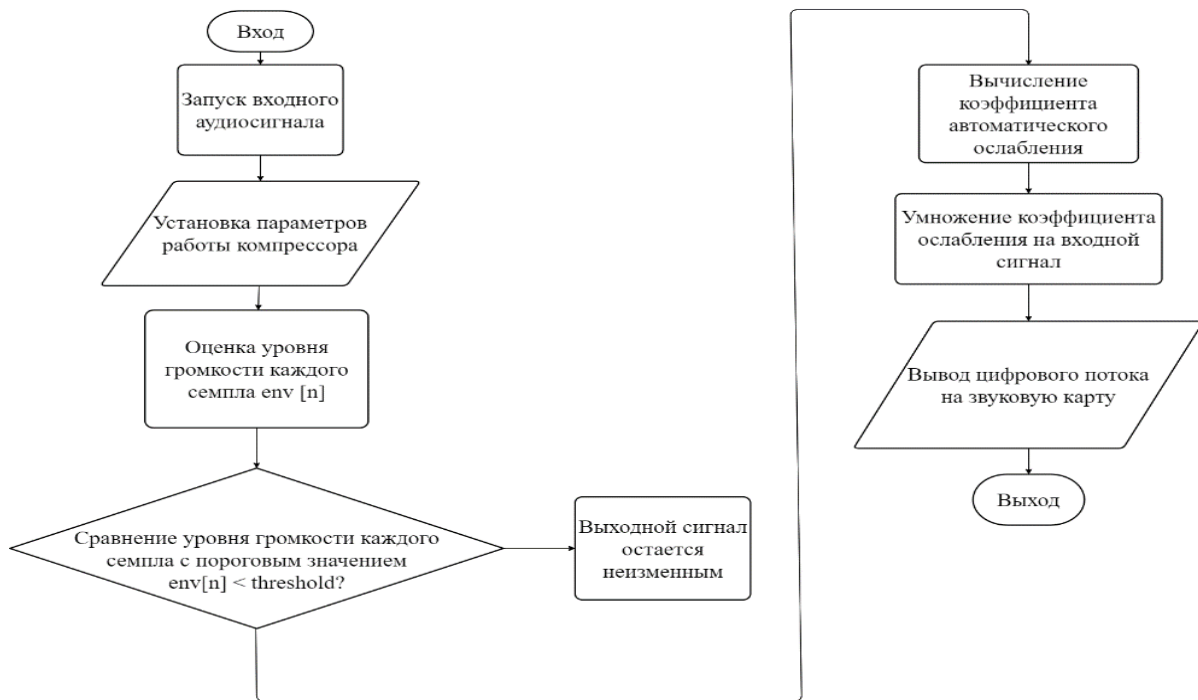


Рис. 3. Блок схема разработанного компрессора

Разработка компрессора производилась на языке программирования C++, на основе Juce. Интерфейс разработанного компрессора представлен на рис. 4.



Рис. 4. Интерфейс разработанного компрессора

Интерфейс разработанного АРУ позволяет настраивать время установления от 1 до 500 мс (1-2 мс для речи, 10-100 мс для музыки), время восстановления от 15 до 2000 мс и порог срабатывания от -60 до 0 дБ. Для сжатия доступны коэффициенты от 2 до 100. Регуляторы уровня входного и выходного сигналов изменяют уровень от -24 до 24 дБ. Индикаторы уровня отображают входной и выходной сигналы в реальном времени для левого и правого каналов, с индикаторами максимального уровня снизу, обновляемыми по нажатию. При превышении 0 дБ индикаторы сверху загораются красным, предупреждая о перегрузке.

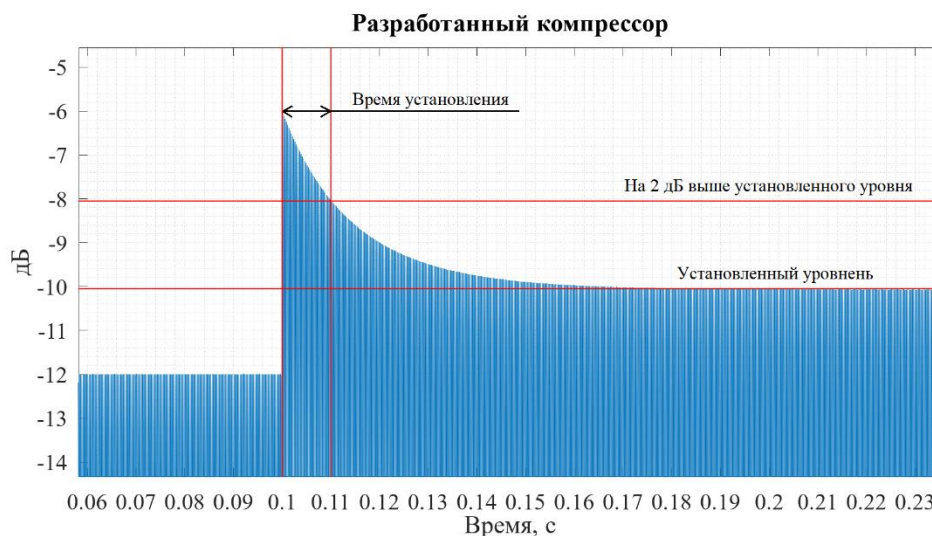


Рис. 5. Динамическая обработка сигнала в начале переходного процесса, разработанного АРУ

Проверка работоспособности собственного АРУ производилась с помощью синусоидального сигнала с частотой 1000 Гц. Через 100 мс, после начала сигнала, происходит увеличение амплитуды сигнала на 6 дБ, для измерения переходной характеристики. Данный тестовый сигнал позволяет оценить реакцию системы на резкое изменение амплитуды.

Для измерения переходной характеристики были установлены следующие параметры АРУ: порог срабатывания – -12 дБ; степень сжатия – 6:1; время установления – 10 мс; время восстановления – 30 мс.

Устанавливаемый порог срабатывания определяет максимальный размах выходного сигнала в установившемся режиме, а степень сжатия определяет изменение коэффициента передачи. В момент скачкообразного нарастания сигнала на входе пика огибающей сигнала его размах на выходе компрессора такой же, как и на входе (рис. 5). Это обусловлено тем, что в рассматриваемом примере время установления существенно больше времени фронта импульсов.

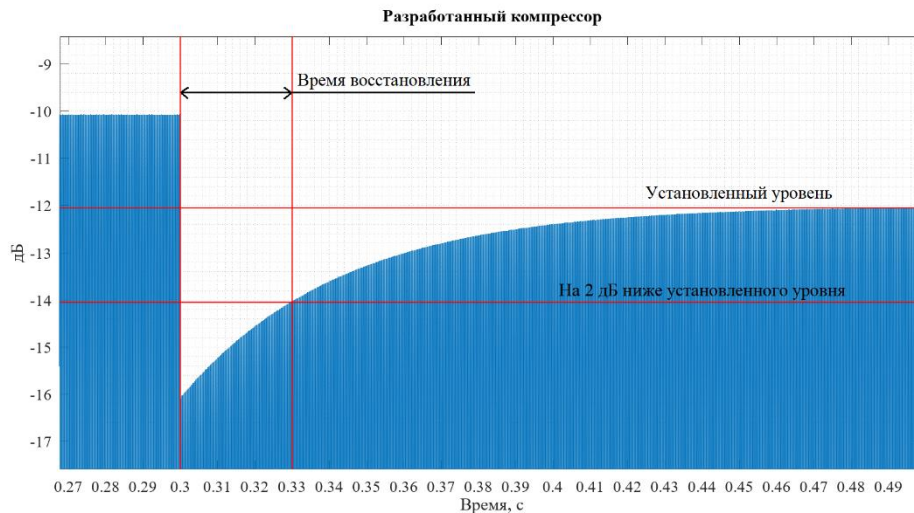


Рис. 6. Динамическая обработка сигнала в конце переходного процесса, разработанного АРУ

В момент скачкообразного уменьшения сигнала на входе АРУ установившийся ранее коэффициент передачи не может мгновенно измениться, поэтому происходит резкое уменьшение размаха выходного сигнала (рис. 6). Далее происходит постепенное восстановление коэффициента передачи до исходного значения по нарастающей экспоненте. Длительность этого процесса определяется значением времени восстановления.

Из приведенного примера следует, что хорошая работа компрессора очень сильно зависит от выбора постоянных времени управляющей цепи АРУ. В некоторых случаях можно допустить моментальное срабатывание компрессора, но время восстановления не может быть нулевым.

Проведено исследование разборчивости речи, с использованием субъективно-статистических испытаний с помощью группы экспертов, для проверки работы разработанного программного модуля, согласно рекомендации [Р.800 МСЭ-Т]. Оценивание проводилось вслепую методом прямой оценки. Результаты субъективно-статистического испытания представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Результаты субъективно-статистического испытания

Номер аудиофайла	Оценка качества речи
№ 1	5
№ 2	5
№ 3	5
№ 4	4
№ 5	5
№ 6	4

Из результатов исследования следует, что компрессия речевого аудиосигнала способствует улучшению восприятия речи. Сжатие динамического диапазона позволило сгладить различия между тихими и громкими частями записи и добиться более стабильного уровня сигнала. Также благодаря компрессии стало возможным увеличить общий уровень сигнала, не перегружая его. Установлено, что время установления влияет на разборчивость речи.

Правильный выбор параметров компрессора, включая пороговое значение, коэффициент сжатия и время установления/восстановления, критически важен для его эффективной работы. Компрессия речевого аудиосигнала способствует улучшению восприятия речи, сглаживая различия между тихими и громкими частями записи и позволяя увеличить общий уровень без перегрузки. Правильная настройка компрессора придает речевым записям более профессиональное звучание, что подтверждается результатами субъективно-статистических испытаний.

#### Список используемых источников

1. Рекомендации МСЭ-Т Р.800.1 от 07/2006. Методы для объективной и субъективной оценки качества. 22 с.
2. IEC 60268-8 Sound system equipment - Part 8: Automatic gain control devices. International Electrotechnical Commission, 1973. 26 p.
3. Ковалгин Ю. А. Аудиотехника. Учебник для вузов / Ю. А. Ковалгин, Э. И. Вологдин. М.: Горячая линия-Телеком, 2013. 742 с.
4. Joshua D. Reiss, Andrew McPherson Audio. Effects: Theory, Implementation and Application. Boca Raton, 2015. 367 p.
5. Juce. Build Audio Applications and Plug-ins. URL: <https://juce.com> (дата обращения 20.04.2024).

*Статья представлена научным руководителем,  
старшим преподавателем кафедры ТВиМ СПбГУТ О. А. Свиной.*

УДК 621.395.623.7

**О. Ю. Ишутина** (студентка группы Р-21м СПбГУТ),  
[ishutina.oksana.u@yandex.ru](mailto:ishutina.oksana.u@yandex.ru)

## РАЗРАБОТКА ВСЕНАПРАВЛЕННОГО ИСТОЧНИКА ЗВУКА

*В продолжение предыдущих работ по разработке всенаправленного источника, проведены измерения акустических параметров головок громкоговорителей, подобранных для потенциального использования в новом прототипе. По результатам выбрана модель 5ГДШ-9. Выполнено моделирование среднечастотного и низкочастотного модулей, определены и описаны их основные параметры. Поставлены задачи на дальнейшее проектирование.*

*всенаправленный источник звука, параметры Тиля-Смолла, закрытое акустическое оформление, акустическое оформление с фазоинвертором, демпфирование*

**Ishutina O.** Development of an Omnidirectional Sound Source

*In continuation of previous works on the development of an omnidirectional source, measurements of the acoustic parameters of the loudspeaker heads selected for potential use in the new prototype were carried out. Based on the results, the 5GDSh-9 model was selected. The mid-frequency and low-frequency modules were modeled, their main parameters were determined and described. Tasks for further design were set.*

**Key words:** omnidirectional sound source, Thiel-Small parameters, closed acoustic design, acoustic design with a phase inverter, damping

В предыдущих работах были рассмотрены основные концепции проектирования всенаправленных акустических систем [1]; проведено исследование влияния формы, типа излучателей и демпфирования внутреннего объема [2] громкоговорителя на его акустические характеристики; выполнен обзор пригодных для использования в новом прототипе головок громкоговорителя (ГГ) [3], представленных на российском рынке, исследованы их параметры Тиля-Смолла (Т/С) и выполнено моделирование их поведения в закрытом корпусе.

В настоящей статье представлены результаты измерения дополнительных акустических параметров ГГ для принятия решения об использовании определенной модели в новом прототипе, а также представлены результаты подбора параметров для среднечастотного и низкочастотного модуля.

После моделирования амплитудно-частотной характеристики громкоговорителей (АЧХ) были определены две наиболее пригодные для использования в среднечастотном модуле прототипа ГГ: 5ГДШ-9 [4] и 10ГДС93-8 [5]. Однако моделирование на основании параметров Т/С справедливо лишь для области частот, в которых ГГ работает как поршень, поэтому для принятия окончательного решения по выбору ГГ потребовалось провести измерение АЧХ ГГ для определения их поведения в высокочастотной области. Результаты измерения АЧХ громкоговорителей представлены на рисунке 1.

Измерения проводились методом квази-свободного поля, ГГ устанавливалась в экран, измерения проводились на одинаковом подводимом усилении. Из рисунка 1 видно, что головка 5ГДШ-9 имеет более равномерную АЧХ в области средних и высоких частот – неравномерность порядка 8 дБ в сравнении с 10ГДС93-8, где неравномерность составляет 11 дБ; а также имеет больший уровень воспроизводимого звукового давления. В связи с этим было принято решение использовать в новом прототипе головку 5ГДШ-9.

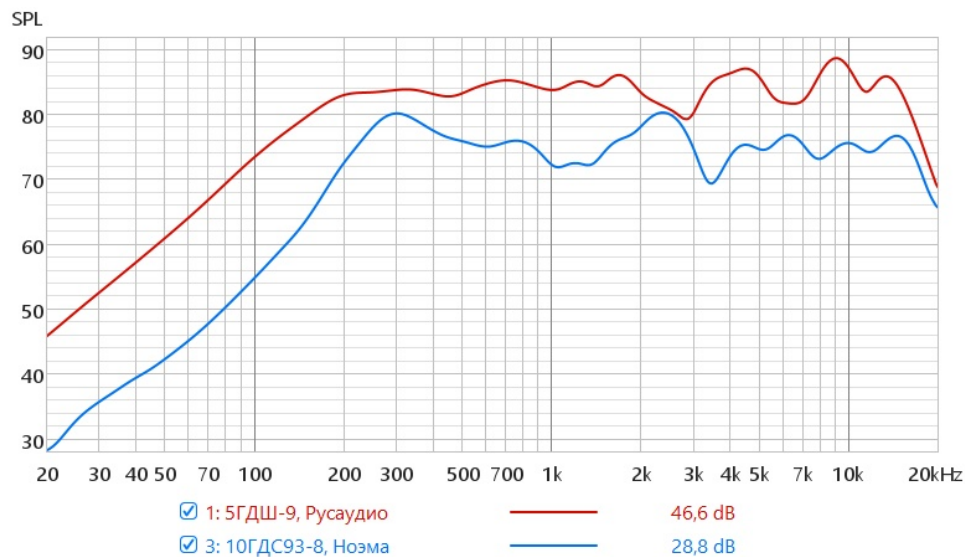


Рис. 1. Сводный график результатов измерений выбранных головок громкоговорителей

В качестве акустического оформления (АО) для среднечастотного модуля выбрано закрытое АО. Количество ГГ – 12 штук, как во многих коммерческих моделях. Внутренний объем выбран 14 л, на 2 л больше, чем у коммерческих моделей. Это связано с высоким значением одного из параметров Т/С – эквивалентного объема ГГ, который влияет на повышение добротности системы, при помещении нескольких головок в один корпус, что влияет на повышение частоты механического резонанса, а соответственно уменьшает динамический диапазон системы в области нижних частот. Моделирование акустической системы с такими параметрами показало незначительное повышение граничной частоты – до 240 Гц. Частоты разделения для низкочастотного и среднечастотного модулей выбраны 300 Гц, так как лежащие ниже 300 Гц звуковые волны имеют ненаправленные свойства. Это позволяет не увеличивать объем корпуса громкоговорителя дальше, ведь увеличение объема влияет на равномерность диаграммы направленности в области верхних частот в худшую сторону. В качестве формы среднечастотного АО была выбрана форма додекаэдра со скругленными сферой углами для уменьшения влияния дифракционных эффектов. Заполнение внутреннего объема – 100% от объема. Результаты моделирования среднечастотного корпуса в САПР AutoCad представлены на рисунке 2а. Для повышения жесткости конструкции, было решено использовать шпильку, проходящую



насквозь корпуса; толщина стенок выбрана равной 10 мм; предусмотрены посадочные места под фурнитуру и ГГ. Изготовление корпуса планируется выполнить с применением аддитивных технологий – 3D печати, материал – PLA-пластик.

Для низкочастотного модуля было решено выполнить акустическое оформление с фазоинвертором, в качестве излучателя выбрана ГГ 35ГДН62-4. Линейные размеры корпуса и фазоинвертора подбирались при моделировании так, чтобы обеспечить достаточную равномерность АЧХ в области нижних частот. Таким образом, получили объем низкочастотного модуля равным 43,7 л, при пересчете на линейные размеры с соотношением 3:4:5, стороны короба получились равными 0,27х0,36х0,45 м. Частоту настройки фазоинвертора выбрали равной 36 Гц. Благодаря этому моделирование показало расширение частотного диапазона на одну дополнительную октавную полосу в нижней области частот от требуемой нормативными документами. Эффективная длина фазоинвертора вышла равной 7 см, вместе с двумя раскрывами радиусом 2 см – 9 см. Расположение динамической головки и фазоинвертора было подобрано таким образом, чтобы внутри короба создавалось как можно меньше стоячих волн. Модель низкочастотного модуля можно увидеть на рисунке 2б. В качестве материала под низкочастотный модуль планируется использование фанеры 18 мм. Модель низкочастотного модуля можно увидеть на рисунке 2б. Фазоинвертор планируется изготавливать с помощью 3D-печати.

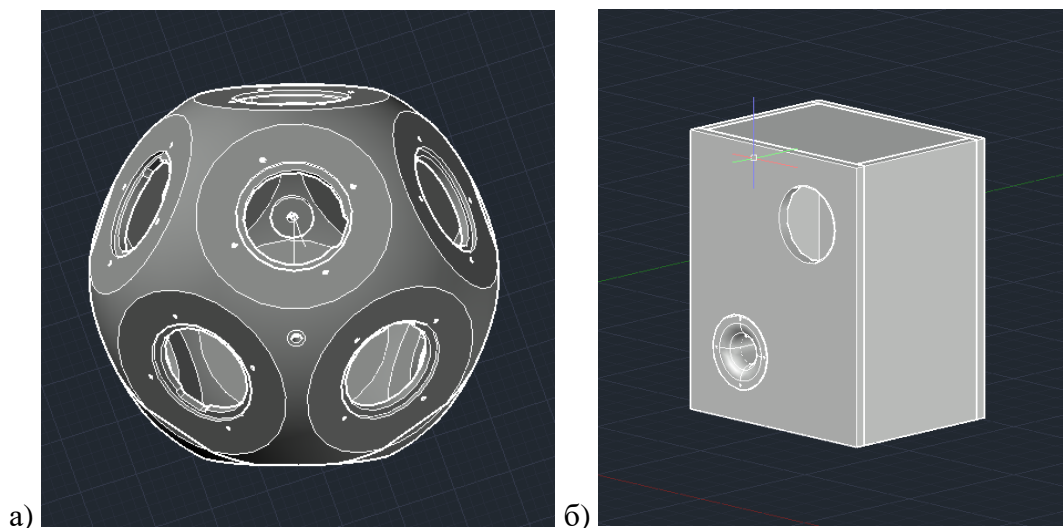


Рис. 2. а) Модель корпуса среднечастотного модуля; б) модель низкочастотного модуля

В дальнейшей работе планируется:

- собрать два модуля прототипа всенаправленного источника звука;
- провести измерения АЧХ модулей, их диаграммы направленности;

- провести настройку разделительного фильтра с помощью устройства цифровой обработки сигналов (УЦОС), разработанного на кафедре ТВиМ [6];
- при необходимости, скорректировать неравномерность АЧХ с помощью УЦОС;
- провести акустические измерения полученной акустической системы и сделать выводы о соответствии источника звука требованиям, предъявляемыми ГОСТами.

#### Список используемых источников

1. Ишутина О. Ю. Обзор исследований в области ненаправленных источников звука // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2022). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов конф. / Сост. Н. Н. Иванов. СПб.: СПбГУТ, 2022. С.87–92.
2. Ишутина О. Ю., Свиньина О. А. Исследование влияния демпфирования акустического оформления на характеристики громкоговорителя // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2023. С.278–282.
3. Ишутина О. Ю., Свиньина О. А. Подбор электродинамических излучателей для ненаправленного громкоговорителя // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов конф. / Сост. Н. Н. Иванов. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 61–65.
4. РусАудио. URL: [https://rusaudio.pro/product\\_type/головки-громкоговорителей/](https://rusaudio.pro/product_type/головки-громкоговорителей/) (дата обращения 30.05.2024).
5. Ноэма. URL: <http://ноэма.ru/> (дата обращения 30.05.2024).
6. Свиньина О. А., Прасолов А. А., Разработка устройства цифровой обработки звуковых сигналов на базе цифрового сигнального процессора Analog Devices ADAU1401 // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2021. С. 389–394.

*Статья представлена научным руководителем,  
старшим преподавателем кафедры ТВиМ СПбГУТ Свиньиной О. А.*

УДК 536.532

**М. А. Капелюш** (аспирант, СПбГУТ), [b22033@yandex.ru](mailto:b22033@yandex.ru)

**М. С. Нечаев** (студент группы 1203, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

**С. А. Соков** (студент группы 1203, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

**М. Е. Попов** (студент группы 1203, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ И БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

*В работе представлено тестирование устройств измерения температуры с различными типами передачи данных. Термодатчики с беспроводным каналом передачи данных позволяют измерять температуру в высоковольтной экспериментальной установке по исследованию свойств полевых катодов. Для сравнения характеристик и оценки точности устройств регистрации температуры проведен эксперимент, в котором были исследованы характеристики этих устройств. Для единой репрезентации результатов опыта была разработана программа для каждого устройства.*

*измерение температуры, автоматизация эксперимента, измерения под высоким напряжением, гальваническая развязка, беспроводная передача данных*

**Kapelyush M., Nechaev M., Sokov S., Popov M.** Development of Temperature Registration Methods and Wireless Data Transmission for a High-Voltage Experimental Setup

*The paper presents testing of temperature measurement devices with different types of data transmission. Thermal sensors with a wireless data transmission channel allow measuring temperature in a high-voltage experimental setup for studying the properties of field cathodes. To compare the characteristics and assess the accuracy of temperature recording devices, an experiment was conducted in which the characteristics of these devices were studied. For a unified representation of the experimental results, a program was developed for each device.*

**Key words:** temperature measurement, experiment automation, high-voltage measurements, galvanic isolation, wireless data transmission

В разделе вакуумной электроники важнейшей составляющей устройств является катод, который является источником свободных электронов. Катоды бывают различными по конструкции и по методу применения в электронике. Классическим источником электронов является термокатод, требующий нагрева для придания электронам дополнительной энергии для преодоления потенциального барьера, чтобы выйти в вакуум. Однако на данный момент перспективными являются полевые катоды, обладающие значительно большей плотностью тока. У данного типа катодов для эмиссии электронов необходимо создать электрическое поле с большой напряженностью. Приложенное поле сужает и понижает потенциальный барьер и способствует туннелированию электронов. Исследование полевых катодов является весьма актуальным, так как способствует повсеместному переходу

от термокатодов к полевым в СВЧ-технике, рентгеновской и терагерцовой электронике.

Использование измерителей температуры при исследовании полевых катодов представляет фундаментальный и практический интерес по той причине, что температура катода влияет на энергетическое распределение электронов и обеспечивает переход от режима глубокого туннелирования к режиму термополевой эмиссии. Другим важным параметром материала является работа выхода, которая определяет высоту барьера (высоту барьера при поле нулевой величины). Работа выхода также зависит от температуры, хотя и достаточно слабо. На достаточно широком диапазоне температур можно считать, что эта зависимость линейна и описывается формулой (1):

$$\varphi(T) = \varphi_0 + aT, \quad (1)$$

где  $a$  – константа для определенного материала,  $\varphi_0$  – работа выхода при комнатной температуре.

Современная теория полевой эмиссии в нотации Мерфи-Гуда с учетом зависимости от температуры описывается уравнением (2):

$$J = \frac{\frac{\pi k_B T}{\delta_F}}{\sin\left(\frac{\pi k_B T}{\delta_F}\right) a_{FN} \tau_F^{-2} \varphi^{-1} F_R^2 f^2 \exp\left(-\frac{v_F b_{FN} \varphi^{\frac{3}{2}} F_R^{-1}}{f}\right)},$$

$$\delta_F = \tau_F^{-1} 2F / (3b_{FN} \varphi^{1/2}). \quad (2)$$

где  $J$  – плотность тока [ $A/m^2$ ],  $\varphi$  – работа выхода [eV],  $a_{FN} = 1.54 \cdot 10^{-6} A \cdot eV \cdot V^{-2}$  и  $b_{FN} = 6.83 \cdot 10^9 eV^{-3/2} \cdot V/m$  – первая и вторая константы Фаулера-Нордгейма,  $v_F$  и  $\tau_F$  – первая и вторая барьерные функции,  $f = F/F_R$  – безразмерное поле, где  $F$  – поле на поверхности,  $F_R = \varphi^2 c_s^{-2}$  – поле снятия барьера,  $c_s^2 = 1.44 \cdot 10^{-9} eV^2 m/V$  – константа Шоттки.

Регистрация температуры во время проведения эксперимента может позволить учесть изменение высоты барьера. Таким образом расширяется функционал экспериментальной установки, а проверка теоретических сведений о полевой эмиссии и уравнений, описывающих ее, становится качественнее.

Измерение температуры связано с рядом проблем. Исследование проводится в вакуумной камере, что может вызывать затруднения при бесконтактном методе регистрации температуры через вакуумное окно. Датчиком может выступать термopара, которую необходимо подводить внутрь к исследуемому объекту.

Также полевые эмиссионные исследования проводятся при больших приложенных напряжениях. Это вызывает сложности для традиционных устройств, так как существует опасность пробоя или короткого замыкания. Решить проблему можно с помощью делителя напряжения или же надежной гальванической развязки. Однако даже с использованием делителя напряжения возможен выход устройства из строя из-за возникновения разряда в вакуумной камере или перехода исследуемого объекта во взрывной режим. Поэтому гальваноразвязка является предпочтительным вариантом.

Передача данных с измеряющего устройства также является непростой задачей, так как измеритель должен быть непосредственной частью экспериментальной установки, а оцифрованные данные с него необходимо получать во время проведения эксперимента. Синхронизация потоков данных в одной программе на рабочей станции является необходимым условием при проведении исследований.

В работе было проведено сравнение различных устройств регистрации температуры, в которых датчиком выступает термопара, в стационарных и переходных режимах измерения температуры.

На рисунке 1 представлены исследуемые устройства.



Рис. 1. Исследуемые устройства: а) Bluetooth-устройство; б) пирометр DT-8855; в) мультиметр UT61C

Рассмотрим каждое устройство в отдельности. Первый прибор (рис. 1а) представляет собой Bluetooth-устройство, состоящее из следующих блоков: датчик-термопара, модуль оцифровки напряжения на термопаре и перевода его в значение температуры, Bluetooth-модуль, источник питания, DC/DC преобразователь, плата зарядного устройства, дисплей для отображения регистрируемой температуры.

Вторым прибором (рис. 1б) является пирометр модели DT-8855, оснащенный инфракрасным датчиком, позволяющим бесконтактным способом определять температуру исследуемого объекта. Кроме того, пирометр имеет контакты для подключения к нему датчика-термопары, с помощью которого производится калибровка устройства. Определяется коэффициент черноты,

корректирующий работу ИК датчика. Получаемые данные с датчиков пирометра выводятся на собственный ЖК дисплей, а встроенный лазерный прицел обеспечивает точность наведения.

В комплект к пирометру прилагается радиочастотный модуль, который подключается к нему с помощью оптопары. Этот модуль позволяет передавать беспроводным способом радиосигнал на рабочую станцию (компьютер). Оказалось, что с помощью термопары возможна не только калибровка устройства, но и передача данных вторым каналом.

Третьим прибором (рис. 1в) является мультиметр модели UT61C, который способен регистрировать температуру путем подключения к нему термопары. Разумеется, данный прибор обеспечивает регистрацию температуры контактным способом. Однако мультиметр в работе был подключен к рабочей станции с использованием USB/RS232 переходника и интерфейсного кабеля UT-D02 с оптической развязкой. Такое решение позволяет разделить два контура для предотвращения пробоя на высоких напряжениях и разместить прибор в непосредственной близости от частей экспериментальной установки, на которые подано высокое напряжение. Конструкция мультиметра делает возможным и повышение напряжения пробоя с помощью добавления оптоволоконка к оптопаре. Можно получить надежное измеряющее устройство, выдерживающее напряжение порядка нескольких кВ.

Таким образом, все исследуемые в работе устройства использовали *беспроводную* передачу данных на рабочую станцию.

Следующее техническое условие состоит в том, чтобы все вышеперечисленные устройства могли быть программно опрошены в программной среде LabVIEW. Сложность задачи обусловлена необходимостью синхронизировать полученные данные, а потом их обработать. Для мультиметра и пирометра существует программное обеспечение от производителя, но эти программы не позволяют в процессе эксперимента передавать и обрабатывать данные, что делает поставляемое ПО практически бесполезными при проведении эксперимента, в ходе которого необходимо опрашивать сразу несколько измерителей. Для стандартных устройств можно воспользоваться модулем VISA в библиотеке LabVIEW. Этот модуль позволяет считывать данные с COM-порта. Однако производители оборудования не предоставляют драйвера для работы с LabVIEW, а также протоколы обмена с портом.

Для решения этой проблемы были разработаны специальные драйвера, позволяющие дешифровать строку состояния каждого устройства, в которой закодирована информация об измеренных сигналах и состоянии устройств в виде шестнадцатеричного кода. Проанализировав эту строку с помощью различных преобразований, были получены данные измеренной температуры. Это позволило синхронизировать и визуализировать полученные данные в виде графика специальной программой, тоже написанной в среде LabVIEW. Ранее такие драйвера для исследуемых устройств никто не создавал. На рисунке 2 представлена реализация программы синхронного сбора данных.



Для проведения эксперимента все устройства были подключены к одному компьютеру. Для удобной и единой репрезентации результатов опыта все данные поступали в одну общую для всех исследованных устройств программу. В эксперименте использовался нагревательный элемент, температура которого регистрировалась одновременно всеми измерительными устройствами. Таким образом, созданная для проведения опыта программа позволила провести синхронные измерения температуры, что позволило автоматизировать эксперимент.

В ходе исследования была использована паяльная станция как стабильный источник, который позволяет выставить удобную температуру. Задав максимально допустимую температуру ( $315^{\circ}\text{C}$ ), проводилась запись эксперимента в программе. Задача заключалась в том, чтобы определить, как быстро приборы позволяют измерить температуру, как они ведут себя при ее постоянном значении, чтобы потом можно было их откалибровать.

Нагрев источник до своей предельной температуры, был получен участок стабилизации температуры. На рис. 3а видны флуктуации температуры, связанные с погрешностью измерения приборов.

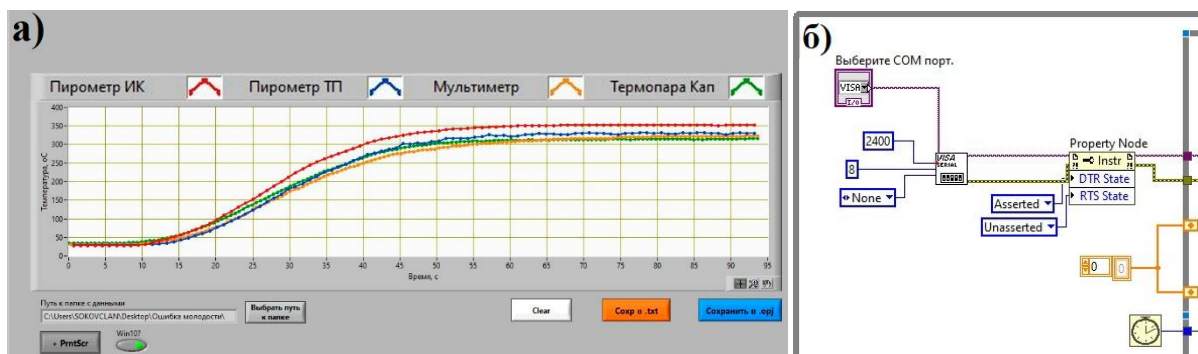


Рис. 2. Программа для многоканальной записи сигналов: а) интерфейс программы; б) часть кода программы

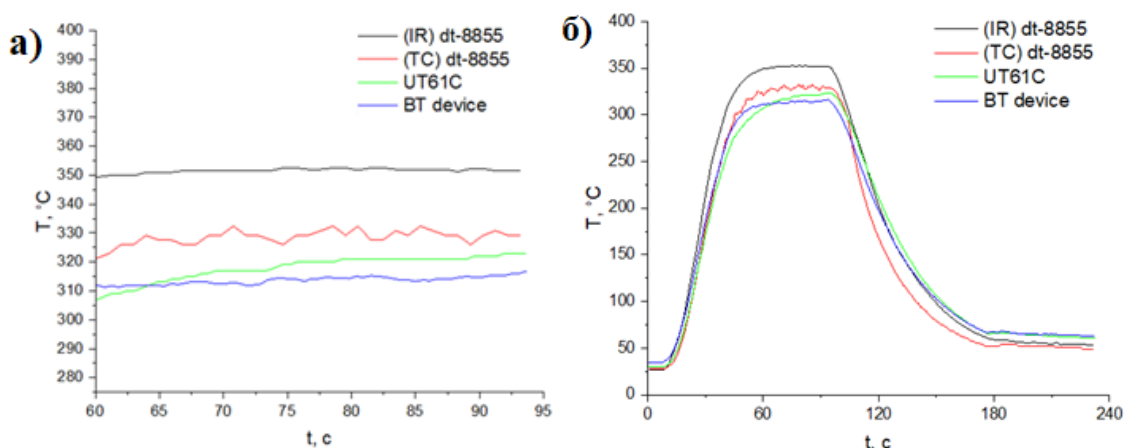


Рис. 3. Временные реализации измеряемой температуры: а) график стабилизации температуры; б) график нагрева и остывания источника

Из полученной зависимости видно, что ИК датчик пирометра довольно сильно завышает значения, в то время как показания термометров разных приборов колеблются приблизительно около одного значения. Это связано с точностью калибровки ИК датчика с помощью термопары пирометра. Из-за этого возникает проблема исследования объектов. Необходимо проводить калибровку прибора заново при изменении материала греющегося объекта. Таким образом, термопара пирометра всегда должна быть подведена к экспериментальной установке, а также необходимо использовать специальные вакуумные стекла, пропускающие ИК излучение, для использования ИК датчика пирометра, это дополнительное требование к экспериментальной установке.

Далее были получены кривые остывания. Результирующие кривые нагревания и остывание приведены на рисунке 3б. Показания пирометра ТП имеют самый высокий уровень шума. Мультиметр дольше других выходит на уровень постоянной температуры. Bluetooth-устройство достаточно быстро определяет температуру при ее росте, но является более инерционным при спаде и менее точным, чем мультиметр.

Таким образом, все исследуемые устройства можно использовать для измерения температуры при высоких напряжениях, соблюдены условия наличия гальванической развязки и передачи данных на рабочую станцию беспроводным каналом. Однако каждый прибор имеет свои преимущества и недостатки, связанные с настройкой, погрешностью измерений и скоростью выхода на новое значение температуры объекта.

#### **Список используемых источников**

1. Jensen K. L. Introduction to the physics of electron emission. John Wiley & Sons, 2017. С. 363.
2. Popov E. O., Kolosko A. G., Filippov S. V. Electrical field admissible values for the classical field emitter regime in the study of large area emitters // AIP Advances, 2019. Vol. 9. №. 1.

*Статья представлена научным руководителем,  
доцентом кафедры КПРЭС СПбГУТ,  
кандидатом физико-математических наук,  
старшим научным сотрудником ФТИ им. А. Ф. Иоффе Колосько А.Г.*

УДК 534.84

**В. С. Ларионова** (студент группы Р-31м, СПбГУТ),  
[larionowa.ler@gmail.com](mailto:larionowa.ler@gmail.com)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УМЕНЬШЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА АКУСТИКИ ПОМЕЩЕНИЙ

*Данная статья рассматривает применение уменьшенных моделей в акустике помещений с целью оптимизации процессов проектирования и анализа звуковой среды. Основное внимание уделяется методам сокращения размерности моделей и их использованию для эффективного анализа акустических характеристик помещений. Также рассматриваются преимущества физического макетирования для создания компактных моделей, способных точно описывать звуковое поведение в различных сценариях. Кроме того, статья касается прогресса в области архитектурной акустики, включая использование электроакустического моделирования для формирования акустики помещений, выявляя при этом ограничения и перспективы методов в инженерной практике.*

*акустика, уменьшенные модели, время реверберации, измерение характеристик помещения*

**Larionova V.** Study of the Application of Reduced Models for the Analysis of Room Acoustics. *This article examines the application of reduced models in room acoustics to optimize the design and analysis of sound environments. The main focus is on the methods of reducing the dimensionality of models and their use for effective analysis of room acoustics. The advantages of physical prototyping for creating compact models that can accurately describe sound behavior in various scenarios are also discussed. In addition, the article touches on progress in the field of architectural acoustics, including the use of electroacoustic modeling for the formation of room acoustics, while identifying the limitations and prospects of methods in engineering practice.*

**Key words:** acoustics, reduced models, reverberation time, room characteristics measurement

Современные технологии проектирования и анализа акустических характеристик помещений сталкиваются с рядом сложностей, включая необходимость точного предсказания звукового поведения в сложных архитектурных средах. Эффективный анализ акустических характеристик позволяет создать комфортную звуковую среду, обеспечивающую высокое качество восприятия звука. Традиционные методы, такие как электроакустическое моделирование, компьютерное моделирование и вычислительное моделирование на ЭВМ, обладают определенными ограничениями, что затрудняет их широкое применение в практике акустического проектирования. Одним из перспективных подходов является использование уменьшенных моделей помещений, который позволяет оптимизировать процессы проектирования и анализа звуковой среды.

Первые модели, использовавшиеся в акустических помещениях, были водяными и оптическими. Водяные модели предоставляют только двумерное изображение распространения звука, а из-за дисперсии волны на поверхности жидкости изображение получается размытым. Оптические модели, основанные на высокой скорости света и короткой длине световых волн, предназначены только для исследования условий возникновения звуковых процессов и то на очень высоких частотах.

В 1979 году было опубликовано исследование, которое подтвердило эффективность использования уменьшенных моделей для объективного тестирования акустики в аудиториях. В рамках этого исследования были разработаны методики создания моделей и проведения акустических измерений, что значительно расширило возможности применения этого метода в инженерной практике. [1]

На данный момент существует множество статей с экспериментами, в которых используются уменьшенные модели. Так в статье «Using scale modelling to assess the prehistoric acoustics of Stonehenge» было произведено исследование распространения звука во внутреннем «кольце» Стоунхенджа, уменьшенная модель представлена на рисунке 1.



Рис.1. Уменьшенная модель Стоунхенджа в заглушенной камере [2]

Одно из недавних исследований было произведено в «Sorbonne Université» Энтони Вебером, которое представлено в статье «Acoustics of Historic Buildings: Intercomparison of Numerical Methods for Coupled Spaces & Sound Scattering by Piers and Columns in Gothic and Classical Architecture». В данном труде уменьшенная модель была использована для измерений характеристик будущего концертного зала Sinfonia Varsovia Centrum в Варшаве, его уменьшенная модель представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Уменьшенная модель концертного зала с заполненными местами, в заглушенной камере [3]

Уменьшенные модели представляют собой физические реплики реальных помещений, выполненные в уменьшенном масштабе для удобства проведения экспериментов и вычислений, с разными соотношениями (от 1:8 до 1:50). Выбор масштаба моделирования зависит от задач исследований и от размеров моделируемого помещения. Они создаются с целью воспроизведения акустических характеристик. Измерения реверберации проводятся с использованием импульсных звуковых сигналов и анализаторов спектра. Модели помогают выявлять зоны с плохой слышимостью или излишними отражениями. Это позволяет оптимизировать размещение звукоотражающих и звукопоглощающих элементов. Такие модели позволяют исследователям эффективно анализировать акустические характеристики помещений, затрачивая меньше времени и ресурсов по сравнению с полными моделями или при моделировании такого помещения в специальных программных обеспечениях.

Эксперименты с различными материалами и конфигурациями стен, потолков и полов позволяют находить наилучшие решения для улучшения акустических характеристик. Это включает в себя изменения в форме помещения, использование различных облицовочных материалов и конфигурации мебели.

Уменьшенные модели находят применение в различных типах помещений:

1. Концертные залы: анализ реверберации и распределения звука для обеспечения равномерного звучания по всему залу.
2. Театры и кинотеатры: оптимизация акустики для создания комфортной звуковой среды для зрителей.
3. Лекционные аудитории: улучшение разборчивости речи и снижение уровня шумов.
4. Студии звукозаписи: контроль акустических характеристик для обеспечения высокого качества записи.

Для создания уменьшенных моделей помещений используются высокоточные измерительные инструменты и материалы, обеспечивающие адекватное воспроизведение геометрии и акустических свойств оригинальных пространств.

Процесс начинается с создания физической уменьшенной модели помещения. Все размеры и материалы выбираются с учетом выбранного масштаба. Важно, чтобы модель включала все значимые архитектурные детали, влияющие на акустику. Масштабы 1:30 – 1:40 применяются в тех случаях, когда требуется получить качественное представление о структуре звуковых отражений в ограниченном сверху диапазоне частот. Масштабы 1:8 – 1:10 используются при необходимости детального исследования звуковых процессов в широком диапазоне частот, а также при проведении субъективной оценки акустического качества моделируемого помещения.

Настройка модели для обеспечения соответствия акустическим параметрам реального объекта. Если модель геометрически подобна помещению-оригиналу и выполнена в линейном масштабе, то при соблюдении соответствующих начальных и граничных условий в воздушном объеме модели можно ожидать подобия акустических процессов.

Гораздо сложнее вопрос соблюдения граничных условий. В тех случаях, когда поверхности помещения-оригинала выполнены из изотропных материалов типа упругого тела с потерями в виде внутреннего трения, эти материалы могут быть охарактеризованы комплексными модулем Юнга и модулем сдвига. Здесь граничное условие подобия сводится к тому, что конструкции этих ограждающих поверхностей должны быть выполнены у модели в масштабе и комплексные модули модели и оригинала должны быть равны на соответственных частотах. Последнее требование сводится в основном к тому, чтобы коэффициенты потерь модели равнялись тем же коэффициентам потерь оригинала на соответственных частотах. Практически это требование удовлетворяется лишь у некоторых материалов (бетон, кирпичная кладка) и в некотором частотном диапазоне, когда коэффициенты потерь почти не зависят от частоты. К тому же изготовление поверхностей модели из этих материалов практически трудно осуществимо. Модели обычно делают не из материала помещения-оригинала.

Проведение экспериментов в уменьшенной модели. Размещение модели в звукоизолированной камере и проведение измерений с использованием высокоточной акустической аппаратуры (микрофонов, анализаторов спектра, генераторов звуковых импульсов).

Измерения. Проведение акустических тестов, таких как измерение времени реверберации, распределение звукового давления и частотная характеристика. Собранные данные обрабатываются и сравниваются с теоретическими расчетами и данными, полученными из реальных помещений. Это позволяет оценить точность модели и выявить возможности для ее улучшения.

Применение уменьшенных моделей в акустике помещений обладает рядом существенных преимуществ. Они позволяют проводить эксперименты с меньшими затратами времени и ресурсов по сравнению с полномасштабными исследованиями. Появляется возможность быстро изменять



конфигурацию помещения, проводить исследования в контролируемых условиях, минимизируя влияние внешних факторов, которые могут повлиять на эксперимент.

Существуют и определенные ограничения этого метода. Для создания достоверной и идентичной модели помещения требуется тщательный подбор материалов, имитирующих акустические свойства оригинального объекта исследования, что требует высоких навыков и опыта. Иногда нет возможности точно масштабировать все элементы помещения, из-за упрощения некоторых его частей, результаты измерения могут неправильно показывать реальное поведение звука в полноразмерной комнате, что может приводить к некоторым отклонениям в результатах.

Применение моделирования для анализа характеристик помещений является эффективным и экономически обоснованным методом анализа и оптимизации звуковой среды помещения. Несмотря на определенные ограничения, уменьшенные модели являются удобным инструментом при создании акустического оформления. Так же акустические модели представляют интерактивную среду для обучения. Студенты имеют возможность взаимодействовать с уменьшенным помещением, изменять его размеры и анализировать, каким образом влияет замена материалов на время реверберации, распределение звукового давления в помещении.

Дальнейшие исследования и развитие технологий моделирования позволят сделать процесс акустического проектирования еще более эффективным и предсказуемым.

#### **Список используемых источников**

1. Макриенко Л. И. Акустика помещений общественных зданий. М. Стройиздат, 1986. 173 с.: ил.
2. Trevor J. Cox, Bruno M. Fazenda, Susan E. Greane. Using scale modelling to assess the prehistoric acoustics of Stonehenge // Journal of Archaeological Science, 2020. 37 p.
3. Weber A. Acoustics of Historic Buildings: Intercomparison of Numerical Methods for Coupled Spaces & Sound Scattering by Piers and Columns in Gothic and Classical Architecture // Sciences mécaniques, acoustique, électronique et robotique de Paris Institut Jean le Rond d'Alembert Sorbonne Université ED 391, 2022. 200 p.

*Статья представлена научным руководителем,  
старшим преподавателем кафедры ТВиМ СПбГУТ Свинойной О.А.*

УДК 621.377.22

Н. А. Петрова (студент группы Р-31м, СПбГУТ),  
[pfnatasha73@gmail.com](mailto:pfnatasha73@gmail.com)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДОБАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ РЕВЕРБЕРАЦИИ К АУДИО-СИГНАЛУ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

*Искусственная реверберация может использоваться для моделирования аудио-пространства, в котором воспроизводится сигнал. Для некоторых задач моделирования виртуального аудио-пространства требуется выполнять обработку сигнала и добавление реверберации в режиме реального времени. При решении такого рода задач появляются определенные ограничения и трудности, которых не возникает при добавлении искусственной реверберации не в рамках реального времени. В работе рассматриваются некоторые особенности, связанные с временными ограничениями и с вычислительной мощностью аппаратной части устройства, производящего обработку. Помимо этого, определяется наилучшая, с точки зрения временных ограничений, среда разработки программы алгоритма искусственной реверберации.*

*реверберация, системы реального времени, verilog, цифровая обработка сигналов, акустика, MATLAB*

**Petrova N.** Study of Features of Adding Artificial Reverberation to an Audio Signal in Real Time.

*Artificial reverberation can be used to model the audio space in which the signal is reproduced. Some problems of modeling virtual audio space require signal processing and adding reverberation in real time. When solving such problems, certain limitations and difficulties arise that do not arise when adding artificial reverberation outside of real time. The paper considers some features associated with time constraints and the computing power of the hardware of the device performing the processing. In addition, the best environment for developing an artificial reverberation algorithm program is determined from the point of view of time constraints.*

**Key words:** reverberation, real-time systems, verilog, digital signal processing, acoustics, MATLAB

Система реального времени – это такая система, которая реагирует в предсказуемое время на непредсказуемое появление внешних событий. Это определение предъявляет к системе вполне определенные базовые требования.

Требования, предъявляемые к системам реального времени:

- своевременная реакция. После того как произошло событие, реакция должна последовать не позднее, чем через требуемое время. Превышение этого времени рассматривается как серьезная ошибка.
- одновременная обработка информации, которая характеризует изменение процесса нескольких событий. Даже если одновременно происходит несколько событий, реакция ни на одно из них не должна запаздывать. Это

означает, что система реального времени должна иметь встроенный параллелизм. Параллелизм достигается использованием нескольких процессоров в системе или многозадачным подходом [1].

Каждое помещение можно рассматривать как замкнутую систему, импульсным откликом которой дает информацию о характере реверберации в данном помещении. Поэтому, если задача стоит в переносе слушателя с помощью сигнала в определенное помещение, целесообразно произвести свертку импульсного отклика, записанного в данном помещении с исходным сигналом.

Общим требованием к виртуальной реальности является низкая задержка (мгновенный отклик системы). Однако объем вычислений варьируется от среднего до очень сложного.

Одна из основных проблем состоит в нахождении такого варианта реализации алгоритма реверберации, который будет обеспечивать низкую задержку за счет скорости вычисления и будет достаточно ресурсоемким.

При этом простая свертка сигнала с импульсной характеристикой помещения не подходит, так как имеет большую задержку в вычислении. Поэтому требуется прибегнуть к быстрым алгоритмам вычисления реверберации.

Ранее мной были рассмотрены алгоритмы реверберации, среди которых были алгоритмы на основе свертки с импульсной характеристикой помещения. Один из них было решено взять за основу исследования переноса алгоритма в условия реального времени [2]. Алгоритм предполагает вычисление импульсной характеристики помещения с некоторыми заданными параметрами, а затем свертку вычисленной импульсной характеристики с сигналом (Алгоритм 1).

Для оптимизации времени вычисления алгоритма и занимаемой им памяти был написан алгоритм, выполняющий простую свертку с реальной записанной импульсной характеристикой (Алгоритм 2). Так как в ходе исследования выяснилось, что данные алгоритмы не удовлетворяют поставленным требованиям, был написан алгоритм на основе улучшенной операции свертки – алгоритм секционной свертки (Алгоритм 3) [3].

Максимально допустимое время выполнения алгоритма напрямую зависит от выбранного АЦП системы. Выбранный АЦП обеспечивает частоту дискретизации  $F_s = 44,1$  кГц и разрядность сигнала  $b = 16$  бит/отсчет.

Объем данных на пластинке с параметрами:

- диаметр – 300 мм (12 дюймов);
- продолжительность звучания одной стороны  $t = 22$  минуты = 1320 с;
- частота вращения 33,3 оборот/мин = 0,55 об/с.

При обработке стереосигнала, для стандартных параметров АЦП, объем считываемых аудиоданных на одной стороне пластинки:

$$V = F_s * b * 2 * t = 44100 * 16 * 2 * 1320 = 222,06 \text{ Мб.}$$

Соответственно, скорость поступления аудиоданных на устройство обработки сигнала:

$$U = \frac{V}{t} = \frac{222,06}{1320} = 0,168 \text{ Мб/с.}$$

Из этого следует, что для обеспечения режима обработки в реальном времени, алгоритм должен быть обработан со скоростью выше 0,168 Мб/с.

В таблице 1 приведена скорость вычисления каждого из алгоритмов в нескольких средах разработки – MATLAB и Vivado. Помимо этого, в MATLAB есть возможность вычислений в реальном времени. Скорость вычисления в данном режиме также приведена в таблице 1.

Ограничения по ресурсоемкости алгоритмов зависят только от доступного объема памяти аппаратной части устройства. В таблице 2 приведены значения занимаемой оперативной памяти при вычислении алгоритмов.

ТАБЛИЦА 1. Скорость вычисления алгоритмов

Среда разработки	Наименование алгоритма	Алгоритм 1	Алгоритм 2	Алгоритм 3
	Параметр	Скорость вычисления алгоритма, Мб/с		
MATLAB	Инвариантное время	0,131	0,260	2,179
	Реальное время	0,013	0,042	0,074
Vivado	Реальное время	0,221	0,236	0,379

Таким образом, в результате исследования было выяснено, что при вычислении в среде Vivado и использовании языка программирования Verilog скорость вычисления каждого алгоритма соответствует определенным ранее ограничениям – значения скорости выше 0,168 Мб/с. Вычисления в среде MATLAB удовлетворяют данному требованию только в случае инвариантного времени и оптимизации (Алгоритм 2 и 3).

ТАБЛИЦА 2. Занимаемая память

Среда разработки	Наименование алгоритма	Алгоритм 1	Алгоритм 2	Алгоритм 3
	Параметр	Используемая память, Мб		
MATLAB	Инвариантное время	6,785	2,891	0,867
	Реальное время	2,539	3,392	2,520
Vivado	Реальное время	3,167	2,456	1,988

В ходе работы были рассмотрены временные ограничения и ограничения по ресурсам занимаемой памяти, выбран алгоритм добавления реверберации, наиболее подходящий для реализации в устройстве обработки аудио-сигнала.

В дальнейшем планируется:

- сборка аппаратной части устройства обработки аудио-сигнала;
- согласование программной и аппаратной части;
- написание интерфейса для управления устройством;
- тестирование работы устройства.

#### Список используемых источников:

1. Климентьев К. Е. Системы реального времени. Обзорный курс лекций для студентов заочной формы обучения по специальности 230102. М.: Самарский Государственный Аэрокосмический Университет, 2008. 45 с.
2. McGovern S. G. Fast image method for impulse response calculations of box-shaped rooms // Journal of Applied Acoustics. 2009. № 70. С. 182–189.
3. Wefers F. Partitioned convolution algorithms for real-time auralization. М.: Logos Verlag Berlin GmbH, 2014. 258 p.

*Статья представлена научным руководителем,  
старшим преподавателем кафедры ТВиМ СПбГУТ Свиной О. А.*



УДК 654.195

С. А. Терентьева (студент группы РЦТ-02, СПбГУТ),  
[sofiteren@yandex.ru](mailto:sofiteren@yandex.ru)

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СУБЪЕКТИВНО-СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

*В данной статье исследована трудоемкость проведения субъективно-статистической экспертизы. Разработано программное обеспечение для проведения субъективно-статистической экспертизы на языке C#, с помощью Win Forms. Произведена сравнительная оценка ручного и автоматического способа проведения субъективно-статистической экспертизы. По результатам сравнительного анализа сформулированы выводы о целесообразности использования разработанного программного обеспечения.*

*субъективно-статистическая экспертиза, программное обеспечение, C#, Win Forms*

**Terentyeva S.** Development of Software for Conducting Subjective-Statistical Expertise. *This article examines the labor intensity of conducting subjective-statistical expertise. Software for conducting subjective-statistical expertise in C# language, using Win Forms, has been developed. A comparative assessment of manual and automatic methods of conducting subjective-statistical expertise has been made. Based on the results of the comparative analysis, conclusions have been formulated on the feasibility of using the developed software.*

**Key words:** subjective-statistical expertise, software, C#, Win Forms

В настоящее время актуальность качественного воспроизведения звука возрастает, ведь это важный аспект во многих сферах деятельности: от музыкальной индустрии до систем связи. Оценка качества звучания – это комплексная задача, которая включает анализ различных параметров звука и общее звуковое впечатление.

Субъективные методы оценки качества звучания основаны на восприятии звука человеком и его оценке определенной группой слушателей. Данный подход позволяет определить, как звуковые различия воспринимаются слушателями с нормальным слухом. Субъективная оценка качества звучания проводится с помощью субъективно-статистической экспертизы (ССЭ). Интегральный метод оценки качества заключается в том, что эксперт выставляет оценку при сравнении звучания исследуемого тракта с другим по общему звуковому впечатлению. Оценивание проводилось по шкале субъективной оценки различия SDG [1], представленной в таблице 1. Эксперт отмечает разницу звучания между эталонным и испытательным сигналами.

ТАБЛИЦА 1. Пятибалльная шкала субъективной оценки различия SDG

Оценка	Мнение
0	незаметная разница
-1	заметная, но не раздражающая разница
-2	слегка раздражающая разница
-3	раздражающая разница
-4	очень раздражающая разница

Известно, что проведение ССЭ трудоемкий процесс, особенно его проведение вслепую. Процедура экспертизы в рамках студенческого проекта заключалась в прослушивании набора файлов на личной аппаратуре каждого эксперта, в собственном помещении. При ручном включении подготовленных файлов не соблюдаются требования к времени подачи сигналов. Поэтому было принято решение о разработке программного обеспечения (ПО) для проведения ССЭ.

Автоматизированное ПО необходимо по следующим причинам:

1. Испытания необходимо проводить вслепую, для исключения предвзятого мнения, которое может нарушить объективность исследований.
2. Сложность подготовки набора случайно запрятанных файлов вручную.
3. Несоблюдение требований по времени прослушивания одной пары «эталонный сигнал – исследуемый сигнал» при ручном включении/выключении.

Опираясь на все параметры, разработано ПО с помощью Visual Studio, на языке C#, а интерфейс программы создан на Win Forms [2]. Блок-схема разработанного ПО представлена рис. 1.

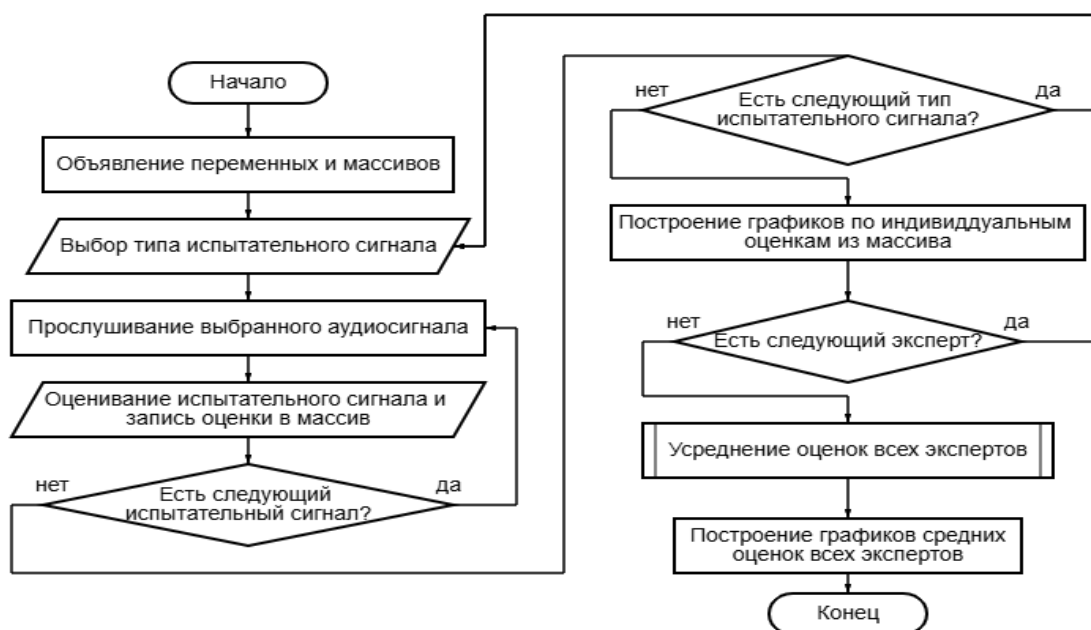


Рис. 1. Блок-схема разработанного ПО

Работа ПО начинается с выбора испытательного сигнала, а именно – выбор жанра: речевой сигнал, классическая музыка в исполнении фортепиано и электронная музыка. Затем эксперту необходимо прослушать каждую пару «эталонный сигнал – исследуемый сигнал» и выставить оценку [3]. После выставления всех оценок, эксперт переходит к следующему жанру и проделывает это до тех пор, пока не будут выставлены все оценки. После оценивания, эксперт может построить график своих индивидуальных оценок. Затем ведущий инженер переключает ПО на следующего эксперта, который проходит такую же процедуру оценивания. Когда все эксперты выставили оценки, ведущий инженер может построить график средних оценок качества, полученных от всех экспертов. Интерфейс ПО представлен на рис. 2.

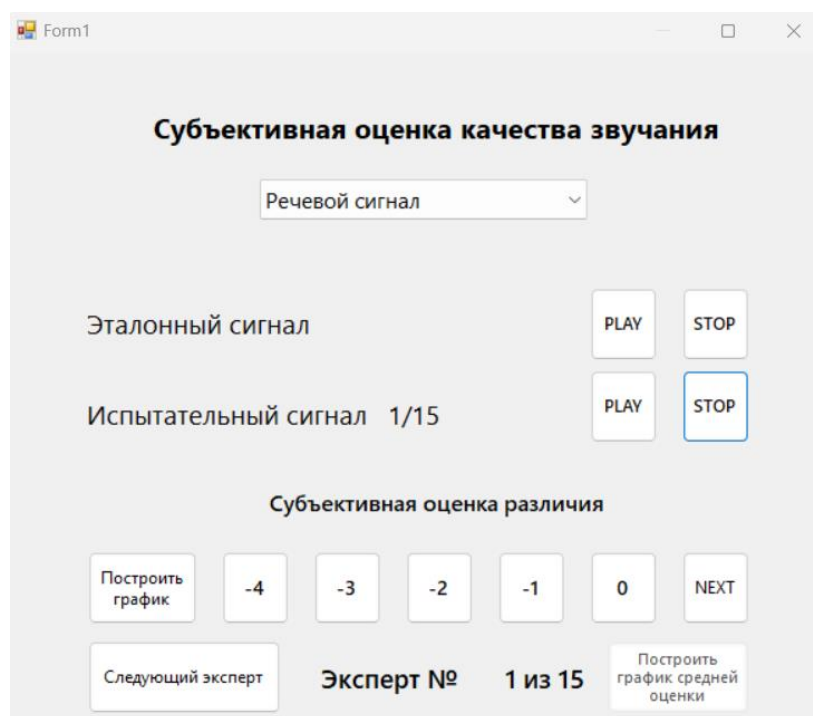


Рис. 2. Интерфейс разработанного ПО

Разработанное ПО отвечает всем требованиям МСЭ-R (BS.1116-3) [3], обладает удобным интерфейсом и быстродействием. Необходимо проверить эффективность работы ПО для проведения ССЭ. Для этого провели две экспертизы: вручную и с помощью ПО.

Для исследования выберем три алгоритма компрессии, которые используются наиболее часто, а именно: Opus, стандарт MPEG-1 ISO/IEC 11172-3 Layer 3 (MP3), MPEG-2 AAC ISO/IEC 13818-7 [4].

В качестве испытательных сигналов были выбраны:

1. Речевой сигнал (Voice).
2. Классическая музыка в исполнении фортепиано (Piano).
3. Электронная музыка (Electronic).

В экспертизе, проводимой вручную, принимали участие 15 человек, не имеющих нарушений слуха, прослушивание проводилось вслепую. Было рекомендовано прослушивать испытательные сигналы в тихой обстановке, во избежание проникания в слуховой анализатор акустических помех, с использованием головных телефонов закрытого типа [3].

В экспертизе, проводимой с помощью ПО, принимали участие те же 15 человек. Экспертиза проводилась с одного ПК, с использованием головных телефонов Audio-Technica ATH-M40. График, представленный на рис. 3, демонстрирует результаты ССЭ для электронной музыки, полученные с помощью ПО.



Рис. 3. График зависимости качества звучания от скорости цифрового потока (ПО)

Для проверки ПО на точность предоставляемых результатов, сравним результаты двух субъективно-статистических экспертиз с объективной оценкой качества, которую примем за более точную оценку.

Объективная оценка качества проводится по методу ПМООК (перцепционный метод объективной оценки качества). При организации измерений в той или иной мере учитываются свойства слуховой системы человека, а получаемый результат с достаточной точностью должен предсказывать результаты субъективно-статистических экспертиз, т. е. оценивать воспринимаемое человеком качество в баллах [4].

Оценка качества проводилась с помощью ПО PEAQ Wizard [5]. После вычислений с помощью ПО были получены значения объективной оценки различия. Сравнительный анализ всех методов оценки представлен на рис. 4.

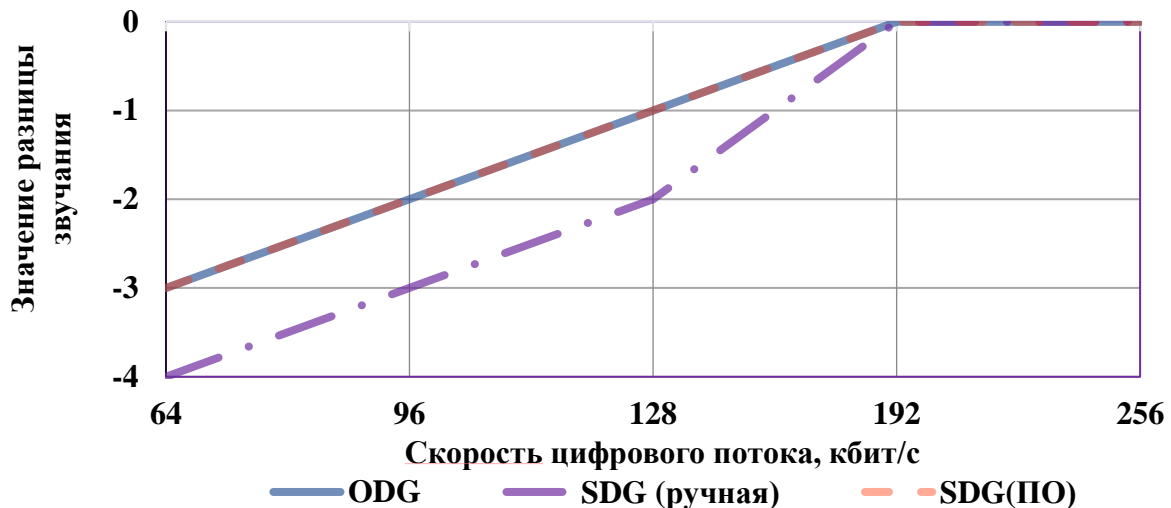


Рис. 4. График зависимости качества звучания от скорости цифрового потока различных методов оценки

Сравнивая графики субъективно-статистической экспертизы, полученные с помощью ПО с графиками объективной оценки качества, можно заметить значительное сходство. Так как перцепционный метод объективной оценки качества должен с достаточной точностью предсказывать значения ССЭ [1], то можно сделать вывод, что автоматизированное ПО позволяет повысить точность получаемых результатов за счет соблюдения процедуры проведения субъективно-статистической экспертизы по сравнению с ручным проведением ССЭ. Результаты ССЭ, проводимого с помощью ПО, стали более коррелированы с результатами стандартизованной перцепционной оценки качества.

#### Список используемых источников

1. Аудиотехника. Учебник для вузов / Ю. А. Ковалгин, Э. И. Вологдин. М.: Горячая линия-Телеком, 2013. 742 с., ил.
2. Visual Studio 2022. URL: <https://visualstudio.microsoft.com> (дата обращения 20.05.2024).
3. Рекомендация МСЭ-R (BS.1116-3) Методы субъективной оценки небольшого ухудшения качества в звуковых системах. 2015. 34 с.
4. Электроакустика и звуковое вещание: учебное пособие для вузов / И. А. Алдошина, Э. И. Вологдин, А. П. Ефимов, Г. П. Катунин, Л. Н. Кацнельсон, Ю. А. Ковалгин, А. А. Фадеев; Под ред. Ю. А. Ковалгина. М.: Горячая линия-Телеком, Радио и связь, 2007. 872 с.; ил.
5. Иванов А. С. Разработка и исследование метода объективной оценки качества кодеков с компрессией цифровых аудиоданных: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения / науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю. А. Ковалгин; СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. СПб., 2007. 206 с.

*Статья представлена научным руководителем, старшим преподавателем кафедры ТВиМ СПбГУТ О. А. Свиньиной.*



УДК 681.3

Н. С. Фисечко (студент гр. РЦТ-03, СПбГУТ), [nik\\_fisechko@mail.ru](mailto:nik_fisechko@mail.ru)  
И. Н. Чернов (студент гр. РЦТ-03, СПбГУТ)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОГНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ

*Традиционные способы обнаружения возгораний основаны на использовании тепловых датчиков или аспирационных сенсоров химического анализа проб воздуха, скорости срабатывания перечисленных систем порой недостаточно для своевременного устранения пожара.*

*Решением этой проблемы может послужить рассмотренный в докладе способ обнаружения огня с применением математического анализа кадров видеопотока, который позволит модернизировать существующие системы пожарообнаружения.*

*оптоэлектронные системы, возгорание, камера, метод*

**Fisechko N., Chernov I.** Development of a Fire Detection Method Using an Optoelectronic System.

*Traditional methods of fire detection are based on thermal sensors or aspiration sensors of chemical analysis of air samples, the response speed of the listed systems is sometimes insufficient for timely fire suppression.*

*The solution to this problem can be the method of fire detection considered in the report, based on the mathematical analysis of video stream frames, which will allow upgrading existing fire detection systems.*

**Key words:** optoelectronic systems, fire, camera, method

В предыдущих работах [1, 2] были изложены основные тезисы и характерные особенности пламени, используемые в рамках разрабатываемого метода детектирования пламени.

В рамках текущей работы описана реализация двух первых этапов детектирования огня:

- обработка по яркости;
- обработка по движению.

Для начальной реализации был выбран язык программирования Python, поскольку он характеризуется простотой и доступностью для подобных начальных этапов разработки.

На вход программы обработки поступают кадры видеопоследовательности в виде трехмерной матрицы, характеризующейся шириной, высотой кадра, а также постоянной глубиной – 3, соответствующей каждому из каналов RGB–красного, зеленого, синего. Глубина цвета 24 бита (8 бит на один канал цвета).

Свечение пламени, как и любого другого источника света, на видеоизображении формирует пиксели, соответствующие верхней части динамического диапазона камеры, что позволяет выделить пламя путем установления порогового значения пикселя по яркости.

Для анализа необходимо получить сигнал яркости, которой рассчитывается в соответствии с формулой (1) [3]:

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B \quad (1)$$

Для реализации обработки по яркости с использованием Python требуется написать функцию обработки (листинг 1):

Листинг 1. Функция обработки по яркости

```
def def_Brightness(Input, Output, Threshold):
    Output[Input >= Threshold] = 1
    return(Output)
```

где `def_Brightness` – имя функции, с использованием которого будет выполняться обработка в соответствии с ее телом, `Input` – яркостный кадр изображения, рассчитанный по формуле 1, `Output` – заполненная нулями матрица, соответствующая по размеру матрице `Input`, необходимая для хранения и возврата результата обработки, `Threshold` – пороговое значения величины пикселя.

Результатом обработки является бинарная матрица, где значению 1 соответствуют те пиксели, которые ярче (больше по значению), чем пороговое значение, те пиксели, в которых это условие не выполняется, заполняются 0.

Визуализация такой обработки представлена на рисунке 1.

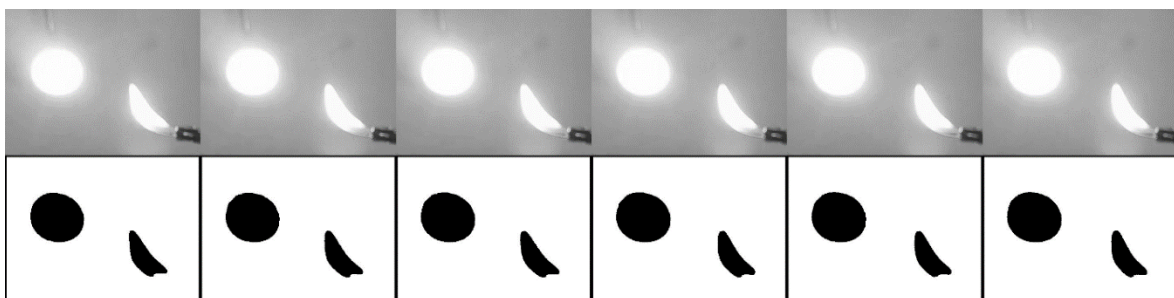


Рис. 1. Яркостные кадры и результат обработки

Такая, казалось бы, простая обработка – крайне важный этап предобработки во многих методах обнаружения, в том числе и в детектировании огня, на основе яркостной обработки строится другой, более сложный этап

обработки – анализа смещения геометрического центра пламени, принцип его работы был подробно изложен в другой статье [2].

Огонь является подвижный объектом, на это есть много причин, даже в идеальных условиях огонь будет двигаться из-за особенностей самого процесса горения, а в обычных условиях на это могут повлиять внешние факторы, например, ветер, сквозняк. Поэтому для обнаружения наличия огня можно применить детектор движения. В этой ситуации подойдет простейший детектор движения, основанный на анализе разности двух соседних кадров.

Функция анализа движения может быть реализована с использованием вспомогательных функций открытой библиотеки компьютерного зрения OpenCV (листинг 2).

Листинг 2. Реализация функции амплитудного детектора движения

```
def def_Motion(Input, Previous_Input, Threshold):
    _, Output = cv2.threshold(cv2.absdiff(Previous_Input, Input),
                              Threshold,
                              1,
                              cv2.THRESH_BINARY)
    Previous_Input = Input
    return(Output, Previous_Input)
```

где `def_Motion` – наименования функции, `Input` – текущий кадр в градациях серого, `Previous_Input` – предыдущий кадр в градациях серого, `Threshold` – пороговое значение разности пикселей, которое говорит о наличии движения. Для реализации нужного функционала в библиотеке OpenCV уже есть все необходимое. Функция `cv2.absdiff()` позволяет вычитать два кадра по пиксельно, а функция `cv2.threshold()` позволяет применить пороговый фильтр по указанному пороговому значению. Результатом обработки написанной функции `def_Motion()` является бинарная матрица с выделенными движущимися пикселями и обновленное значение предыдущего кадра.

Визуализация обработки по движению видна на рисунке 2.



Рис. 2. Результат обработки по движению

Детектор движения по видеоизображению – технология не новая, однако весьма эффективная для многих более сложных алгоритмов компьютерного зрения и для детектирования огня она также необходима.

Двух таких простых этапов уже достаточно для построения простой системы автоматического детектирования огня, однако еще недостаточно для полностью автономной работы системы, поскольку велика вероятность ложных срабатываний.

Дальнейшее повышение эффективности работы системы обнаружения огня путем автоматического анализа изображения, формируемого системой видеонаблюдения и уменьшения вероятности ложных срабатываний системы требует привлечения для анализа дополнительных факторов, характеризующих наличие пламени на видеокадрах. Многофакторный анализ монохромного видеоизображения позволит повысить надежность автоматического распознавания наличия пламени по изображению, формируемому системой видеонаблюдения. Реализация этих этапов обработки и алгоритм принятия решений будут рассмотрены в следующей публикации.

#### **Список используемых источников:**

1. Фисечко Н. С., Чернов И. Н. Разработка алгоритма детектирования огня с использованием черно-белой оптоэлектронной системы // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 533–536.

2. Фисечко Н. С., Чернов И. Н. Разработка алгоритма детектирования огня с использованием оптоэлектронной системы // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов конф. / Сост. Н. Н. Иванов. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 95–99.

3. ГОСТ Р 52592-2006 «Тракт передачи сигналов цифрового вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы. Общие требования.» от 22.11.2006 № 266 // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2020.

*Статья представлена научным руководителем,  
старшим преподавателем кафедры ТВиМ СПбГУТ Дуклау В. В.*

УДК 621.39

И. Д. Акимова (студентка группы ИКТО-18, СПбГУТ)  
[theirinakimova@gmail.com](mailto:theirinakimova@gmail.com)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХРОМАТИЧЕСКОЙ ДИСПЕРСИИ НА КАЧЕСТВО СВЯЗИ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

*В работе проведено экспериментальное исследование зависимости коэффициента ошибок, являющегося параметром, характеризующим качество связи, от величины хроматической дисперсии. Определены максимально допустимые значения хроматической дисперсии для транспортной сети с технологией OTN уровня OTU-4 с использованием и без использования помехоустойчивого кодирования FEC. Показано, что применение FEC позволяет увеличить максимально допустимое значение хроматической дисперсии, то есть увеличить дальность связи по одномодовому волокну.*

*волоконно-оптическая система связи, ВОСС, оптическое волокно, хроматическая дисперсия, оптическая транспортная сеть, OTN, помехоустойчивое кодирование FEC, коэффициент ошибок*

**Akimova I.** Experimental Study of the Effect of Chromatic Dispersion on Communication Quality in a Transport Network.

*The paper presents an experimental study of the dependence of the error rate, which is a parameter characterizing the communication quality, on the chromatic dispersion value. The maximum permissible values of chromatic dispersion for a transport network with OTN technology at the OTU-4 level with and without the use of FEC error-correcting coding are determined. It is shown that the use of FEC allows increasing the maximum permissible value of chromatic dispersion, that is, increasing the communication range over a single-mode fiber.*

**Key words:** fiber-optic communication system, FOCS, optical fiber, chromatic dispersion, optical transport network, OTN, FEC error rate

В процессе эксплуатации волоконно-оптической системы связи (ВОСС) осуществляется контроль качества передачи данных. Основным параметром для оценки качества является коэффициент ошибок *BER* (Bit Error Rate), определяемый следующим образом:

$$BER = m/n \quad (1),$$

где  $m$  – количество ошибочно принятых бит,  $n$  – общее количество переданных бит за время измерения  $T_{izm}$ . Измерение коэффициента ошибок осуществляется с помощью BER-тестера.

Одной из причин возникновения ошибок в ВОСС является дисперсия оптического волокна (ОВ). Различают несколько видов дисперсии – межмодовую, хроматическую (ХД) и поляризационно-модовую. Дисперсия прояв-

ляется уширением (увеличением длительности) коротких оптических импульсов в процессе их распространения по ОВ. При большой величине дисперсии или большой протяженности ОВ соседние импульсы могут «наслаиваться» друг на друга, вследствие чего возрастает коэффициент ошибок.

В одномодовых ОВ основным видом дисперсии является хроматическая. Целью работы является экспериментальное исследование зависимости коэффициента ошибок от величины ХД и эффективности применения помехоустойчивого кодирования FEC в транспортной сети OTN.

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки. Измерительный сигнал от BER-тестера в формате STM-16 поступает на приемник клиентского трансивера, установленного в транспондере MS-DC10EP-Q3F/O1-PR, который преобразует его в линейный сигнал формата OTU-4. С выхода передатчика линейного трансивера сигнал с длиной волны 1552.52 нм поступает на 31-й канал мультиплексора OM-40-AV-PM-01. С выхода мультиплексора сигнал поступает на перестраиваемый компенсатор дисперсии TeraXion ClearSpectrum, откуда подается на вход демультиплексора OD-40-A-01 и поступает на приемник линейного трансивера. В транспондере происходит обратное преобразование формата сигнала из линейного OTU-4 в клиентский STM-16. Затем с выхода передатчика клиентского трансивера сигнал поступает на приемный блок BER-тестера.

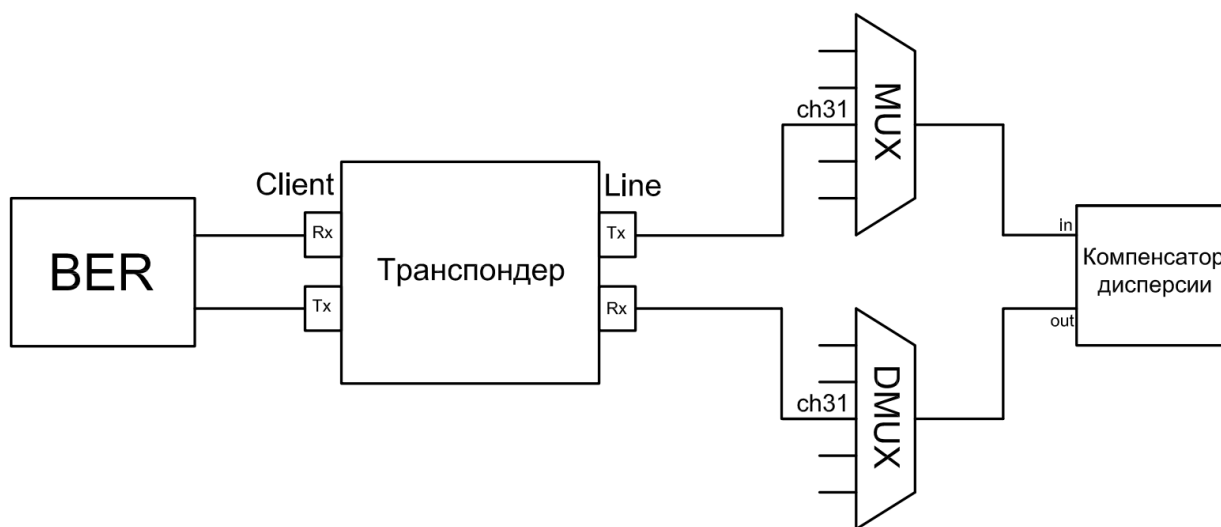


Рис.1. Схема экспериментальной установки

Перестраиваемый компенсатор TeraXion ClearSpectrum использовался в качестве источника искажений, вносимых ХД. Ключевым элементом компенсатора является чирпированная брэгговская решетка. Она создает разные временные задержки для различных длин волн, тем самым моделируя искажения сигнала в ОВ. Перестройка дисперсии происходит с помощью нагревательного элемента, который, увеличивая температуру, увеличивает период решетки, а, следовательно, изменяет величину ХД. Использование в



исследовании компенсатора ХД, а не катушки с волокном, позволяет исключить другие факторы, влияющие на качество связи, например, затухание и нелинейные искажения в ОВ.

В работе предполагалось оценивать BER с помощью BER-тестера на стороне клиента. Минимальное время измерения BER с заданной вероятностью  $\beta$  и точностью измерений  $\alpha$  определяется выражением:

$$T_{izm} = \frac{t_{\beta}^2}{\alpha^2 \cdot B \cdot BER}, \quad (2)$$

где  $B$  – скорость передачи информации, бит/с,  $t_{\beta}$  – коэффициент, зависящий от  $\beta$ , значения которого приведены в табл. 1.

На рис. 1 представлена зависимость  $T_{izm}$  от ожидаемого коэффициента ошибок для ВОСС со скоростями передачи 2.5 и 10 Гбит/с. Видно, что при уменьшении коэффициента ошибок  $T_{izm}$  быстро возрастает.

ТАБЛИЦА 1. Значения  $t_{\beta}$  при различных  $\beta$

$\beta$	0.8	0.9	0.95
$t_{\beta}$	1.282	1.643	1.960

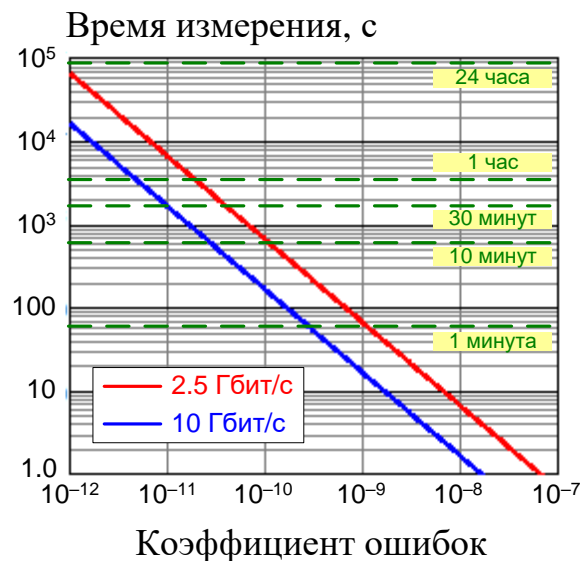


Рис. 1. Зависимость времени измерения от ожидаемого BER

«Хорошим» качеством связи обычно считают BER не более  $10^{-12}$ . Из рис. 2 видно, что для нашей скорости передачи клиентского сигнала 2.5 Гбит/с для получения достоверного результата нужно измерять BER около суток. Увеличив скорость до 10 Гбит/с, можно сократить время ожидания до нескольких часов, но это все равно много. Поэтому в работе мы создавали ситуации с относительно большими BER, для которых результат измерения можно получить за разумное время, а для сохранения работоспособности

линии использовали помехоустойчивое кодирование FEC. Следствием такого решения явилась необходимость проводить измерения BER на линейном, а не клиентском интерфейсе.

Помехоустойчивое кодирования FEC (Forward Error Correction) позволяет увеличить надежность передачи данных за счет внесения избыточности. Если уровень ошибки находится в пределах возможностей коррекции, то система может обеспечить безошибочный прием, восстановив передаваемые данные, искаженные или утраченные в процессе передачи.

В транспондере MS-DC10EP-Q3F/O1-PR реализовано два типа FEC: G.709 и G975.1.I.3. G.709 относится к первому поколению FEC и использует код Рида-Соломона с избыточностью 7%. FEC G.975 относится ко второму поколению FEC (SuperFEC) и использует двойное помехоустойчивое кодирование. Его избыточность составляет около 10%.

В табл. 2 представлены результаты исследования зависимости качества связи от установленной ХД для двух типов FEC. Все измерения проводились при уровне сигнала на входе приемника линейного трансивера  $\gamma = -24.4$  дБ. Фиксировался BER до применения FEC и процент загрузки алгоритма FEC.

ТАБЛИЦА 2. Результаты экспериментального исследования

FEC G.709			FEC G.975.1.I.3		
D, пс/нм	BER до FEC	Загруженность FEC, %	D, пс/нм	BER до FEC	Загруженность FEC, %
-1000	$6,0 \cdot 10^{-8}$	24,0	-1000	$7,0 \cdot 10^{-8}$	15
-1100	$1,2 \cdot 10^{-6}$	42,0	-1100	$1,2 \cdot 10^{-6}$	25
-1200	$1,5 \cdot 10^{-5}$	64,5	-1250	$9,0 \cdot 10^{-4}$	47
-1250	$5,0 \cdot 10^{-5}$	80,0	-1300	$1,0 \cdot 10^{-5}$	58
1000	$3,0 \cdot 10^{-10}$	4,0	-1400	$9,0 \cdot 10^{-4}$	80
1100	$1,3 \cdot 10^{-9}$	7,5	1000	$4,0 \cdot 10^{-10}$	4
1200	$2,0 \cdot 10^{-9}$	10,0	1100	$2,0 \cdot 10^{-9}$	7
1300	$1,4 \cdot 10^{-8}$	17,0	1500	$1,0 \cdot 10^{-6}$	25
1400	$8,0 \cdot 10^{-8}$	25,0	1700	$4,5 \cdot 10^{-5}$	47
1500	$6,0 \cdot 10^{-7}$	37,0	1800	$4,0 \cdot 10^{-4}$	70
1600	$7,0 \cdot 10^{-6}$	56,0	1900	$2,0 \cdot 10^{-3}$	92
1700	$4,0 \cdot 10^{-5}$	77,0			
1720	$6,0 \cdot 10^{-5}$	82,0			
1740	$1,0 \cdot 10^{-4}$	90,0			

На рис. 3 и 4 представлены графики загруженности алгоритмов FEC от установленной величины ХД.

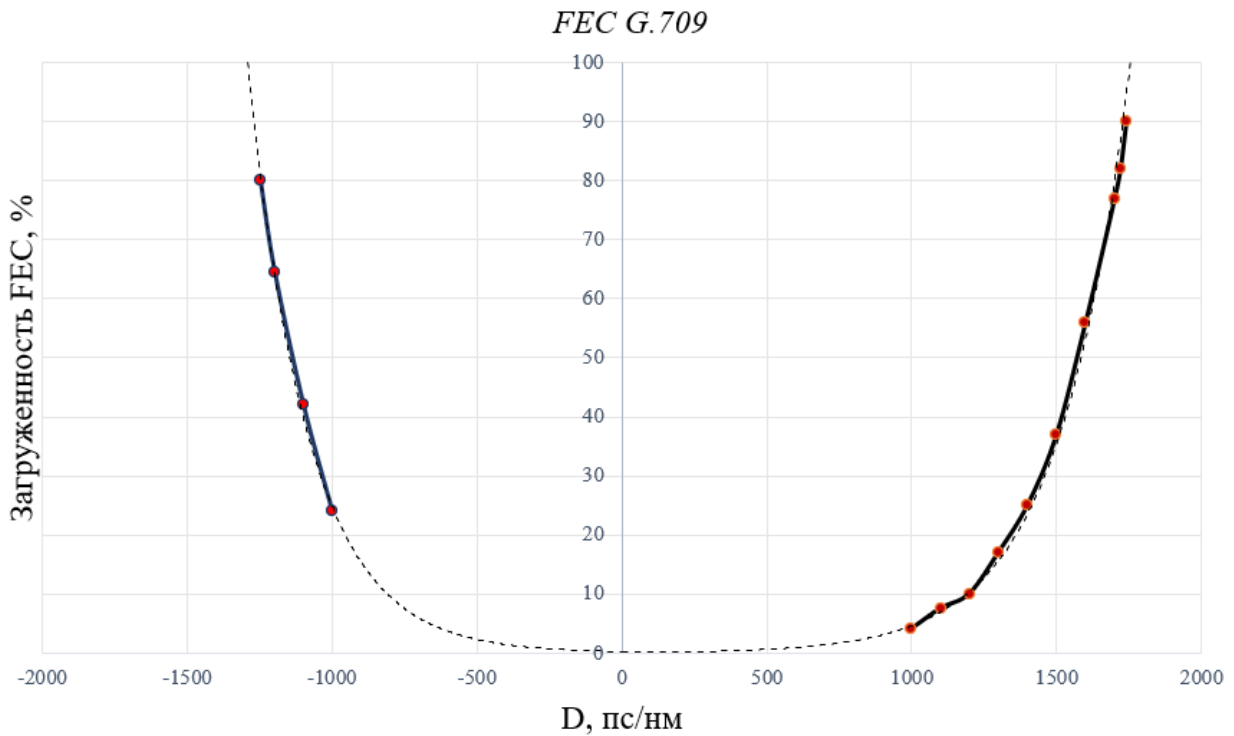


Рис. 3. График зависимости загруженности FEC G.709 от величины дисперсии

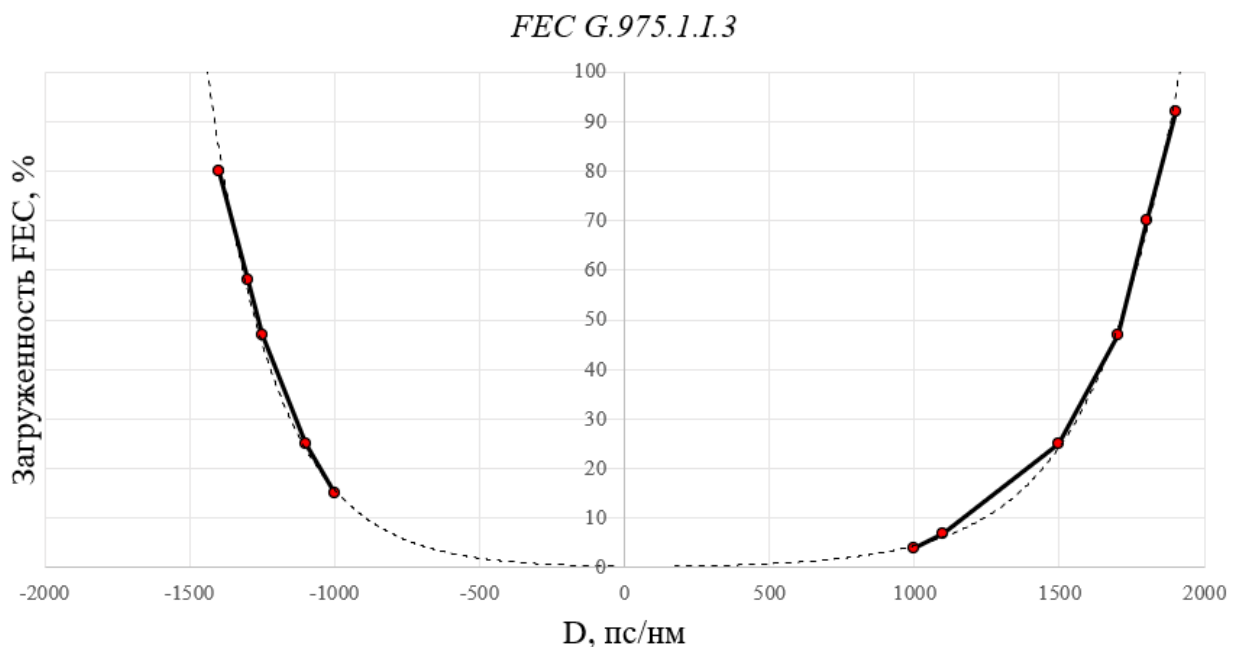


Рис. 4. График зависимости загруженности G975.1.1.3 от величины дисперсии

Если задаться допустимым уровнем загруженности FEC, по представленным графикам можно определить максимально допустимые значения

ХД. Например, для уровня загрузки 75% допустимые значения дисперсии составят от  $-1200$  до  $1600$  пс/нм для G.709 и от  $-1350$  до  $1750$  – для G.975.

По результатам экспериментального исследования были сделаны следующие выводы: дисперсия негативно влияет на качество сигнала; использование FEC улучшает качество принимаемого сигнала, позволяя поддерживать требуемый для системы связи коэффициент ошибок; при увеличении дисперсии загрузка обоих типов FEC возрастает экспоненциально; FEC G.975.1.I.3 более эффективен, чем FEC G.709; допустимая положительная ХД получилась больше, чем отрицательная, что может свидетельствовать о наличии преискажений сигнала на передающей стороне.

#### Список используемых источников

1. Листвин В. Н., Трещиков В. Н. DWDM-системы. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. 420 с.
2. Былина М. С., Глаголев С. Ф. Методы и приборы для оптических измерений в инфокоммуникациях. Часть 2. Спектральные измерения. Измерения параметров волоконно-оптических линейных трактов: уч. пособие. СПб.: СПбГУТ, 2021. 78 с.
3. Иванов А. Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999. 669 с. ISBN 5-88230-080-0.

*Статья представлена научным руководителем,  
заведующим кафедрой ФилС СПбГУТ,  
кандидатом технических наук, доцентом Былиной М. С.*

УДК 004.056

**Р. В. Алехин** (студент группы ИКТБ-37м, СПбГУТ)  
**Г. С. Бударный** (студент группы ИКТБ-38м, СПбГУТ)  
**А. О. Камалова** (студент группы ИКБ-02, СПбГУТ),  
[kamalovan002@mail.ru](mailto:kamalovan002@mail.ru)

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ

*Для получения информации из наборов данных, обнаружения закономерностей, оценки вероятностей и принятия обоснованных решений на основе полученных данных применяется статистический анализ данных. С помощью этого анализа можно выявить тенденции, подтвердить гипотезы, прогнозировать будущие события и сделать выводы на основе статистических методов. Поэтому статистический анализ данных является важным инструментом для принятия обоснованных и информированных решений в различных областях, в том числе научной.*

*информационная безопасность, анализ данных, статистические методы анализа, безопасность облачных технологий*

**Alekhine R., Budarny G., Kamalova A.** Statistical Methods of Data Analysis.

*Statistical data analysis is used to obtain information from data sets, detect patterns, assess probabilities and make informed decisions based on the obtained data. With the help of this analysis, it is possible to identify trends, confirm hypotheses, predict future events and draw conclusions based on statistical methods. Therefore, statistical data analysis is an important tool for making informed and justified decisions in various fields, including scientific ones.*

**Key words:** information security, data analysis, statistical methods of analysis, cloud security

Анализ данных – это процесс сбора, обработки, анализа и интерпретации данных для того, чтобы извлечь полезную информацию и принимать обоснованные решения. С помощью анализа данных можно не только обрабатывать полученную информацию, но и проверить гипотезы [1].

Цель анализа данных: понять исследуемую ситуацию, выявить тенденции, в том числе негативные отклонения от плана, спрогнозировать и получить рекомендации.

Для достижения этой цели можно определить следующие задачи анализа данных [2]:

- сбор данных;
- структурирование полученных данных;
- анализ данных и выявление закономерностей;
- прогнозирование и получение рекомендаций.

## Процессы обработки и анализа данных

Для того чтобы проанализировать данные обычно выполняется следующий процесс [3].

1. Формулировка бизнес-проблемы: на этом этапе необходимо сформулировать задачу, которую необходимо решить, а также цель исследования.

2. Обозначение аналитического подхода: аналитический подход выбирается исходя из сформулированной цели на предыдущем этапе. Аналитический подход может быть:

- описательный: для того, чтобы получить информацию о текущем состоянии;
- диагностический: для того, чтобы понять, что происходит на текущий момент и причину происходящего;
- прогнозный: для того, чтобы предсказывать будущие события;
- предписывающий: для того, чтобы определить способы решения проблемы.

3. Сбор данных: на данном этапе определяется необходимая информация для проведения исследования и производится сбор этих данных.

4. Обработка данных: после сбора данных следует привести их к единому формату, упорядочить, удалить лишнюю информацию и пр.

5. Исследование данных: после сбора и обработки данных можно приступить к их анализу; на данном этапе применяются методы статистического анализа для того, чтобы понять, как соотносятся элементы данных и какие статистические взаимосвязи наблюдаются между ними и прогнозируемыми значениями.

6. Моделирование данных: на данном этапе необходимо создать и обучить модель (предписывающую или описательную), а затем протестировать и оценить ее для того, чтобы поверить, что она решает цель исследования;

7. Развертывание модели: на данном этапе необходимо подготовить окончательную модель с документацией, а после тестирования настроить новый набор данных в рабочей среде, чтобы активно использовать модель.

8. Визуализация и представление результатов: с помощью инструментов визуализации людям легче и удобнее понимать полученные результаты и анализировать их.

## Основные статистические методы для обработки информации

Статистика – это раздел математики, который описывает сбор, анализ и интерпретацию данных. В рамках данного исследования был выполнен сбор метрик с контейнера до и после выполнения вредоносного скрипта. Опыт проводился пять раз. Полученные метрики приведены в табл. 1.



ТАБЛИЦА 1 Полученные данные в результате исследования

Метрики		Контейнер	
		До атаки	После атаки
1 атака			
Загрузка центрального процессора	max	0,0293%	0,107%
Использованная память	max	21,74 MiB	85,08 MiB
Входящий сетевой трафик	max	2,48 B/s	1,04 B/s
Исходящий сетевой трафик	max	0 B/s	0 B/s
2 атака			
Загрузка центрального процессора	max	0,01%	0,0371%
Использованная память	max	32,43 MiB	36,43 MiB
Входящий сетевой трафик	max	2,23 B/s	0,966 B/s
Исходящий сетевой трафик	max	0 B/s	0 B/s
3 атака			
Загрузка центрального процессора	max	0,00558%	0,57%
Использованная память	max	18,64 MiB	38 MiB
Входящий сетевой трафик	max	6,52 B/s	1010 B/s
Исходящий сетевой трафик	max	0 B/s	0 B/s
4 атака			
Загрузка центрального процессора	max	0,0032%	0,555%
Использованная память	max	18,64 MiB	21,11 MiB
Входящий сетевой трафик	max	5,31 B/s	1030 B/s
Исходящий сетевой трафик	max	0 B/s	0 B/s
5 атака			
Загрузка центрального процессора	max	0,00253%	0,55%
Использованная память	max	18,64 MiB	21,07 MiB
Входящий сетевой трафик	max	5,06 B/s	1030 B/s
Исходящий сетевой трафик	max	0 B/s	0 B/s

Для анализа полученных метрик было рассчитано математическое ожидание, дисперсия и стандартное отклонение:

1. Математическое ожидание (или среднее значение) – это сумма значений, деленная на их количество (1). Это значение содержит представление о центральной тенденции данных.

$$M(X) = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (1)$$

2. Дисперсия и стандартное отклонение – это меры разброса данных вокруг математического ожидания. Дисперсия измеряет среднеквадратичное отклонение данных от среднего (2), а стандартное отклонение – квадратный корень из дисперсии (3). Эти значения позволяют оценить, насколько данные распределены вокруг математического ожидания.

$$D(X) = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - M(X))^2}{n} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{D(X)} \quad (3)$$

В таблице 2 рассчитано математическое ожидание метрик контейнера и ВМ, в таблице 3 – дисперсия полученных метрик, в таблице 4 – стандартное отклонение.

ТАБЛИЦА 2. Среднее значение метрик контейнера

Метрики		Контейнер	
		До атаки	После атаки
Загрузка центрального процессора	max	0,010166%	0,36382%
Использованная память	max	22,018 MiB	40,338 MiB
Входящий сетевой трафик	max	4,32 В/с	614 В/с
Исходящий сетевой трафик	max	0 В/с	0 В/с

ТАБЛИЦА 3. Дисперсия метрик контейнера

Метрики		Контейнер	
		До атаки	После атаки
Загрузка центрального процессора	max	0,000098%	0,057%
Использованная память	max	28,544 MiB	552,711 MiB
Входящий сетевой трафик	max	2,824 В/с	250891 В/с
Исходящий сетевой трафик	max	0 В/с	0 В/с

ТАБЛИЦА 4. Стандартное отклонение метрик контейнера

Метрики		Контейнер	
		До атаки	После атаки
Загрузка центрального процессора	max	0,0099%	0,239%
Использованная память	max	5,34 MiB	23,51 MiB
Входящий сетевой трафик	max	1,68 B/s	500,89 B/s
Исходящий сетевой трафик	max	0 B/s	0 B/s

По расчетам, полученным выше, можно определить аномалии в поведении контейнера. Например, использованная память до проведения атаки в среднем должна соответствовать промежутку  $22,018 \pm 5,34$  MiB, однако до проведения второй атаки в контейнере по таблице (ТАБЛИЦА ) видно, что это значение равно 32,43 MiB. Следовательно, в этом случае поведение контейнера можно считать аномальным.

Таким образом, с использованием статистических методов в аналитике данных можно извлечь полезную информацию из данных, выявить закономерности и зависимости, а также принять обоснованные решения.

#### Список используемых источников

1. Игнатьева Д. А., Пестов И. Е., Федорова Е. С., Федотовская А. Д. Анализ больших данных для обеспечения информационной безопасности // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. статей в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2023. Т. 1. С. 567–572.

2. Щеглов С. Н. Статистические методы, используемые при анализе опытных данных // Материалы научной и научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, 17 мая – 13 июня 2013 года. С. 282–286.

3. Агалаков С. А. Статистические методы анализа данных // Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского, 2017. 92 с.

*Статья представлена научным руководителем, доцентом кафедры ЗСС СПбГУТ, кандидатом технических наук Пестовым И. Е.*

УДК 004.315.2

М. В. Антонцев (студент гр. ИКТФ-36м, СПбГУТ),  
[maksimka1316960@gmail.com](mailto:maksimka1316960@gmail.com)

## РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИИ СУММИРОВАНИЯ НА КВАНТОВОМ КОМПЬЮТЕРЕ

*Развитие квантовых технологий в России и в мире привело к появлению новой отрасли «квантовые вычисления», в рамках которой создаются квантовые компьютеры – принципиально новые вычислительные устройства, в которых единицей информации является квантовый бит - кубит. Для практического использования квантового компьютера необходимо разработать квантовые алгоритмы, которые сильно отличаются от классических, так как квантовые процессы имеют вероятностную природу. В данной работе представлен квантовый алгоритм суммирования двух целых чисел и реализующая его схема из квантовых логических элементов.*

*квантовый компьютер, квантовые вычисления, кубит, квантовый алгоритм, квантовый сумматор*

**Antontsev M.** Implementation of the Summation Operation on a Quantum Computer.

*The development of quantum technologies in Russia and in the world has led to the emergence of a new industry, "quantum computing", within which quantum computers are created - fundamentally new computing devices in which the unit of information is a quantum bit - qubit. For the practical use of a quantum computer, it is necessary to develop quantum algorithms that are very different from classical ones, since quantum processes have a probabilistic nature. This paper presents a quantum algorithm for summing two integers and a circuit implementing it from quantum logic elements.*

**Key words:** quantum computer, quantum computing, qubit, quantum algorithm, quantum adder

В последние годы развитие квантового компьютера набирает все большие обороты. Благодаря фундаментальным свойствам основной единицы хранения информации – кубиту – квантовым компьютерам с невероятной легкостью даются такие сложные для стандартных машин операции, как факторизация. Однако способна ли такая высокотехнологичная система справляться с простыми задачами, на подобие сложения? Ответ на данный вопрос представлен в данной статье.

Сложением будет осуществляться между двумя числами (А и В), значения которых закодированы в формате IEEE-754 [1]. Именно этот формат в настоящее время используется всеми микропроцессорами для представления вещественных чисел. Оговоримся, что:

- первый, он же самый старший кубит, находится сверху;
- оба числа положительные;
- для записи каждого числа необходимо по 31-му кубиту (вместо 32 при учете знака);

- число А больше по порядку, чем В; подается на вход первых 31 кубит;
- в старших разрядах чисел записываются ведущие единицы нормализованных мантисс [2].

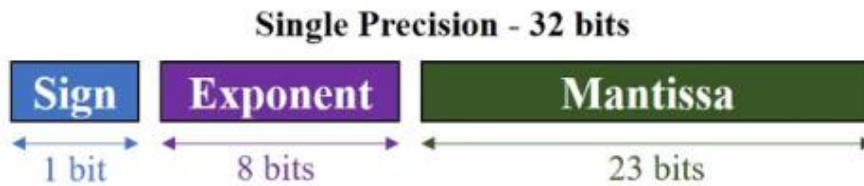


Рис. 1. Формат записи числа IEEE-754

### Логические элементы схемы

Для дальнейшего описания принципов работы сумматора необходимо ввести основные действующие элементы схемы. В квантовых вычислениях подобного рода элементы принято называть *гейтами*, или же *вентильями*. Самым распространенным гейтом, осуществляющим ввод системы в состояние суперпозиции, является гейт Адамара (H). Его математическое описание имеет следующий вид:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Также в схеме сумматора будут использоваться гейты условного вращения  $R_k$ , обмена SWAP и управляемого «не» CNOT [3]. Их матричное обозначение:

$$R_k = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \exp\left(2i\pi\left(\frac{1}{2^k}\right)\right) \end{pmatrix}, SWAP = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$CNOT = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Стоит отметить, что все перечисленные гейты являются унитарными, то есть способными вернуть систему в изначальное состояние, проделав операцию в обратную сторону. Это свойство будет использовано в дальнейшем.

### Описание работы

Алгоритм работы квантового сумматора выглядит следующим образом:

5. К тем кубитам, в которых хранятся порядок числа В и мантисса А, применяются два преобразования Фурье;

6. Происходит вычитание порядка А из порядка В без учета знака. К порядку В применяется обратное преобразование Фурье. По итогу мы имеем количество смещений мантиссы В;

7. К числу А прибавляется единица, поскольку суммирование ведущих единиц мантисс дают перенос;

8. Мантисса числа В сдвигается вправо на число, записанное в кубитах порядка В;

9. Мантиссы А и В суммируются как целые числа;

10. К мантиссе числа А применяется обратное преобразование Фурье;

11. Происходит сдвиг мантиссы числа А вправо на один разряд. Старший разряд принимает значение «1»;

12. Результат хранится в кубитах, ранее размещавших число А [2].

### Сложение целых чисел

Основной операцией в реализации целочисленного сумматора [3] является квантовое преобразование Фурье – аналог дискретного преобразования Фурье (ДПФ), которое применяется к вектору амплитуд квантовых состояний.

Схема квантового преобразователя Фурье над некоторым целым числом «а» имеет следующий вид:

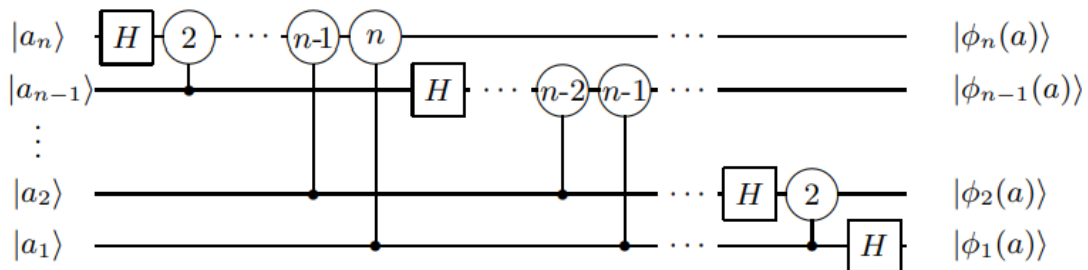


Рис. 2. Схема квантового преобразования Фурье

Состояние k-ого кубита входного числа «а»  $\phi_k(a)$  определяется следующим образом:

$$\phi_k(a) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( |0\rangle + \exp(2i\pi(\frac{a}{2^k})) \right).$$

Последовательное применение гейтов Адамара и условного вращения приводят к тому, что состояние системы на выходе будет определяться тензорными произведениями состояний каждого кубита.

Общая схема целочисленного квантового сумматора выглядит следующим образом [4]:



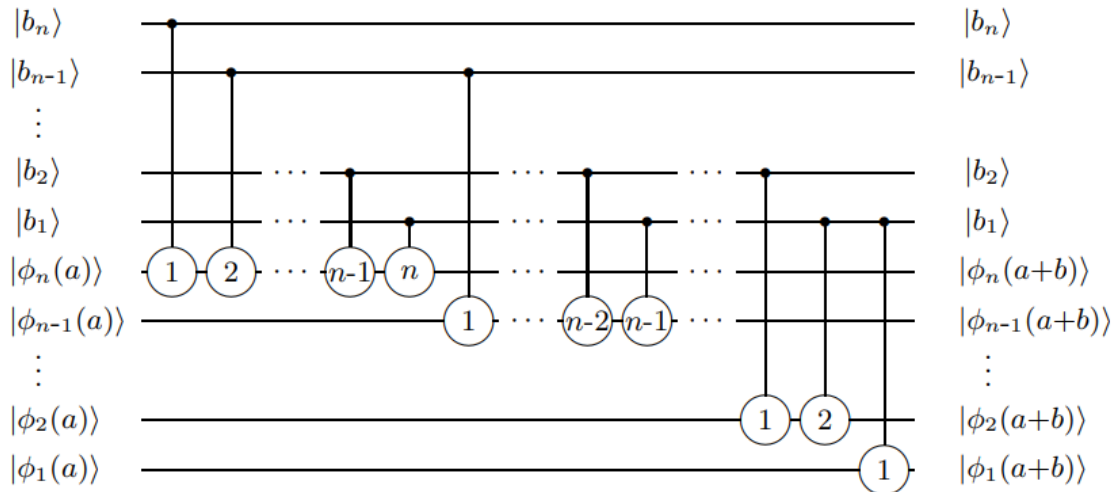


Рис. 3. Схема квантового сумматора

Благодаря вышеупомянутому свойству унитарности можно вывести результат вычислений в ранее использованные кубиты, не привлекая тем самым дополнительные регистрационные кубиты. Для осуществления подобной операции необходимо выполнить обратное преобразование Фурье, от последнего кубита к начальному.

### Управление кубитами внутри схемы

При работе с числами с плавающей точкой важно управлять порядком битов. Гейт SWAP позволяет менять местами кубиты, представляющие различные части числа (мантиссу и экспоненту), что упрощает доступ к данным и их обработку. Чтобы привести необходимое значение в конкретную позицию требуется поочередно провести перенос этого значения из начального кубита.

### Выводы

Описан пример сложения двух вещественных чисел, представленных в 32 битах, с помощью квантового компьютера. К достоинствам данного метода можно отнести диапазон суммируемых значений при относительно малом выделении кубит для вычислений.

Если выходная сумма необходима для совершения дальнейших вычислений, то разобранный в статье схема нуждается в дополнительном регистре. Тогда алгоритм суммирования выглядит следующим образом:

1. Перед началом работы алгоритма суммирования для регистра выделяются кубиты и в явном виде устанавливаются в нуль;
2. Происходит параллельное применение гейта «CNOT» к  $k$ -ым кубитам регистра и входного числа  $A$ ;
3. Дальнейшие шаги совпадают с вышеописанным алгоритмом за тем исключением, что все необходимые гейты применяются к кубитам регистра и входного числа  $B$  – происходит суммирование регистра и  $B$  [2].

**Список использованных источников**

1. IEEE 754-2008. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_754-2008](https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_754-2008) (дата обращения 10.06.2024).

2. Краснобровкин П. С. Квантовый сумматор чисел с плавающей точкой. // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html> (дата обращения 10.06.2024).

3. Quantum Gate. Wikipedia – the free encyclopedia. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_gate](http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_gate) (дата обращения 10.06.2024).

4. Draper T. G. Addition on a Quantum Computer. Cornell University, 2000. URL: <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0008033> (дата обращения 10.06.2024).

5. Торгаев С. Н., Шульга И. Д., Юрченко Е. А., Громов М. Л. Основы квантовых вычислений: учебное пособие. Томск: STT, 2020. 100 с.

6. Муханбет А. А., Накибаева М. Т., Дарибаев Б. С. Реализация квантовых арифметических операций с целочисленными символами с помощью квантового преобразования Фурье. // Вестник КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки», 2022 г. № 4 (80). Стр. 34–41.

*Статья представлена научным руководителем, заведующим кафедрой ФиЛС СПбГУТ, кандидатом технических наук, доцентом Былиной М. С.*

УДК 004.738

М. А. Буйнов (студент гр. ИКПИ-25, СПбГУТ)

Д. А. Егоров (студент гр. ИКПИ-25, СПбГУТ),

[dmitriyegorov111@mail.ru](mailto:dmitriyegorov111@mail.ru)

Д. А. Степанян (студент гр. ИКПИ-25, СПбГУТ)

## SPRING BOOT И SPRING MVC: УПРОЩЕНИЕ СОЗДАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ И МАСШТАБИРУЕМЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

*Статья посвящена оценке эффективности модулей фреймворка Spring, таких как Spring MVC и Spring Boot. Приведено сравнение двух вариантов написания кода: с использованием вышеупомянутых модулей и без них. Одной из целей исследования определена масштабируемость написанного сервиса, позволяющая без существенных изменений бизнес-логики приложения увеличить его функциональные возможности. Представлены результаты, оценивающие эффективность использования модулей Spring MVC и Spring Boot.*

*Spring framework, масштабируемость, Spring MVC, Spring Boot, restful-сервисы*

**Buinov M., Egorov D., Stepanyan D.** Spring Boot and Spring MVC: Simplifying the Creation of Productive and Scalable Web Applications.

*The article is devoted to evaluating the effectiveness of Spring framework modules, such as Spring MVC and Spring Boot. A comparison of two code writing options is given: with and without the above-mentioned modules. One of the goals of the study is the scalability of the written service, which allows increasing its functionality without significant changes in the business logic of the application. The results are presented evaluating the effectiveness of using the Spring MVC and Spring Boot modules.*

**Key words:** Spring framework, scalability, Spring MVC, Spring Boot, restful services

### Введение

Spring Boot [1] и Spring MVC [2] упрощают создание производительных и масштабируемых веб-приложений. Актуальность темы обусловлена потребностью в эффективных инструментах для разработки современных веб-приложений. Цель исследования – показать, как эти фреймворки автоматизируют конфигурацию, предоставляют встроенные серверы и реализуют паттерн Model-View-Controller для улучшения организации кода. Задачи включают анализ производительности, масштабируемости и примеров использования. Вместе эти фреймворки делают разработку веб-приложений проще и эффективнее.

## Исследование

Для исследования был взят написанный авторами данной статьи проект: REST API сервис, включающий в себя ролевою модель, авторизацию и регистрацию, а также базу данных, содержащую имена и пароли пользователей. Данный проект был реализован с помощью Spring Framework [3]: Spring MVC, Spring Boot и Spring Security. В исследовании рассматривались модули проекта, реализованные при помощи Spring Boot и Spring MVC такие как: подключение базы данных к проекту, настройка rest-контроллеров и endpoint-ов.

Рассмотрим структуру подключения базы данных в restful-проект с использованием Spring Boot и без него.

Подключение базы данных к проекту с использованием Spring Boot представлено в листингах 1 и 2.

Листинг 1. Настройка интерфейса клиента

```
@Component
public interface ClientsRepository
extends JpaRepository<Clients, Integer> {
    Optional<Clients> findByLogin(String login);
}
```

Листинг 2. Включение интерфейса клиента в класс базы данных

```
@Service
@Scope("singleton")
public class DataBase {
    @Autowired
    private ClientsRepository repository;
}
```

Подключение базы данных к проекту без использования Spring Boot представлено в листинге 3.

Листинг 3. Класс базы данных

```
public class DataBase {
    private static DataBase dataBase;
    public static synchronized DataBase getDataBase() {
        if (dataBase == null) { dataBase = new DataBase(); }
        return dataBase;
    }
}
private DataBase() {}
```

Помимо основного класса БД так же был использован класс Entity, реализующий таблицу в базе данных.

Из приведенного примера видно, что помимо меньшего объема кода при использовании Spring Boot первый вариант обеспечивает:

- Паттерн singleton при помощи аннотации @Scope (который не нужно реализовывать самостоятельно);
- Масштабируемость из-за практически полного отсутствия логики, прописанной в самом классе: вся логика подключения реализована во вспомогательных классах, которые и были использованы;
- Отсутствие необходимости настраивать зависимости между объектами классов в классе базы данных (аннотация @Autowired);
- Отсутствие необходимости создавать объект класса базы данных при необходимости: Spring Boot создаст этот объект сам, и разработчик будет получать его при необходимости (аннотация Service).

Далее рассмотрим структуру подключения контроллера в restful-проект с использованием Spring MVC и Spring Boot (листинг 4).

Листинг 4. Структура подключения контроллера в restful-проект с использованием Spring MVC и Spring Boot

```
@RestController
@RequestMapping("/api")
public class UserActivityController {
    @Autowired
    private DataBase dataBase;
    @Autowired
    private RestTemplate restTemplate;
    @PostMapping("/registration")
    public User addUser(@RequestBody User login) {
        dataBase.addUser(new Clients(login.getRole(),
            login.getLogin(), login.getPassword()));
        return login;
    }
    @GetMapping("/welcome")
    public String welcome() {
        return "<h2>Please, register your account at \"/api/registration\"! in
Postman program</h2>";
    }
}
```

Использование аннотаций @RestController, @RequestMapping, @Autowired, @PostMapping и @GetMapping, предоставляет множество преимуществ.

- Упрощение конфигурации и уменьшение кода: @RequestMapping позволяет задать общий URL-префикс для всех методов в контроллере, что уменьшает количество повторяющегося кода. @RequestMapping позволяет

задать общий URL-префикс для всех методов в контроллере, что уменьшает количество повторяющегося кода. `@PostMapping` и `@GetMapping` позволяют легко и явно указывать HTTP-метод для каждого метода контроллера, что делает код более читаемым и понятным.

- Внедрение зависимостей: `@Autowired` позволяет автоматически внедрять нужные зависимости (в данном случае `DataBase` и `RestTemplate`). Это избавляет от необходимости писать код для создания и управления экземплярами этих классов вручную.

- Поддержка и расширяемость: Легкость интеграции с другими компонентами Spring (например, с `Spring Security` для аутентификации и авторизации) позволяет быстро расширять функциональность.

- Меньше шаблонного кода: Аннотации устраняют необходимость в написании большого количества шаблонного кода (boilerplate code), который часто требуется в традиционных подходах [4].

Также Spring поддерживает создание тестов, предоставляя инструменты для подмены зависимостей и конфигурации тестового контекста (листинг 5). Это упрощает написание модульных и интеграционных тестов, что повышает эффективность тестирования и читаемость тест-классов [5].

Листинг 5. Пример использования Spring Test

```
@RunWith(SpringRunner.class)
@SpringBootTest
public class UserServiceTest {
    @Autowired
    private UserService userService;
    @MockBean
    private UserRepository userRepository;
    @Test
    public void testFindUserById() {
        // настройка моков
        when(userRepository.findById(
            anyLong())).thenReturn(Optional.of(new User()));
        // вызов метода
        User user = userService.findUserById(1L);
        // проверка результатов assertNotNull(user);
    }
}
```

В приведенном примере можно увидеть, что тест-класс написан без сложной для понимания логики и особых конструкций, что повышает расширяемость самого класса при необходимости; также, когда сторонний разработчик зайдет в этот класс, он сможет быстро разобраться в его логике и выполнить нужные тесты, что подтверждает, что Spring повышает как читаемость, так и тестируемость приложений, написанных на Java.



## Заключение

Использование Spring Framework и его аннотаций позволяет писать более чистый, поддерживаемый и тестируемый код. Это значительно упрощает разработку и поддержку приложений, делая их более структурированными и легко расширяемыми.

## Список использованных источников

1. Справочные материалы по Spring Boot // docs.spring.io. URL: <https://docs.spring.io/spring-boot/index.html> (дата обращения: 01.06.2024).
2. Справочные материалы по MVC // docs.spring.io. URL: <https://docs.spring.io/spring-framework/reference/web/webmvc.html> (дата обращения: 01.06.2024).
3. Справочные материалы по Spring Framework // docs.spring.io. URL: <https://docs.spring.io/spring-framework/reference/index.html> (дата обращения: 01.06.2024).
4. Introducing Spring Framework 6: Learning and Building Java-based Applications with Spring. Felipe Gutierrez, Joseph B. Ottinger, 2022.
5. Learning Spring Boot 3.0. Greg L. Turnquist, 2022.

*Статья представлена научным руководителем, старшим преподавателем кафедры Программной инженерии и вычислительной техники СПбГУТ, заместителем заведующего кафедрой по научной работе Помогаловой А. В.*

## УДК 621.39

**Н. С. Васильев** (студент группы ИКФ-11, СПбГУТ),  
[vasiljevatatiana@mail.ru](mailto:vasiljevatatiana@mail.ru)

**В. Г. Нестеров** (студент группы ИКТО-07, СПбГУТ)

## МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ EDFA С ЗАДАННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

*Данная работа посвящена методике проектирования оптических усилителей (ОУ) на оптическом волокне (ОВ), легированном ионами эрбия (EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier) для волоконно-оптических систем связи (ВОСС) с плотным мультиплексированием в волновой области (DWDM) с помощью программ GainMaster и Mathcad. Предложены и проанализированы: схема универсального EDFA для усиления оптических сигналов в широком диапазоне входных мощностей при сохранении равномерной амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), а также методика и компьютерная программа для синтеза выравнивающего оптического фильтра (GFF-Gain Flattening Filter).*

*оптический усилитель (EDFA), выравнивающий оптический фильтр (GFF), эрбиевое оптическое волокно (EDF)*

**Vasiliev N., Nesterov V.** Methodology for Designing Edfa Optical Amplifiers with Given Parameters.

*This work is devoted to the methodology for designing optical amplifiers (OA) on optical fiber (OF) doped with erbium ions (EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier) for fiber-optic communication systems (FOCS) with dense wave-domain multiplexing (DWDM) using the Gain Master and Mathcad programs. The following are proposed and analyzed: a universal EDFA circuit for amplifying optical signals in a wide range of input powers while maintaining a uniform amplitude-frequency characteristic (AFC), as well as a methodology and a computer program for synthesizing a flattening optical filter (GFF-Gain Flattening Filter).*

**Key words:** optical amplifier (EDFA), flattening optical filter (GFF), erbium optical fiber (EDF)

### 1. Основные сведения об ОУ EDFA для ВОСС

Усилители EDFA используются в качестве предварительных и линейных ОУ, а также в качестве ОУ мощности сигналов в диапазоне C, на длинах волн  $\lambda_s = 1520-1560$  нм [1]. Они могут быть однокаскадными и многокаскадными, обычно не более трех каскадов. Усиление мощности оптического сигнала происходит в эрбиевом ОВ (EDF) при взаимодействии излучения сигнала с относительно мощным излучением накачки (десятки-сотни мВт) с длинами волн 980 или 1480 нм от лазерных диодов (ЛД). В одном EDF может использоваться попутная, встречная и двунаправленная схемы накачки в зависимости от направления распространения излучения накачки в EDF. Для объединения излучений сигнала и накачки используются специальные

мультиплексоры с двумя входами и одним выходом, изготовленные по технологии WDM.

Основными характеристиками ОУ EDFA являются: зависимости коэффициента усиления  $g$  (дБ), уровня выходной мощности  $p_{out}$ , и шум фактора  $n_f$  от длины волны сигнала  $\lambda_s$ , а также уровень мощности  $p_p$  и длина волны накачки  $\lambda_p$ .

## 2. Упрощенная схема ОУ EDFA с попутной накачкой

Рассмотрим простейшую схему 40-канального ОУ EDFA с попутной накачкой (рис. 1) в программе GainMaster [1]. Она включает 40-канальный источник бинарных сигналов с амплитудной модуляцией (АМ) (передатчиков) (MultipleSource) с длинами волн от  $\lambda_0 = 1524.8$  нм до  $\lambda_{39} = 1540.4$  нм с интервалом  $\Delta\lambda_c = 0.4$  нм и уровнем мощности  $p_0 = -10$  дБм. Для регулировки уровня сигнала на входе в EDF используется аттенюатор (АТТ) с затуханием  $a_{ATT}$ . Излучение накачки от ЛД с длиной волны  $\lambda_p = 980$  нм и уровнем мощности  $p_p = 20$  дБм смешивается в мультиплексоре WDM с излучениями сигналов и поступает в EDF типа Generic I-4 длиной  $l_{ov} = 10$  м. Зависимость уровней сигнала на выходе EDF от длины волн, т. е. амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) EDFA при  $a_{ATT1} = 20$  дБ показана на рис. 2а. Видно, что уровни сигналов отличаются более, чем на 7 дБ, что недопустимо для ВОСС с технологией DWDM. Для выравнивания АЧХ в EDFA используют оптические выравнивающие фильтры (GFF) с обратной АЧХ [1]. На рис. 2б показана АЧХ сигнала после GFF. Для регулировки уровня выходной мощности EDFA  $p_{out}$  используется АТТ2. Для измерения коэффициентов усиления  $g$  и шума  $n_f$  EDFA используются приборы Probe и Probe\_2. Первый используется для определения параметров для ОУ без ОФ и АТТ2, а второй с их учетом.

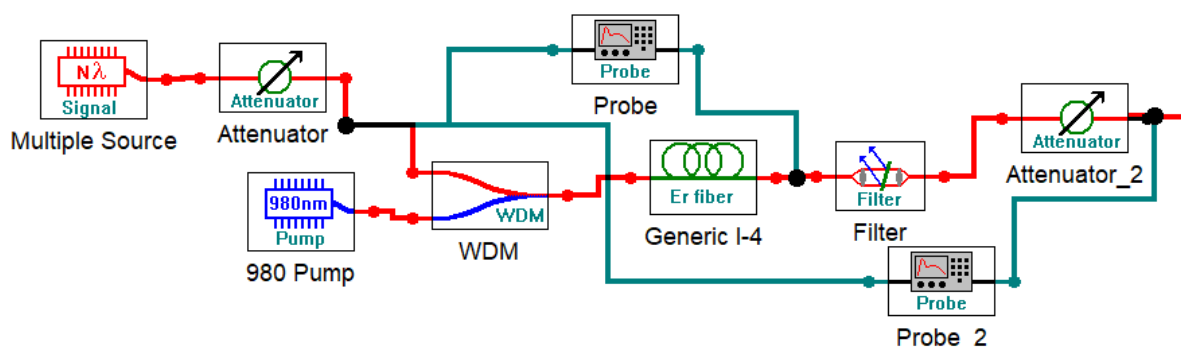


Рис.1. Схема для моделирования однокаскадного EDFA с попутной накачкой

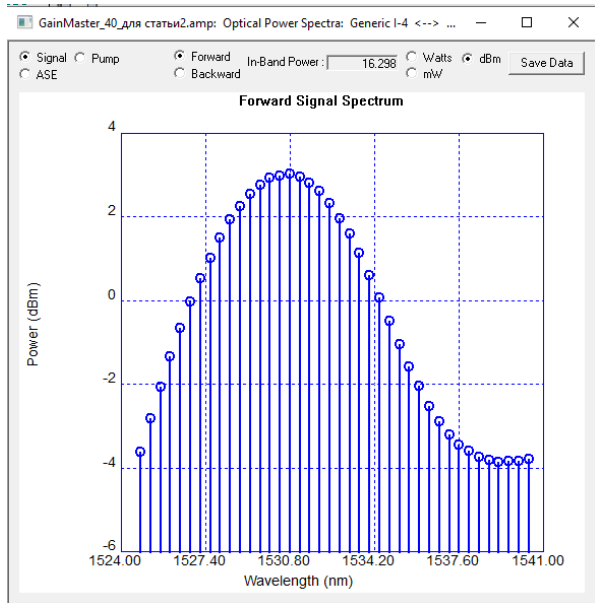


Рис. 2а. АЧХ EDFA без GFF и АТТ2

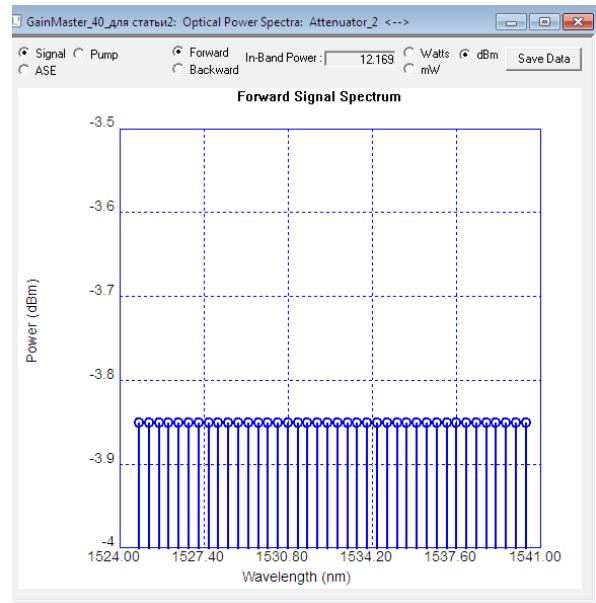


Рис. 2б. АЧХ EDFA с GFF и АТТ2

### 3. Расчет параметров выравнивающего ОФ GFF

В работе предлагается методика расчета АЧХ GFF по результатам измерения зависимости усиленного в EDF сигнала (рис. 2а) в схеме рис. 1.

Из программы GainMaster при нажатии клавиши «SaveData»(рис. 2а) можно выгрузить в текстовый файл например, с названием OY40\_004.dat, двумерный массив входных данных  $p_{ini,k}$ . В этом массиве индекс  $i$  изменяется от 0 до 39 и указывает на номер длины волны сигнала  $\lambda_i$ , а индекс  $k$  принимает значения 0 и 1. При  $k = 0$  массив содержит значения  $\lambda_i$ , а при  $k = 1$  содержит значения уровней мощности на входе GFF  $p_{ini}$  (на выходе EDF).

Расчет проводился в программе Mathcad «ОФ40.mcd», скриншот экрана которой показан на рис. 3. Программа с помощью оператора READPRN считывает содержимое файла OY40\_004.dat и выводит в таблицу входных данных  $p_{in}$ . Далее определяется значение минимального сигнала, которое оказалось равно  $p_{inmin} = -3.851$  дБм при  $\lambda = 1539.2$  нм и рассчитывались значения коэффициентов передачи GFF для всех длин волн сигнала по выражению (1).

$$p_{out} \leftrightarrow_{i,k} = p_{inmin} - p_{in,i,k} \quad (1)$$

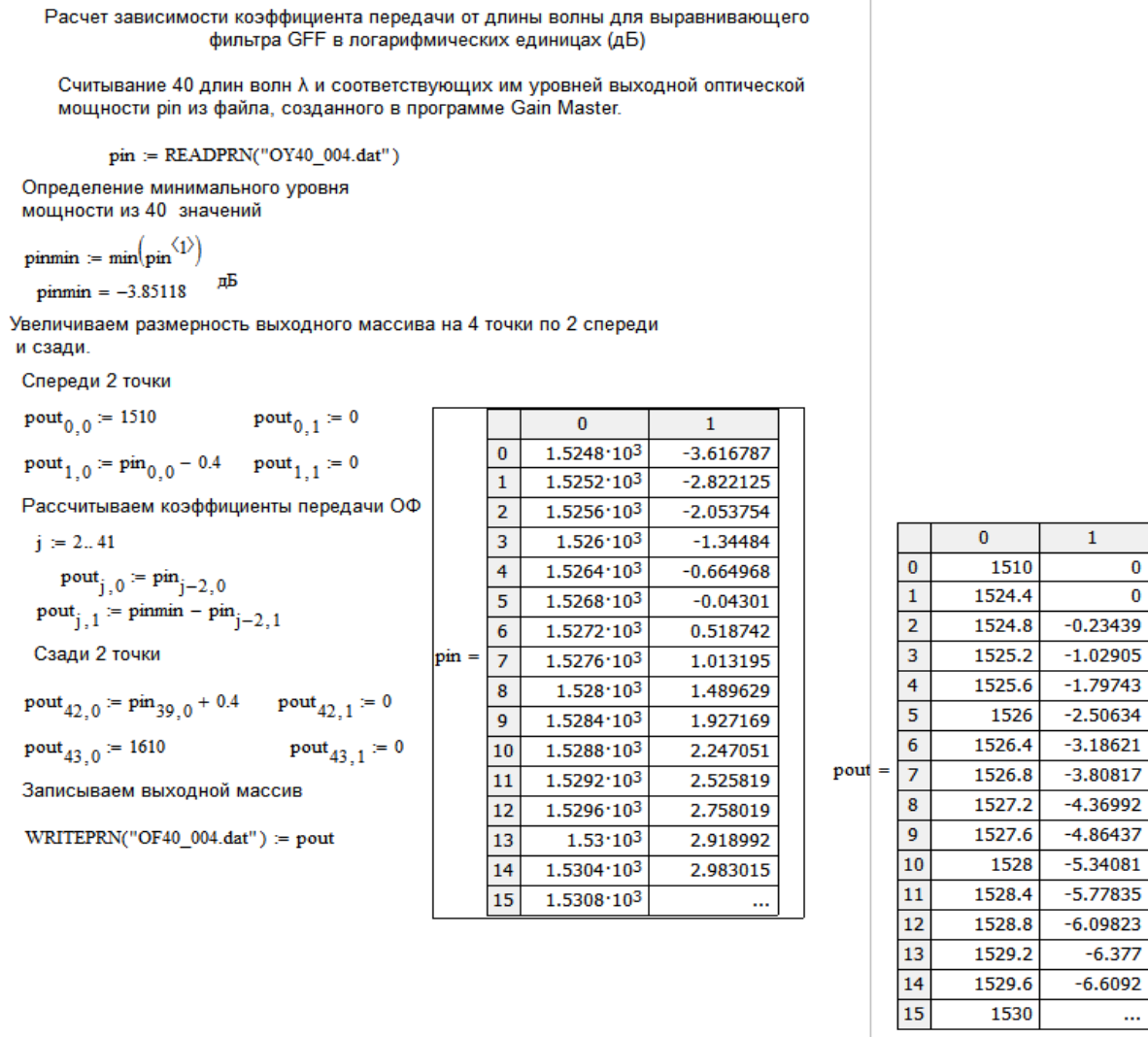


Рис. 3. Скриншот программы MathCad «ОФ40»

Из-за специфики программы GainMaster пришлось увеличить размерность выходного массива с 40 до 44 членов, добавив по 2 элемента к основному массиву спереди и сзади, которые определяют АЧХ GFF в области длин волн за пределами усиливаемых сигналов. Сформированный таким образом выходной массив  $p_{out}$  также представлен в виде таблицы и записан в текстовый файл с названием OF40\_004.dat с помощью оператора WRITEPRN. Далее файл OF40\_004.dat загружается в элемент Filter (рис. 4а) при нажатии клавиши «LoadSpectrumFromFile». На рис 4б отображена АЧХ GFF. На рис. 5а и 5б показаны зависимости уровней сигналов и коэффициентов шума на выходе EDFA при  $a_{ATT2} = 0$  дБ. Видно, что коэффициент усиления для всех каналов одинаков и составляет  $g = 26.1$  дБ, а коэффициент шума лежит в пределах  $n_f = 3.4-3.46$ . Максимальный уровень выходного канального сигнала  $p_{out} = -3.85$  дБм. Его можно уменьшать с помощью ATT2 без искажения АЧХ EDFA. Уровень входного сигнала можно уменьшать и увеличивать в пределах  $p_{in} = \pm 20$  дБ без искажения АЧХ EDFA, если при этом также изменять затухание АТТ.

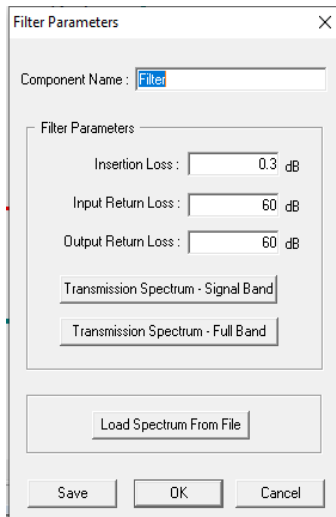


Рис. 4а. Установка параметров GFF

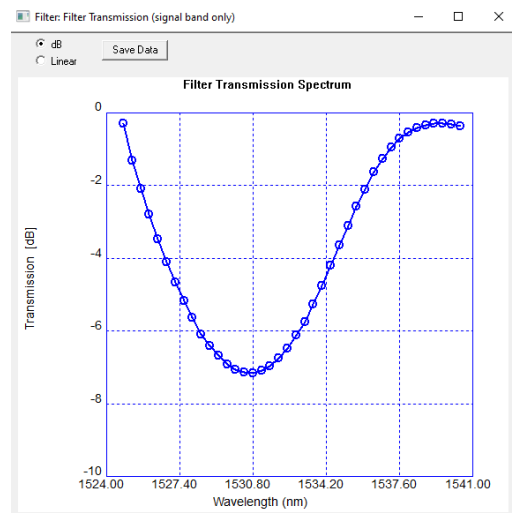


Рис. 4б. АЧХ GFF

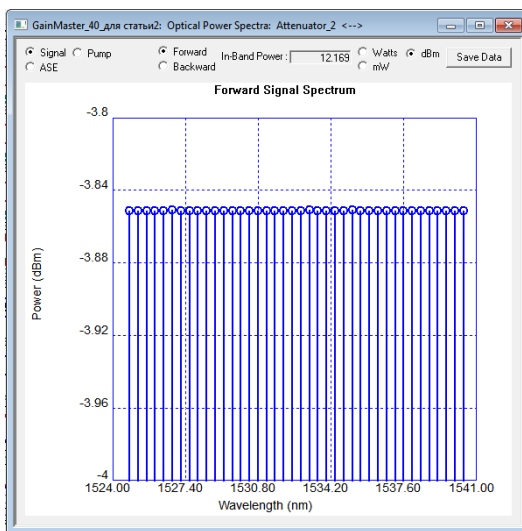


Рис. 5а. Уровень сигнала на выходе EDFA

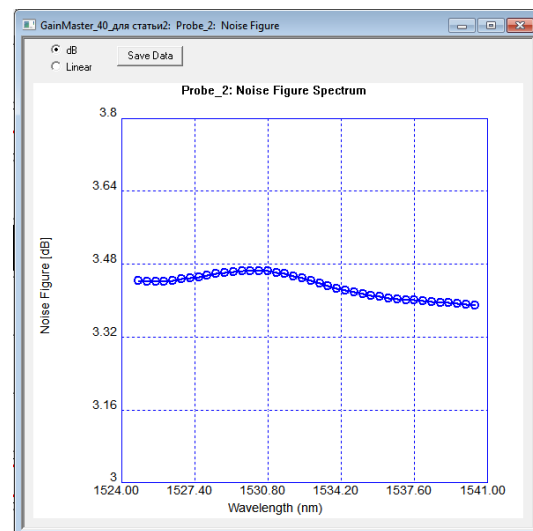


Рис. 5б. Коэфф. шума на выходе EDFA

Было рассмотрено влияние изменений уровня накачки на коэффициент усиления EDFA и однородность АЧХ. На рис. 6 показаны зависимости уровней выходных сигналов при уменьшении (слева) и увеличении (справа) уровня накачки на 1 дБ. Видно, что с увеличением накачки средний уровень сигнала растет примерно на 1.5–2 дБ, но возникают неоднородности АЧХ с размахом примерно 0.3 дБ.

Было также проведено исследование влияния температуры на ОВ EDF. При изменении температуры на  $\pm 25$  градусов Цельсия средний коэффициент усиления  $g$  мало изменился, однако возникла неоднородность АЧХ в пределах  $\pm 0.2$  дБ.

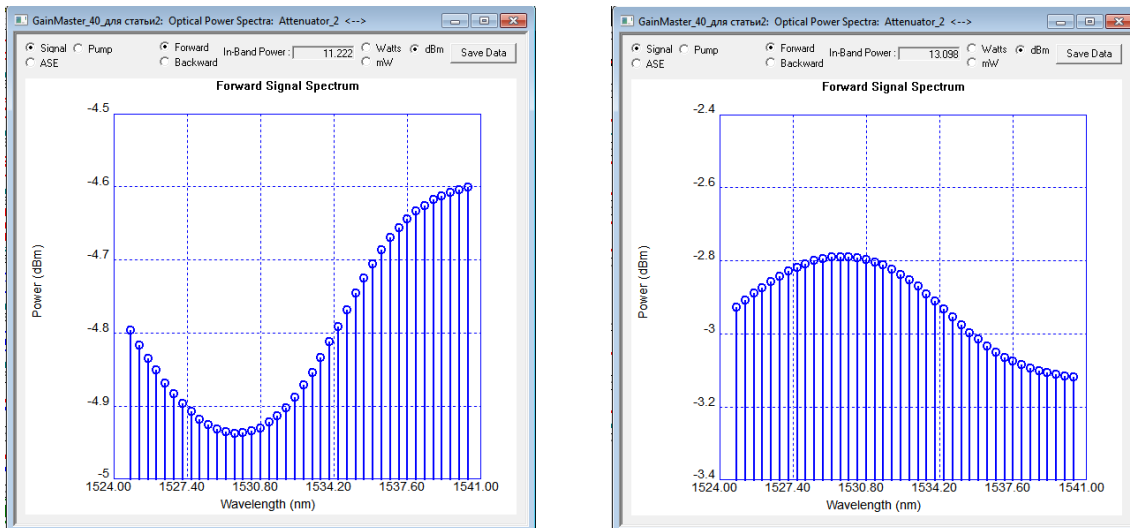


Рис. 6. Уровень сигнала на выходе EDFA при  $p_p = 19$  дБм (слева) и 21 дБм (справа)

## Выводы

1. Была разработана методика проектирования ОУ EDFA с заданными параметрами, включая синтез ОФ GFF с использованием разработанной компьютерной программы.

2. Проведенное исследование показало, что можно создать универсальный однокаскадный 40-канальный линейный EDFA с равномерной АЧХ при уровне мощности накачки  $p_p = 20$  дБм со следующими параметрами:

- большой коэффициент усиления  $g = 46$  дБ при малом сигнале,
- малый шум – фактор  $n_f < 3.5$  дБ,
- максимальный канальный уровень выходного сигнала  $p_{out} = -3.85$  дБм,
- уровень суммарной выходной мощности  $p_{out\_Σ} = 12.85$  дБм.

3. Было определено влияние температуры и изменений уровня накачки на параметры EDFA.

4. Исследования методик проектирования EDFA будут продолжены.

## Список используемых источников

1. Листвин В. Н., Трешиков В. Н. DWDM-системы М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. 420 с. 4-е издание.
2. GainMaster<sup>tm</sup>. Amplifier design software manual revision 1.1, 2004.

*Статья представлена научным руководителем,  
доцент кафедры ОКСС СПбГУТ,  
кандидатом технических наук, доцентом Глаголевым С. Ф.*



УДК 003.26.09

**А. А. Воронцов** (студент гр. ИКТ3-21м СПбГУТ),  
[vorontsov.andrey000@yandex.ru](mailto:vorontsov.andrey000@yandex.ru)

## О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОДА АУТЕНТИФИКАЦИИ

*Важным аспектом обеспечения информационной безопасности является аутентификация передаваемых в системе связи сообщений. Она позволяет защитить целостность сообщений, т. е. делает невозможными имитации или замены его злоумышленником, вторгшимся в сеть передачи данных. Статья предлагает методику для оценивания и сравнения установленных показателей стойкости алгоритма аутентификации сообщений в целях обеспечения защиты данных в сети связи.*

*информационная безопасность, защищенная связь, аутентификация сообщений, секретность ключа, распределение ключей*

**Vorontsov A.** On the Method of Assessing the Cryptographic Properties of the Authentication Code.

*An important aspect of ensuring information security is the authentication of messages transmitted in the communication system. It allows you to protect the integrity of messages, i.e. the impossibility of simulating or replacing them by an intruder who has intruded into the data transmission network. The article proposes a methodology for assessing and comparing the established indicators of the strength of the message authentication algorithm in order to ensure data protection in the communication network.*

**Key words:** information security, secure communication, message authentication, key secrecy, key distribution

### Введение

Одним из представлений алгоритмов аутентификации выступает теория кодов аутентификации. Коды аутентификации представляют собой один из подходов к проблеме защиты целостности данных и могут быть описаны в терминах криптографии. Существует проблема определения криптографических свойств алгоритма кода аутентификации. Возможному способу решения данной проблемы посвящена данная статья.

### Коды аутентификации

Аутентификация данных позволяет контролировать подлинность участников информационного обмена и целостность передаваемых ими сообщений. Модель аутентификации включает в себя три основных участника (корреспондента) [1]:

- отправитель сообщений;
- получатель сообщений;

- злоумышленник (нарушитель), пытающийся перехватить сообщения, передаваемые между отправителем и получателем.

Нарушитель может выполнять активные действия в сети связи, которые включают в себя следующие типы атак:

- атаки подмены – редактирование перехваченного сообщения.
- атаки имитации – внесение в информационный канал своего подложного сообщения, подобного настоящим сообщениям корреспондентов.

Одним из способов защиты целостности информации могут выступать коды аутентификации сообщений. Такой подход предполагает вычисление специальной метки или тега по определенному алгоритму. Метка аутентификации вычисляется из уже сформированного сообщения путем его математических преобразований. До передачи сообщения в канал связи она прикрепляется к передаваемому сообщению и отправляется вместе с ним. На приемной стороне метка аутентификации декодируется и сообщение признается корректным, если та передана верно. Злоумышленник может провести атаку на передаваемое сообщение. В таком случае метка искажается и декодирование производится с ошибками. Сообщение признается не корректным и отбрасывается.

Код аутентификации (А-код, имитовставка) – это математическое представление системы аутентификации, которая предотвращает модификацию или фальсификацию содержимого передаваемых сообщений. А-коды позволяют обеспечивать не только аутентичность данных, но также и защиту от нелегального доступа к ним.

Математическая формулировка термина А-код определяется следующим образом. Пусть  $S$ ,  $E$ ,  $M$  – конечные множества,  $|S| > 2$ ,  $|E| > 3$ ,  $|M| > 3$ , которые носят названия множеств состояний источника, правил кодирования и сообщений. Каждое правило кодирования  $e \in E$  – инъективное отображение  $e : S \rightarrow M$ . Множество значений  $AC = (S, E, M)$  называется кодом аутентификации или А- кодом [2].

Определяющими параметрами стойкости любого А-кода к активным атакам представляются вероятность  $p_0$  успешной атаки имитации и вероятность  $p_1$  успешной атаки подмены.

Пусть величины норм множеств  $|S|$ ,  $|E|$ ,  $|M|$ , обозначаются символами  $k$ ,  $b$ ,  $v$  соответственно и соблюдается последовательный порядок элементов этих множеств. Тогда вероятность успешной имитации может быть оценена, как

$$p_0 = \frac{k}{v},$$

а вероятность успешной подмены, как

$$p_1 = \frac{k-1}{v-1}.$$

Алгоритмы аутентификации, также как и шифры, делятся на безусловно-стойкие (совершенные) и вычислительно-стойкие [3]. Совершенные системы имеют независимые и равновероятные распределения ключей и криптограмм, поэтому сообщение при перехвате его злоумышленником не может дать ему никакой информации о вероятностных характеристиках открытого текста. Дешифрование сообщения сводится к угадыванию его символов. Недостатком таких криптосистем является очень большая длина ключа, которая может в два раза превышать длину сообщения.

Вычислительно-стойкие системы аутентификации отличаются тем, что даже теоретический взлом такой системы даже с применением наилучших вычислительных средств занимает очень продолжительное время. Для вычислительно-стойких систем аутентификации максимальная величина разности априорной и апостериорной вероятностей появления сообщения до и после преобразования не превышает некоторого малого действительного числа  $\varepsilon > 0$ . Математически это условие выглядит следующим образом:

$$\varepsilon \leq \max \{p(s|m) - p(s)\}.$$

Такие системы аутентификации носят название  $\varepsilon$ -совершенных и они не позволяют определить по криптограмме открытый текст с вероятностью, превышающей  $\varepsilon$  при любых вычислительных ресурсах. Незначительно уступая безусловно-стойким системам в стойкости, такие системы аутентификации имеют намного менее длинные ключи.

### Алгоритм оценки свойств кода аутентификации

Количественная оценка свойств А-кода осуществляется по трем параметрам, определяющим его стойкость:

- вероятность успешной имитации  $p_0$ ;
- вероятность успешной подмены  $p_1$ ;
- показатель секретности  $\varepsilon$ .

Каждый из этих параметров принимает значения в диапазоне (0, 1). Если вычисленное значение параметра выходит за эти пределы, оно отбрасывается [4].

Алгоритм вычисления этих параметров состоит из следующих пунктов:

1. Для выбранного алгоритма кода аутентификации устанавливается ряд значений длины секретного ключа  $n$ , кратное  $2^k$ ,  $k = 1, 2, \dots$

2. Устанавливаются значения длины блока данных и параметра избыточности текста. Для некоторых алгоритмов эти значения не нужны в процессе вычислений.

3. Вычисляются значения вероятностей успешной имитации и подмены  $p_0$  и  $p_1$  и показателя секретности  $\varepsilon$  в зависимости от длины секретного ключа длины блока и показателя избыточности. Формулы для вычислений могут быть выведены из математического описания алгоритма аутентификации.

4. Строятся графики зависимостей вычисленных значений  $p_0$ ,  $p_1$  и  $\varepsilon$ . Графики можно строить в логарифмической шкале по вертикальной оси для наглядности.

5. Проводится оценка значений вероятностей  $p_0$ ,  $p_1$ . Для обеспечения стойкой аутентификации необходимо, чтобы значения этих вероятностей составляли не более  $2^{-64}$ , как отмечается в работе.

6. Проводится оценка значения показателя секретности  $\varepsilon$ . Этот показатель отражает максимальную вероятность такого исхода, при котором криптограмма и исходный текст совпадут. Согласно работе [5], минимальное значение  $\varepsilon$  не должно превышать  $2^{-128}$ .

Приведем пример оценки свойств А-кода по соответствующему алгоритму. Для примера будет выбран алгоритм кода аутентификации из статьи [5] со следующими характеристиками.

Пусть  $m, n \in \mathbb{N}$ ;  $m$  делит  $n$ ,  $q = 2^n$  – степень простого числа. Пусть  $\text{Tr}(x)$  – функция след из поля  $F_{qn}$  в поле  $F_{qm}$ , определенная формулой:

$$\text{Tr}(a) = a + a^q + \dots + a^{q^{m-1}}; a \in F_q.$$

Тогда АС – код аутентификации, для которого

$$S = F_{qn}; K = M = F_{qn} \times F_{qm}; e_k(s) = (s + k_1; \text{Tr}\{s * k_1\} + k_2); \\ s \in S; k_1, k_2 \in K.$$

Параметры стойкости этого А-кода равны:

$$p_0 = p_1 = \frac{1}{q}; \varepsilon = \frac{m}{q}.$$

Здесь  $n$  – длина ключа,  $m$  – длина блока сообщения.

Для выполнения вычислений зададим значения длины ключа равными 32, 64, 128, 256, 512 бит. Значения длины блока сообщений зададим в интервале  $(10^4 - 10^8)$  бит.

Вычислим значения вероятностей  $p_0$ ,  $p_1$ . Поскольку формулы для вероятностей одинаковы, значения также будут равными. Вычисления представлены в таблице 1.

Таблица 1. Вычисления значений вероятностей  $p_0$ ,  $p_1$ .

n	$p_0 = p_1$
32	$2^{-32}$
64	$2^{-64}$
128	$2^{-128}$
256	$2^{-256}$
512	$2^{-512}$

Вычислим значения параметра секретности  $\varepsilon$ . Вычисления будут производиться для каждого значения длины блока сообщений. Вычисления представлены в таблице 2.

Таблица 2. Вычисления значений вероятностей  $\varepsilon$

n	$m_1 = 10^4$	$m_2 = 10^5$	$m_3 = 10^6$	$m_4 = 10^7$	$m_5 = 10^8$
32	$2^{-19}$	$2^{-15}$	$2^{-12}$	$2^{-9}$	$2^{-5}$
64	$2^{-51}$	$2^{-47}$	$2^{-44}$	$2^{-41}$	$2^{-37}$
128	$2^{-115}$	$2^{-111}$	$2^{-108}$	$2^{-105}$	$2^{-101}$
256	$2^{-243}$	$2^{-239}$	$2^{-236}$	$2^{-233}$	$2^{-229}$
512	$2^{-499}$	$2^{-495}$	$2^{-492}$	$2^{-489}$	$2^{-485}$

Можно отметить, что с ростом длины ключа, секретность алгоритма улучшается. Также при увеличении длины блока данных значение показателя секретности увеличивается, что означает худшую стойкость системы. Допустимые значения вероятностей имитации и подмены и показателя секретности проявляются при длине ключа не менее 256 бит. Это минимальное значение длины ключа, обеспечивающее надежную защиту целостности данных.

## Заключение

Предлагаемая в данной статье методика позволяет численно оценить и сравнить показатели секретности кода аутентификации сообщений. Она может быть использована при построении схем защищенных сетей связи для обеспечения наилучшего выбора алгоритма сохранения целостности данных. Предполагается, что методика позволит оптимизировать процесс выбора алгоритма аутентификации и учесть большинство предъявляемых требований к средствам защиты информации.

## Список используемых источников

1. Зубов А. Ю. Коды аутентификации с секретностью (обзор) / А. Ю. Зубов // Математические вопросы криптографии том 8, выпуск 3. М., 2017. С 5–40. DOI: <https://doi.org/10.4213/mvk230>
2. Зубов А. Ю. Почти совершенные шифры и коды аутентификации / А.Ю. Зубов // Прикладная дискретная математика № 4 (14). М., 2011. С. 28–33.
3. Рацеев С. М. О совершенных имитостойких шифрах / С. М. Рацеев // Математические методы криптографии, ПДМ, Ульяновский государственный университет. Ульяновск, 2012. С. 41–46.
4. Коржик В. И. Основы криптографии: учебное пособие / В. И. Коржик, В. П. Просяхин, В. А. Яковлев; рец.: Р. Р. Биккенин, Б. В. Изотов // СПб.: СПбГУТ, 2014. 277 с.: ил. ISBN 978-5-89160-097-3
5. Зубов А. Ю. О понятии  $\varepsilon$ -совершенного шифра / А.Ю. Зубов // Прикладная дискретная математика. М., 2016. № 3 (33). С. 45–52.

*Статья представлена научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом С. Н. Шемякиным.*

УДК 004.732

**В. С. Елагин** (к. т. н, доцент кафедры ИКС, СПбГУТ)

**С. В. Кисляков** (к. т. н, доцент кафедры ИКС, СПбГУТ)

**Д. А. Чекалов** (студент гр. ИКТС-33М, СПбГУТ),

[chekslovda.psk@gmail.com](mailto:chekslovda.psk@gmail.com)

## ВНЕДРЕНИЕ OSS-СИСТЕМЫ В КОНЦЕПЦИЮ SEBA/VOLTHA ДЛЯ УЧЕТА НА СЕТЯХ МУЛЬТИВЕНДОРНОГО ДОСТУПА

*В сфере IT широкополосный доступ играет ключевую роль на современном этапе развития технологий передачи данных и оптического оборудования. Из-за роста числа клиентов и генерируемого трафика IT-сервисов поставщики услуг и операторы IP-связи сталкиваются с проблемами быстрого развертывания новых серверов для балансировки загрузки их сетей. Для обеспечения качественного предоставления услуг связи и управления доступом к интернет-сервисам поставщики услуг стремятся унифицировать процесс, используя для взаимодействия между компонентами сети единые протоколы, а теперь и дезагрегируя программное обеспечение самих компонентов на сети. Одна из важных задач, стоящих перед операторами связи, состоит во внедрении OSS-системы для учета телекоммуникационных ресурсов в сети доступа, поэтому необходимо сформулировать те требования, которым должна соответствовать эта система.*

*широкополосный доступ, PON, SEBA/VOLTHA, OSS, ONF, FTTB, OLT, SDN-коммутатор, ONOS*

**Elagin V., Kislyakov S., Chekalov D.** Implementation of OSS-System in SEBA/VOLTHA Concept for Accounting on Multivendor Access Networks.

*In the IT sphere, broadband access plays a key role at the current stage of development of data transmission technologies and optical equipment. Due to the growth in the number of clients and generated traffic of IT services, service providers and IP communication operators face problems of rapid deployment of new servers to balance the load of their networks. To ensure high-quality provision of communication services and access control to Internet services, service providers strive to unify the process, using uniform protocols for interaction between network components, and now disaggregating the software of the components themselves on the network. One of the important tasks facing communication operators is the implementation of an OSS-system for accounting of telecommunication resources on the access network, therefore it is necessary to formulate the requirements that this system must meet.*

**Key words:** broadband access, PON, SEBA/VOLTHA, OSS, ONF, FTTB, OLT, SDN switch, ONOS

## Традиционное управление оптической сетью и ее недостатки

В традиционном использовании широкополосного доступа с использованием оптических технологий основной принцип – это подключение определенного количества оптических модемов (ONT) к Optical Line Terminal (OLT), установленных у клиентов в помещениях по технологии FTTH (рис. 1). Управление такой сетью происходит непосредственно на оборудовании

OLT через ACS-сервер по протоколу OMCI. Однако, есть проблема с управлением доступом, поскольку каждая технология доступа имеет свои протоколы, а различия между поставщиками и технологиями могут создавать несовместимость в централизованных системах OSS оператора связи. Хорошим решением было, если бы все поставщики оборудования для одной технологии предоставляли одинаковый интерфейс управления, но это не всегда возможно. В данной работе предполагается описать требования к внедряемой в концепцию виртуализированного доступа SEBA/VOLTHA OSS-системы для управления операционными процессами, учета и планирования телекоммуникационных ресурсов.

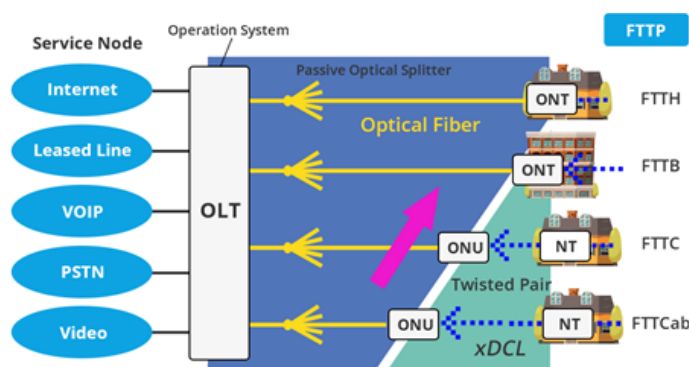


Рис. 1. Архитектура сети доступа по технологии FTТх

### Виртуализация доступа с помощью SEBA и VOLTHA на сети оператора связи и требования, которые предъявляются к внедряемой OSS-системе

SEBA – это архитектура виртуализированного доступа, представленная ONF (Open Networking Foundation), которая позволяет обеспечить широкополосный доступ с использованием программного обеспечения через виртуализацию управления сетью и облачности для сетей широкополосного доступа на основе PON в FTTH развёртываниях. Проект внедряет несколько новшеств, включая переформатирование центрального офиса в ЦОД, используя технологии SDN (ONOS), NFV и облачных технологий. SEBA поддерживает транзитную связь и оптимизирован для прямого прохода трафика к магистральной сети без обработки VNF на сервере [1, 2]. Он основан на открытом коде Kubernetes, интегрируется с OSS-системой. SEBA является основой для архитектуры управления VOLTHA. Интегрированная система OSS должна отвечать за следующие функции:

1) сбор аварийных событий и устранение неисправностей. В данном случае предоставление клиенту альтернативного маршрута для передачи трафика, если авария произошла не на физическом уровне, т. е. с оптоволоконным кабелем распределительной сети. Тогда необходимо найти место нарушения конструкционной целостности и потребуются выезд специалиста-монтажника на место аварии. Но в большинстве случаев аварии имеют



не физическую, а логическую природу (сбой в функционировании программ маршрутизаторов, SDN-коммутаторов, OLT и т. д.);

2) сбор и предоставление в виде отчета ключевых параметров производительности сетевых элементов. На основании данных параметров система OSS должна отслеживать ошибки в функционировании систем с ШПД и выдавать предупреждения оператору;

3) контроль выполнения SLA и предбиллинг. Например, накопление данных и дальнейшая их обработка. Такая задача становится более актуальной, так как новые SFP модули на OLT позволяют подключать не только 128 абонентов на порт, но и 256, и 512. Следовательно, когда у нас тысячи записей с оборудования, выбрасывать все эти записи в детализацию абонента – полнейшее безумие, не говоря уже о том, что это сильно перегружает систему большим количеством мелких данных. По этой причине подойдет следующая схема, которая разрешает проблему:

- получение данных с оборудования;
- агрегация данных на предбиллинге (ждем, когда соберутся все нужные записи по какому-либо условию);
- отправка данных в конечный биллинг.

В итоге – вместо 10 тысяч записей будет сформирована только одна с агрегирующим значением счетчика потребленного интернет-трафика. Сделали всего один запрос к базе данных;

4) сбор и предоставление в виде отчета ключевых параметров производительности сетевых элементов.

VOLTHA (Virtual OLT Hardware Abstraction) – это проект, связанный с SEBA, который предназначен для управления оптическими сетями PON и XGS-PON. Он представляет собой общую систему управления сетью PON, на которой базируется кластер ONOS (рис. 2) с различными приложениями, предоставляющими услуги PON. VOLTHA взаимодействует с кластером ONOS для обеспечения работы сетевых сервисов и приложений, в то время как сам отвечает за управление OLT и ONT. Для взаимодействия между этими системами используется протокол OpenFlow (рис. 3). Все компоненты проекта VOLTHA развернуты в контейнерах с использованием Kubernetes, аналогично ONOS. Подключенные сетевые устройства выглядят как программируемые коммутаторы SDN [3, 4]. На OLT установлен Агент OpenOLT, который предоставляет интерфейс управления на основе gRPC. VOLTHA использует этот агент через адаптер OpenOLT (рис. 3) [5, 6]. Также создаются несколько кластеров: etcd кластер для надежного хранения данных и кластер kafka для обмена данными между микросервисами и отправки файлов с отчетами о работе системы за определенный период. VOLTHA предоставляет API для взаимодействия с ONOS, что позволяет сети PON быть управляемыми как программируемые коммутаторы для контроллера SDN. С оборудованием PON VOLTHA взаимодействует через адаптеры OLT и ONT, используя специфические протоколы поставщиков.

Связь с OSS системой может осуществляться через API через кластер ONOS.

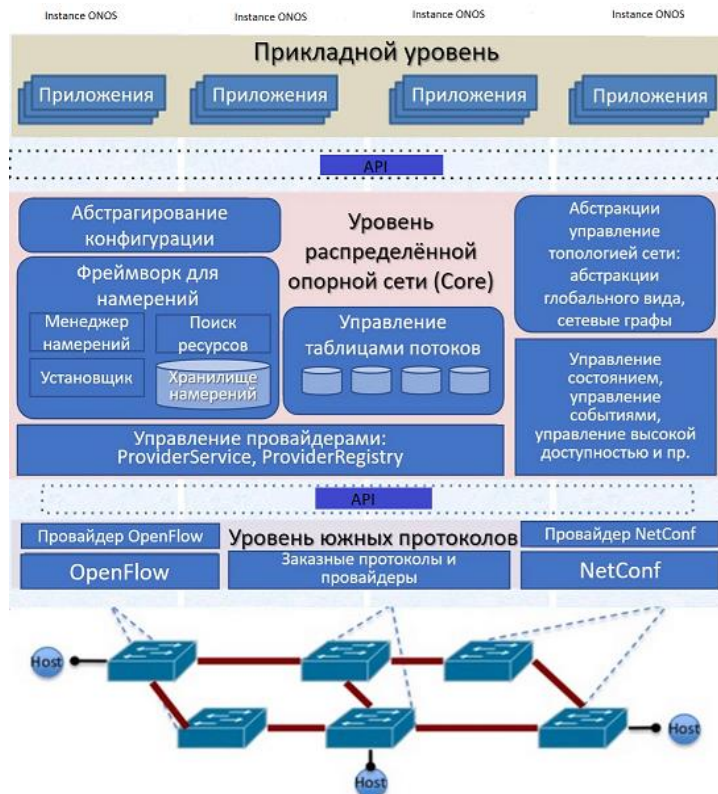


Рис. 2. Архитектура ONOS

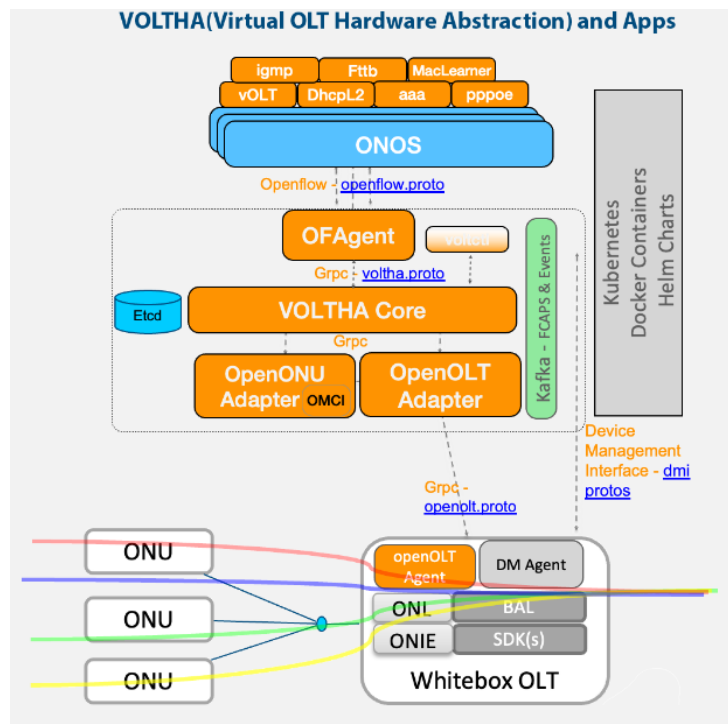


Рис. 3. Структура VOLTHA

## Выводы и перспективы применения данного программно-управляемого решения с добавлением OSS-систем на сетях с иным видом доступа

В итоге, цель проекта VOLTHA заключается в отделении эксплуатанта системы управления сетью PON (провайдера) от конкретных аппаратных устройств PON различных вендоров, и их интеграции в центральный офис поставщика услуг. В свою очередь, интегрированная система OSS будет автоматически регулировать сбор аварийных событий и инцидентов, уведомляя о требующих внимания техническую поддержку, а невостребованную статистику архивировать и по истечению определенного времени удалять во избежание переполнения дискового пространства облачного хранилища. Это позволяет поставщику рассматривать предоставление высокоскоростного доступа как сервиса, управляемого из центрального офиса с максимальной автоматизацией процесса управления подобной облачной инфраструктурой и автоматическим развертыванием дополнительных контейнеров в кластере при возрастании нагрузки. Исходно планировалось использовать концепцию кластеризации SEBA только для оптоволоконных сетей с управлением компонент такой сети через VOLTHA, однако возможность использовать SDN-коммутатор (ONOS) позволяет применять и другие типы доступа. Поэтому ONF предполагает, что в дальнейшем другие типы сетей доступа также будут включены в концепцию SEBA.

### Список используемых источников:

1. Сайт ONF: SEBA/VOLTHA. URL: <https://opennetworking.org/voltha/> (дата обращения 21.10.2023).
2. Berde P. et al. ONOS: towards an open, distributed SDN OS // Proceedings of the third workshop on Hot topics in software defined networking. 2014. PP. 1–6.
3. Koyasako Y. et al. Motion control system with time-varying delay compensation for access edge computing // IEEE Access. 2021. Vol. 9. PP. 90669-90676.
4. Das S. From CORD to SDN enabled broadband access (SEBA)[Invited Tutorial] // Journal of Optical Communications and Networking. 2021. Vol. 13. №. 1. PP. A88–A99.
5. ITU-T-рекомендация: ITU-T SG 15. URL: <https://www.itu.int/md/T17-SG15-190701-TD-WP1-0395> (дата обращения 20.10.2023).
6. GitHub. Агент OpenOLT на терминалах оптических линий (OLT). URL: <https://github.com/opencord/openolt> (дата обращения 21.10.2023).

УДК 004.7

**В. С. Елагин** (и. о. декана факультета ИКСС, СПбГУТ)

**Е. В. Чипсанова** (аспирант группы 2215А-23, СПбГУТ), [lenschip@mail.ru](mailto:lenschip@mail.ru)

## МЕТОДЫ РАЗГРУЗКИ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СИСТЕМАХ MEC

*В данной статье будут рассмотрены методы разгрузки вычислений для систем граничных вычислений со множественным доступом. Методы, используемые в статье, относятся к группе обучения с подкреплением. Будут проанализированы три метода, их описание и результаты. Из всех методов будет выбран наиболее актуальный для релевантных запросов инфокоммуникационных сетей с использованием системы граничных вычислений со множественным доступом.*

*разгрузка вычислений, MEC, машинное обучение, DRL, DQL, OL*

**Elagin V., Chipsanova E.** Methods of Offloading Computations in Mec Systems.

*This article will consider methods of offloading computations for edge computing systems with multiple access. The methods used in the article belong to the reinforcement learning group. Three methods, their description and results will be analyzed. Of all the methods, the most relevant one will be selected for relevant queries of infocommunication networks using the edge computing system with multiple access.*

**Key words:** offloading computations, MEC, machine learning, DRL, DQL, OL

### Reinforcement learning (RL)

Методика обучения с подкреплением представляет собой метод тренировки путем проб и ошибок, основанный на теории управления, с «поощрениями» и «наказаниями» за последовательность действий. Для построения модели возможных прогнозов действия и вознаграждения необходимо изучить множество действий. Эти рассмотренные действия придется повторить много раз, прежде чем определить их силу. Поэтому необходимо найти баланс между исследованием новых возможных действий и вероятностью неудачи в результате этих действий. Элементы RL включают политику, критику, вознаграждение и модели.

Процесс модели обучения с подкреплением показан на рис. 1 [1]. В каждый момент времени  $t$  агент, находящийся в состоянии  $s_t$ , получает вознаграждение за наблюдение  $r_t$ . Затем выбирает действие из поля действий  $\alpha$  с лучшей наградой среди существующих. Затем он переходит в состояние  $s_{t+1}$  с вознаграждением  $r_{t+1}$ . Эта модель в основном фокусируется на поиске компромисса между исследованием неизвестного пространства и использованием общедоступных знаний.

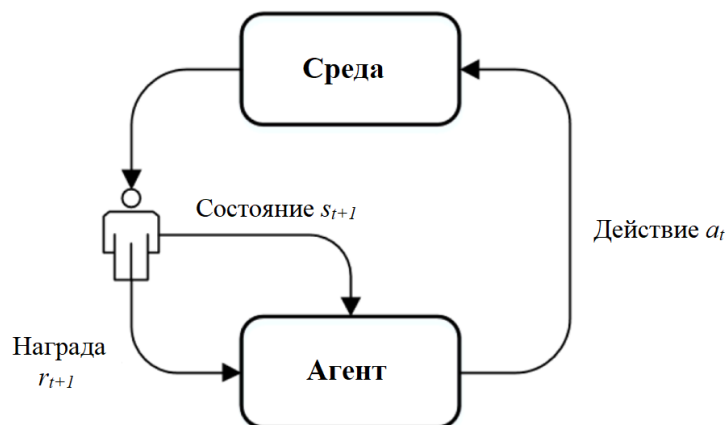


Рис. 1. Процесс модели обучения с подкреплением

Метод обучения с подкреплением делится на две подгруппы: методы без моделей и методы на основе моделей. Первый обычно действует как неточная модель, включает в себя: Q-обучение, глубокое Q-обучение и глубокую Q-сеть (или глубокое обучение с подкреплением). Второй действует как функция перехода, метод проб и ошибок и алгоритмы планирования. Включает в себя: онлайн-обучение и глубокое обучение.

## 1. Deep Reinforcement Learning (DRL)

Авторы в [2] применили глубокое обучение с подкреплением (DRL) для реализации своей модели. Они разделили запросы вычислений автомобильной системы на различные типы для решения проблем ограничения ресурсов путем совместного использования ресурсов, используя алгоритм распределения ресурсов на основе DRL. Чтобы минимизировать задержку используемой системы, они оптимизируют свою модель, используя процесс принятия решений Маркова.

*Результаты исследования.* Предложенный метод может обеспечить высокую производительность с точки зрения эффективного использования времени, что указывает на осуществимость и эффективность предлагаемой системы. Однако, глубокое обучение с подкреплением сильно зависит от обучающих данных. Как только данные изменяются, меняется и правило перехода состояний, сеть необходимо переобучить.

## 2. Deep Q-learning (DQL)

В данном подходе [3] авторы использовали Deep Q-Learning (DQL). Из-за динамического поведения транспортных сетей они предложили свой алгоритм DQL для минимизации времени разгрузки задач и разгрузки вычислений в таких средах. Они сформулировали задачу минимизации времени

обработки при ограничениях задержки (PTMDC), чтобы найти лучший профиль решения по разгрузке и уменьшить сумму времени обработки задач при ограничениях задержки.

*Результаты исследования.* Общее время обработки и тактовая частота ЦП серверов МЕС: метод DQL может достичь минимального времени обработки вычислительных задач. Также, время локального выполнения не меняется в зависимости от частоты циклов ЦП серверов МЕС, так как для локальных вычислений не требуются вычислительные мощности серверов МЕС. Кроме того, общее время обработки, полученное с помощью алгоритма DQL, уменьшается с увеличением частоты цикла ЦП серверов МЕС.

### 3. Online Learning (OL)

Авторами был предложен метод обучения на основе утилит (UL) [4], который основан на мульти-агентном онлайн обучении с подкреплением (RL) для выбора оптимального решения в соответствии с глобальными знаниями. Этот метод подходит для плотных, динамически изменяющихся автомобильных сетей с целью поддержки распределенных сервисов реального времени.

Для таких услуг они сформулировали свою модель DRSS, исследовав требования к задержке, неоднородность вычислительных возможностей МЕС и мобильность транспортных средств. Принятие оптимального решения возможно путем создания служебной таблицы, которая содержит прогнозируемую задержку запросов на обслуживание перед обработкой на каждом сервере МЕС и будет постоянно обновляться.

*Результаты исследования.* Метод UL может эффективно распределять услуги, применяя полученную информацию о задержке. Данный подход оптимально справляется с потоком данных при высокой нагрузке на трафике, что положительно сказывается на времени отклика сервера МЕС. Что касается масштабируемости сети, скорость обработки остается стабильной при ее увеличении, это говорит о гибкости топологии и возможности ее расширения в дальнейшем. Кроме того, метод UL показывает лучшие результаты при распределении ресурсов между серверами МЕС.

#### Анализ актуальности рассмотренных подходов

Для того, чтобы провести анализ, выделим положительные и отрицательные стороны каждого метода обучения, общее сравнение методов можно увидеть в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение трех методов машинного обучения.

Критерии	Методы обучения		
	DRL	DQL	OL
Наличие моделей	Без моделей	Без моделей	Основан на модели
Механизм обучения	Q-learning	Q-learning	Online learning
Достоинства	Классификация задач на типы; минимальная сложность; работа с многомерными данными	Обработка данных высокой динамичности	Масштабируемость; Таблица решений на сервере MEC
Недостатки	Зависимость от обучающих данных	Перегрузка RSU	Не подходит для суровых регионов

Все три метода относятся к механизмам обучения с подкреплением, основой которых является обучение принятию решений, что осуществляется методом проб и ошибок.

Методы показали свою эффективность для узких направлений применения, однако нам нужно выбрать наиболее актуальный подход для решения следующих задач: допустимое время простоя, оптимальный баланс нагрузки, а также работа при разнообразных условиях окружающей среды.

Таким образом, для решения проблемы минимизации задержки, а также улучшения качества обслуживания, наиболее подходящим инструментом будет метод DRL.

#### Список используемых источников

1. Shakarami A., Ghobaei-Arani M., Shahidinejad A. A survey on the computation offloading approaches in mobile edge computing: A machine learning-based perspective // Computer Networks, 2020. Vol. 182, 107496.
2. Wang G., Xu F. Regional Intelligent Resource Allocation in Mobile Edge Computing Based Vehicular Network // IEEE Access. 2020. Vol. 8. PP. 7173-7182.
3. Han S., Ye L., Meng W. A Reinforcement Learning Based Task Offloading Scheme for Vehicular Edge Computing Network // Artificial Intelligence for Communications and Networks, 2019. Vol. 287. Chapter 38. PP. 438–449.
4. Dai P., Liu K., Wu X., Xing H., Yu Z. and Lee V. C. S. A Learning Algorithm for Real-Time Service in Vehicular Networks with Mobile-Edge Computing // International Conference on Communications (ICC), 2019. PP. 1-6.



УДК 004.056.53

Д. С. Кирилова (студентка группы ИКТЗ-31м, СПбГУТ),  
[dianka-kirilova-2001@mail.ru](mailto:dianka-kirilova-2001@mail.ru)

## КРИТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА: УЯЗВИМОСТИ, УГРОЗЫ И ЗАЩИТА

*В современном информационном обществе, где цифровые технологии играют ключевую роль, безопасность данных становится приоритетом. Одним из важных аспектов обеспечения безопасности является критическая информационная инфраструктура, которая обеспечивает функционирование основных систем и сервисов. В данной статье исследуются уязвимости и угрозы, с которыми сталкивается критическая информационная инфраструктура, а также предлагаются методы защиты от потенциальных атак. Анализ основных видов уязвимостей, включая кибератаки, технические сбои и человеческие ошибки, позволяет лучше понять сложность современных вызовов в области кибербезопасности. Путем изучения принципов функционирования и применения технических решений, в статье предлагаются практические рекомендации для обеспечения стабильности и защиты критически важных информационных систем.*

*критическая информационная инфраструктура, кибербезопасность, уязвимости, защита данных*

**Kirilova D.** Critical Information Infrastructure: Vulnerabilities, Threats and Protection.

*In the modern information society, where digital technologies play a key role, data security is becoming a priority. One of the important aspects of security is the critical information infrastructure, which ensures the functioning of the main systems and services. This article examines the vulnerabilities and threats that critical information infrastructure faces, and proposes methods of protection against potential attacks. An analysis of the main types of vulnerabilities, including cyberattacks, technical failures and human errors, allows us to better understand the complexity of modern challenges in the field of cybersecurity. By studying the principles of operation and application of technical solutions, the article offers practical recommendations for ensuring the stability and protection of critical information systems.*

**Key words:** critical information infrastructure, cybersecurity, vulnerabilities, data protection

В современном цифровом мире критическая информационная инфраструктура (КИИ) играет ключевую роль в обеспечении стабильности и функционирования различных секторов общества, таких как энергетика, финансы, здравоохранение и транспорт. Однако, с увеличением зависимости от информационных технологий, возрастает их уязвимость к различным угрозам и атакам.

В данной статье представлен обзор проблематики безопасности КИИ. Рассматривается значимость КИИ для современного общества и выделяются основные аспекты, влияющие на ее уязвимость.

КИИ представляет собой совокупность информационных систем, сетей, баз данных и других технологических ресурсов, которые играют критическую роль в обеспечении функционирования секторов общества и национальной безопасности [1].

Субъектами КИИ являются государственные органы, учреждения и российские юридические лица (или индивидуальные предприниматели), обладающие на праве собственности, аренды или иных законных основаниях следующими активами:

- информационные системы;
- информационно-телекоммуникационные сети;
- автоматизированные системы управления.

Кроме того, субъектами КИИ являются организации, которые обеспечивают взаимодействие указанных систем или сетей.

К объектам КИИ относятся:

- информационные системы субъектов КИИ;
- информационно-телекоммуникационные сети субъектов КИИ;
- автоматизированные системы управления субъектов КИИ [2].

Важной характеристикой КИИ является ее критичность, то есть значимость для безопасности и жизнеспособности государства или общества в целом. Это подразумевает, что любое нарушение или сбой в работе таких систем может иметь серьезные последствия для экономической стабильности, общественной безопасности и общественного благосостояния [3].

Уязвимости КИИ включают разнообразные факторы, которые могут привести к нарушению нормального функционирования и угрозам для безопасности. Некоторые из них включают в себя:

1. Кибератаки: различные виды атак, такие как DDoS-атаки (атаки на отказ в обслуживании), взломы, вирусы и вредоносное программное обеспечение, направленные на выведение из строя или несанкционированный доступ к системам КИИ.

2. Технические сбои: неполадки в аппаратуре, программном обеспечении или сетевых коммуникациях могут привести к недоступности или неправильному функционированию критически важных систем.

3. Человеческие ошибки: некорректное обращение с данными, неправильная настройка систем, недостаточное обучение персонала или пренебрежение правилами безопасности.

4. Физические атаки: взломы объектов инфраструктуры, уничтожение оборудования или атаки на транспортировку информационных ресурсов.

5. Естественные бедствия: природные явления, такие как землетрясения, наводнения или пожары.

Угрозы для критической информационной инфраструктуры могут быть разделены на три основные категории, каждая из которых представляет серьезные проблемы для безопасности и непрерывности работы систем [4]:

1. Потеря конфиденциальности данных: эта угроза заключается в несанкционированном доступе к конфиденциальной информации, что может привести к утечкам, краже или неправомерному использованию данных. Например, кибератаки, включая хакерские атаки или внутренние угрозы, могут привести к компрометации критически важных и конфиденциальных данных, таких как персональные данные клиентов, финансовая информация или данные относящиеся к государственной тайне.

2. Нарушение целостности информации: эта угроза связана с возможностью изменения или подделки данных без разрешения. Например, злоумышленники могут внедрить вредоносное программное обеспечение, чтобы модифицировать данные или вмешаться в их передачу, что может привести к искажению информации и потере доверия к системам.

3. Угрозы для доступности информации: эта угроза касается недоступности критически важных систем или данных в результате кибератак, технических сбоев или других событий. Недоступность информации может нанести серьезный ущерб бизнес-процессам, государственным службам или общественной безопасности, оставляя системы без возможности нормального функционирования.

Методы защиты КИИ включают в себя ряд стратегий и практик, направленных на обеспечение безопасности и непрерывности работы систем. Некоторые из основных методов защиты включают в себя:

1. Кибербезопасность: это комплекс мер и технологий, направленных на защиту информационных систем от киберугроз, а именно применение систем IPS/IDS, межсетевых экранов, антивирусного программного обеспечения и шифрования данных.

2. Управление рисками, обеспечивающее определение потенциальных угроз, а также разработку стратегий по управлению рисками и реализацию мер по их снижению.

3. Планирование реагирования на чрезвычайные ситуации в системе позволяет ускорить процесс восстановления работоспособности инфраструктуры. Рекомендуется проводить периодические тренировки персонала по действиям в случае инцидентов, а также тестирование планов и обновление процедур в соответствии с обновлением баз угроз и требований к обеспечению защиты критических информационных инфраструктур.

Для повышения уровня защищенности критической информационной инфраструктуры рекомендуется принять следующие меры:

1. Регулярный аудит безопасности как самой системы, так и ее компонентов.

2. Многоуровневая защита, включающая в себя использование криптографических средств защиты (межсетевые экраны, криптошлюзы, токены) совместно с организационными мерами по защите информации.

3. Обучение персонала играет очень важную роль в обеспечении информационной безопасности инфраструктуры. Необходимо проводить

ознакомление сотрудников с основами кибергигиены, систематические проверки знаний. Для профильных специалистов рекомендуется проходить курсы для повышения квалификации. Руководителям подразделений необходимо проводить тренинги для сотрудников по реагированию на инциденты информационной безопасности.

4. Регулярное обновление и обслуживание компонентов критической информационной инфраструктуры. Поддержание актуальной версии программного и аппаратного обеспечения, а также периодическое проведение пентестов и контроля защищенности системы с помощью динамического и статического анализа кода позволит обеспечить конфиденциальность, целостность и доступность данных в системе.

5. Разработка и регулярное обновление планов реагирования на чрезвычайные ситуации в соответствии с изменяющимися требованиями информационной безопасности для критических информационных инфраструктур и систем, обрабатывающих конфиденциальную информацию.

Эти практические рекомендации представляют собой основные шаги, которые организации могут предпринять для обеспечения безопасности своей критической информационной инфраструктуры в условиях современной уязвимой к угрозам среды.

В заключение, обеспечение безопасности критической информационной инфраструктуры является сложным и многогранным процессом, требующим системного подхода и внимания к деталям. Постоянное развитие и совершенствование методов защиты, а также готовность к адаптации к изменяющимся условиям и угрозам, являются ключевыми факторами для обеспечения стабильности и надежности КИИ в современном мире.

#### Список используемых источников

1. Приказ ФСТЭК от 25 декабря 2017 г. N 23 «Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации.

2. Региональные системы. 187 – Ф3. Безопасность объектов КИИ организации: // URL: [https://www.ec\\_rs.ru/blog/all/187\\_fz\\_bezopasnost\\_obektov\\_kriticheskoy\\_informatsionnoy\\_infrastruktury\\_organizatsii/](https://www.ec_rs.ru/blog/all/187_fz_bezopasnost_obektov_kriticheskoy_informatsionnoy_infrastruktury_organizatsii/) (Дата обращения: 24.05.2024).

3. Шемякин С. Н. Критическая информационная инфраструктура / С. Н. Шемякин, А. М. Гельфанд, Г. А. Орлов // Наука и инновации - современные концепции: Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума, Москва, 17 января 2020 года / Отв. ред. Хисматуллин. Д. Р. М.: Инфинити, 2020. С. 114–118.

4. Кривоносов И. М. Критическая информационная инфраструктура - новые понятия и аспекты безопасности в современных реалиях / И. М. Кривоносов, А. Е. Дерновой // Гидротехника, 2023. № 2 (71). С. 54–56. DOI 10.55326/22278400\_2023\_2\_54. EDN LZQKLN

*Статья представлена научным руководителем, доцентом кафедры ИБКС СПбГУТ, кандидатом технических наук, доцентом Кушиным Д. В.*

УДК 004.056

**В. А. Кравцова** (студентка группы ИКТЗ-31м, СПбГУТ),  
[kravtsova\\_valeria@mail.ru](mailto:kravtsova_valeria@mail.ru)

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ АТАК НА ОБЪЕКТЫ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

*Невозможно представить современное общество без электричества, энергетики или других областей, обеспечивающих комфортный уровень жизни людей, именно поэтому, данные объекты являются особенно интересными для атакующих стран, организаций или группировок при наличии военного конфликта, а также иных конфронтационных ситуаций. Уровень информационной безопасности данных объектов определяется на основании определения значимости причиненного ущерба для государства. В данной статье будут рассмотрены атаки, осуществляемые на разные категории объектов критической информационной инфраструктуры.*

*критическая информационная инфраструктура, вектор атаки, уязвимости, хакеры*

**Kravtsova V.** Analysis of Attack Methods on Critical Information Infrastructure Objects.

*It is impossible to imagine modern society without electricity, energy or other areas that provide a comfortable standard of living for people, which is why these objects are especially interesting for attacking countries, organizations or groups in the presence of a military conflict, as well as other confrontational situations. The level of information security of these objects is determined based on determining the significance of the damage caused to the state. This article will consider attacks carried out on different categories of critical information infrastructure objects.*

**Key words:** critical information infrastructure, attack vector, vulnerabilities, hackers

В 2023 году количество атак на объекты критической информационной инфраструктуры (КИИ) увеличилось на 16 %, достигнув 65 тысяч, причем большинство атак являются таргетированными. Во время массового перехода сотрудников организаций на удаленный формат работы стали популярны атаки на виртуальные приватные туннели, выстроенные для работы. Использование вредоносного программного обеспечения (ВПО) и искусственного интеллекта (ИИ) для автоматического сканирования систем на уязвимости также возросло, включая создание вирусов с помощью нейросети ChatGPT, что привело к увеличению фишинговых писем [1]. Фишинг остается основным методом злоумышленников, составляя большую часть атак благодаря своей дешевизне и массовости. Каналом социальной инженерии чаще всего служит электронная почта, где злоумышленники используют вложения с вредоносными ссылками и файлами. Атаки на промышленные предприятия в основном идут через промышленные протоколы, что требует специфических мер безопасности для защиты. В большинстве организаций выявлено отсутствие защиты от атак ARP Cache

Poisoning, а в более половины – недостатки защиты от NBNS и LLMNR атак. Эти атаки позволяют злоумышленникам перехватывать и модифицировать сетевой трафик. Отсутствие защиты этих протоколов чревато атаками типа LLMNR Spoofing и NBNS Spoofing. В результате эти атаки могут дать внутреннему злоумышленнику доступ к идентификаторам и хешам паролей пользователей. Сложность таких атак невысока, и для них можно использовать общедоступные утилиты, как Responder. С помощью этой утилиты были получены учетные данные локального администратора на одной трети исследованных объектов.

Доступные в открытом виде важные данные, такие как учетные записи, исходный код веб-приложений и персональные данные пользователей, могут быть использованы злоумышленниками для атак. Обладая исходным кодом, нарушитель способен проводить анализ приложения методом белого ящика. Недопустимо использование стандартных и словарных паролей для привилегированных пользователей.

При атаках в локальных вычислительных сетях (ЛВС) злоумышленник может использовать свои привилегии для сохранения дампа памяти процессов операционной системы и получения чувствительной информации

При компрометации цепочки поставок (supply chain) атака может происходить не напрямую через организацию, а через ее подрядчика, который часто менее защищен и имеет доступ к инфраструктуре конечной цели. Поэтому важно учитывать уровень безопасности подрядчиков и организовывать их безопасный доступ к системе [2]. Профессиональные злоумышленники часто применяют такие атаки, и их количество растет каждый год. Фишинг же используется лишь в 2 % случаев.

Угрозы могут привести к остановке или нарушению функционирования значимых объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) и соответствующих процессов, а также к утечкам безопасности информации (доступности, целостности и конфиденциальности). Это может иметь серьезные последствия для здоровья людей, экологии и экономики

Системы обеспечения информационной безопасности (СОИБ) фиксируют и реагируют на инциденты, стремясь минимизировать последствия неправомерных действий.

Злоумышленники могут нарушить работу КИИ в России следующими способами:

1. Применение вредоносных программ для управления SCADA-системами, что позволяет находить уязвимости и изменять настройки значимых объектов КИИ, вызывая сбои в автоматизированных системах управления
2. Нарушение целостности процессов, когда сотрудник корректирует код программного обеспечения, что приводит к сбоям в передаче информации по телекоммуникационным сетям.

Разглашение сотрудниками информации об объектах КИИ (например, список объектов, их значимость и возможные последствия) или несанкционированные изменения в них (например, отключение антивируса на сервере управления химическим реактором) также считаются атаками [3]. Неправомерное воздействие на значимые объекты и процессы влечет уголовную ответственность в соответствии со статьей 274.1 «Неправомерное воздействие на критическую информационную инфраструктуру Российской Федерации». Таким образом, действия против КИИ регулируются нормативными актами и подлежат уголовному преследованию.

Исследования показывают, что безопасность автоматизированных систем управления технологическими процессами и непрерывность производственных процессов напрямую зависят от эффективности управления сетями и сетевым оборудованием [4], а также от своевременного внедрения актуальных обновлений безопасности для используемого программного обеспечения. Эти функции в первую очередь возлагаются на администраторов систем, а контроль за их исполнением осуществляется специалистами по защите информации. К сожалению, в реальной практике требования по безопасности нередко выполняются частично или формально, например, только для соблюдения регуляторных норм. Причины этого могут быть как объективные (например, невозможность обновления программного обеспечения из-за несовместимости новых версий с другими важными системами), так и субъективные (недостаточная квалификация сотрудников, указания руководства, противоречащие нормам безопасности, а также нежелание администраторов создавать отдельные каналы для удаленного управления серверами).

#### Список используемых источников

1. Красов А. В., Шакин Д. Н., Лансере Н. Н. и др. Актуальные угрозы безопасности информации в сфере здравоохранения и офтальмологии // Офтальмохирургия, 2022. № S4. С. 92–101.
2. Гельфанд А. М., Казанцев А. А., Красов А. В., Орлов Г. А. Оценка рисков и угроз безопасности в среде "умный дом" // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IX Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.:СПбГУТ, 2020. Том 1. С. 316-321.
3. Красов А. В., Крылов А. В. Анализ уязвимостей в протоколах интернета вещей умных городов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. X Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.:СПбГУТ, 2021. Том 1. С. 541–545.
4. Миняев А. А., Красов А. В. Методика оценки эффективности системы защиты информации территориально-распределенных информационных систем // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. № 3. С. 26–32.

*Статья представлена научным руководителем, заведующим кафедрой ЗСС СПбГУТ, кандидатом технических наук, доцентом Красовым А.В.*



УДК 621.391.63

Г. Р. Лыков (студент учебной группы ИКМ – 32з), [kingim1@bk.ru](mailto:kingim1@bk.ru)

## ОПТИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ВОСС БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ

*Доклад посвящен исследованию однокаскадной схемы оптического усилителя EDFA с попутной, встречной и двунаправленной накачками на длинах волн 980 нм и 1480 нм в моделирующей программе Gain Master. По результатам исследований проведено сравнение перечисленных вариантов реализации EDFA, определены оптимальные длины эрбиевых оптических волокон и уровни мощности, длины волн накачки.*

*эрбиевое оптическое волокно EDF (ОВ), эрбиевый оптический усилитель EDFA, мощность накачки, коэффициент усиления, шум-фактор, энергетическая эффективность*

**Lykov G.** Optical Amplifiers for Long-Length Underwater VOSS.

*The report is devoted to the study of a single-stage optical amplifier circuit EDFA with co-current, counter-current and bidirectional pumping at wavelengths of 980 nm and 1480 nm in the Gain Master modeling program. Based on the results of the research, a comparison of the listed EDFA implementation options was carried out, optimal lengths of erbium optical fibers and power levels, pump wavelengths were determined.*

**Key words:** erbium optical fiber EDF (OV), erbium optical amplifier EDFA, pump power, gain, noise factor, energy efficiency

### Введение

Подводные волоконно-оптические системы связи (ВОСС) – основа межконтинентальных сетей связи [1, 2]. Их особенности: большая протяженность (десятки тысяч км), огромные объемы передаваемой информации, наивысшие скорости передачи, самые современные информационные технологии (DWDM, пространственное мультиплексирование, когерентный прием). Для реализации подводных ВОСС требуются специальные подводные оптические кабели (ОК), оптические волокна (ОВ) с улучшенными параметрами, новые технологии прокладки и монтажа. Результатом укрупненного проектирования подводной ВОСС должно быть техническое задание (ТЗ) на разработку усилительных пунктов (УП), содержащих несколько линейных ОУ, которые в значительной степени определяют параметры всей подводной ВОСС. В ТЗ должны быть определены коэффициенты усиления, ширина полосы усиливаемых длин волн, допустимая неоднородность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), требования к надежности (сроку службы) и конструкции. Необходимо минимизировать энергопотребление системы и уровень коэффициента шума. Особенности подводных

ОУ являются: малые входные и большие выходные мощности сигналов, широкополосность и многоканальность, малый коэффициент шума, высокая надежность, малое энергопотребление [1]. Первый этап создания ОУ - выбор эрбиевого ОВ, его длины, количества каналов, мощности и длины волн источников накачки, схемы энергоснабжения УП.

### Исходные данные и схема исследования

Количество каналов  $M = 80$ , скорость передачи  $B_c = 100$  Гбит/с, интервал между каналами  $\Delta_{vc} = 50$  Гбит/с ( $\Delta_{\lambda c} = 0.4$  нм). Схемы исследований ОУ с попутной и встречной накачкой в программе GainMaster [3] показаны на рис. 1. Схемы включают источники сигнала (Multiple Source), накачки (Pump1-980 нм), смеситель излучений сигнала и накачки (WDM), исследуемое ОВ (Er fiber), выравнивающий АЧХ оптический фильтр (Filter) и измерительный прибор (Probe), позволяющий измерять зависимости коэффициентов усиления и шума от длин волн каналов.

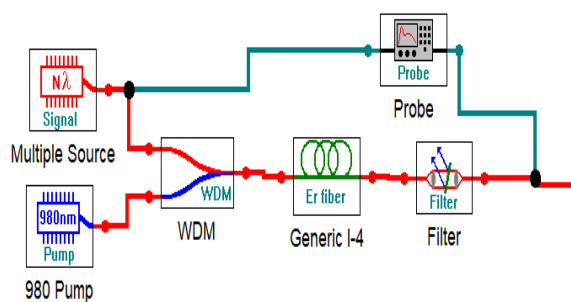


Рис. 1а. EDFA с попутной накачкой

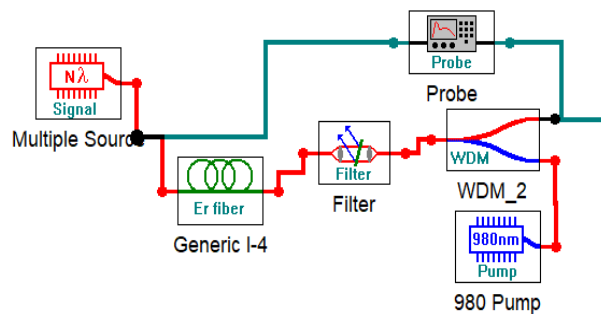


Рис. 1б. EDFA со встречной накачкой

### Цели исследования и критерии для сравнения вариантов

Целями исследований EDFA для подводной ВОСС с разными видами и длинами волн накачки являются:

- выбор наилучшей схемы EDFA, диапазона используемых длин волн сигнала для ВОСС и типа эрбиевого оптического волокна (EDF);
- оптимизация длины EDF ( $L_{edf}$ ) и уровня мощности  $P_p$  накачки при различных длинах волн  $\lambda_p$ .

Критериями выбора и оптимизации параметров EDFA являются: наибольшие значения коэффициента усиления  $g$  и выходной мощности  $P_{bix}$ , а также наименьшие значения уровня накачки и коэффициента шума  $N_f$ . Важным параметром качества EDFA является неоднородность его амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) усиления  $\Delta_g$ . Однако данная программа исследований предусматривает для каждого набора исходных данных расчет и установку в схемы EDFA параметров выравнивающего фильтра (Filter).

## Выбор диапазона используемых длин волн сигнала

Выбор диапазона для размещения  $M=80$  каналов DWDM производился в программе «Gain Master» [3] для ОВ EDF I-4, параметры которого приведены на рис. 2, для каждого набора исходных данных.

Критерием выбора диапазона длин волн было равенство сигналов на выходе EDF (рис. 3а) для первого и последнего каналов ВОСС. Результаты выбора диапазона приведены в таблицах 1, 4 и 5.

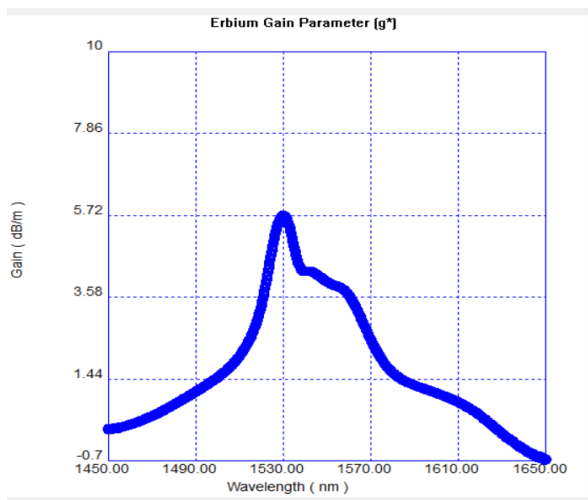


Рис. 2а. Усиление в волокна EDF I-4

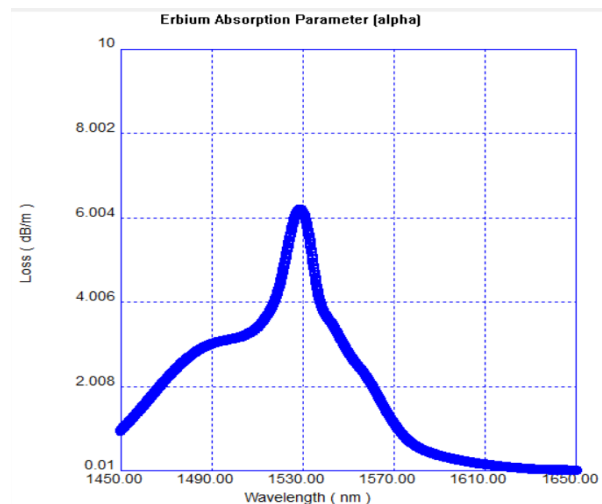


Рис. 2б. Потери в волокне EDF I-4

## Синтез оптического фильтра (ОФ) выравнивающего АЧХ ОУ

Для решения этой задачи для каждого варианта исходных данных массив значений  $P_{\text{bix}}(\lambda_i)$  в виде текстового файла передавался в программу MathCad [4], где производился расчет коэффициентов передачи  $K(\lambda_i)$  ОФ для выравнивания АЧХ EDFA. Затем полученный массив значений  $K(\lambda_i)$  записывался в качестве параметров ОФ в программу «Gain Master». На рис. 3б показаны сигналы на выходе синтезированного ОФ для EDFA с попутной накачкой для EDF I-4 длиной 14 м.

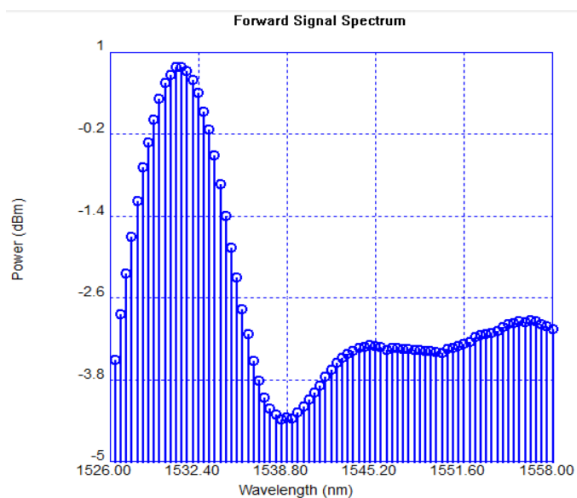


Рис. 2а. АЧХ EDFA без выравнивающего ОФ

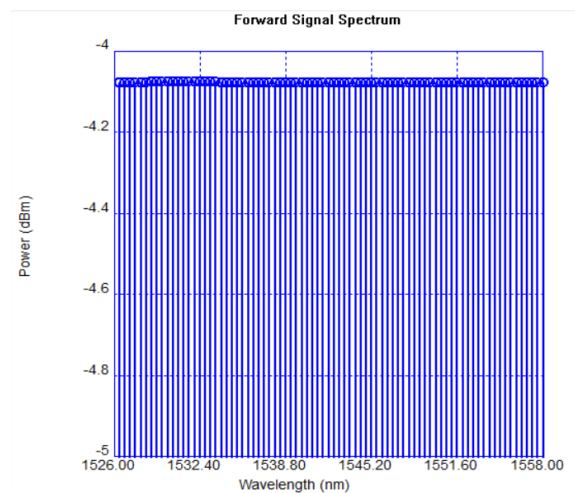


Рис. 2б. АЧХ EDFA с выравнивающим ОФ

## Определение оптимальной длины EDF

Исследование проводилось путем изменения длины EDF при малом канальном входном сигнале  $p_{sc} = -30$  дБм и фиксированной накачке  $p_p = 20$  дБм для двух схем накачки (попутной и встречной) и двух длин волн (980 и 1480 нм). Результаты исследований предварительного ОУ EDFA с оптимально подобранной длиной ОВ EDF I-4 приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Результаты исследований EDFA при оптимальной длине EDF

Тип накачки	$\lambda_p$ , нм	$\lambda_s$ , нм	L, м	$P_{bix}$ , дБм	g, дБ	Энерг. эфф.,%	nf, дБ	ASE, дБм/нм
Попутная	980	1527.0-1558.6	14	-4.1	26	31.2	3.4	-18.5
Встречная	980	1527.0-1558.6	14	-4.16	25.8	30.6	5.2	-17
Попутная	1480	1529.2-1560.8	18	-3.74	26.3	33.7	4.5	-17
Встречная	1480	1529.2-1560.8	18	-3.86	26.1	32.8	5	-17

## Выбор оптимальной мощности накачки

В этом исследовании, проведенном для ОУ мощности с оптимальной длиной EDF, были отобраны значения мощности накачек, при которых достигается максимальное усиление и максимальная выходная мощность. Результаты исследований приведены в таблицах 2–5.

ТАБЛИЦА 2. Результаты выбора мощности накачки EDFA на длине волны 980 нм при оптимальной длине EDF

Попутная, 980нм				Встречная, 980нм			
$P_p$ , дБм	$P_{bx}$ , дБм	Энергетич. эфф.,%	nf, дБ	$P_p$ , дБм	$P_{bx}$ , дБм	Энергетич. эфф.,%	nf, дБ
16	-8.35	29.4	3.6	12	-4.6	27.7	4.2
18	-6.1	30.9	3.5	14	-4.16	30.6	5.2
20	-4.1	31.2	3.4	16	-4.22	30.1	7
22	-2.15	30.8	3.4	18	-4.68	27.3	8.5

ТАБЛИЦА 3. Результаты выбора мощности накачки EDFA на длине волны 1480 нм при оптимальной длине EDF

Попутная, 1480нм				Встречная, 1480нм			
$P_p$ , дБм	$P_{bx}$ , дБм	Энергетич. эфф.,%	nf, дБ	$P_p$ , дБм	$P_{bx}$ , дБм	Энергетич. эфф.,%	nf, дБ
18	-5.7	33.2	4.5	16	-4.16	27.7	4.6
20	-3.7	33.7	4.4	18	-3.8	30.6	4.8
22	-1.9	32.7	4.5	20	-3.86	32.8	5.0
24	-0.175	30.6	4.5	22	-4.42	27.3	5.8

ТАБЛИЦА 4. Результаты исследований ОУ мощности для накачки с длиной волны  $\lambda_p=980\text{нм}$ 

Тип накачки	$\lambda_s$ , нм	$P_{bx}$ , дБм	L, м	$P_p$ , дБм	G, дБ	Энергетич. эфф.,%	nf, дБ	ASE, дБм/нм
Попутная	1527.0–1558.6	-4.1	14	20	26	31.2	3.4	-18.5
Встречная	1527.0–1558.6	-4.16	14	20	25.8	30.6	5.2	-17

Таблица 5. Результаты исследований ОУ мощности для накачки с длиной волны  $\lambda_p=1480\text{нм}$ 

Тип накачки	$\lambda_s$ , нм	$P_{bx}$ , дБм	L, м	$P_p$ , дБм	G, дБ	Энергетич. эфф.,%	nf, дБ	ASE, дБм/нм
Попутная	1529.2-1560.8	-3.74	18	20	26.3	33.7	4.5	-17
Встречная	1529.2-1560.8	-3.86	18	20	26.1	32.8	5	-17

Для определения наиболее эффективного способа накачки для волокна EDF I-4 сравниваем полученные результаты по следующим параметрам: наибольшие коэффициент усиления и мощность выходного сигнала, наименьшие шум-фактор и уровень ASE.

## Выводы

Эффективным способом накачки для волокна EDF I-4 является попутный, как на длине волны 980 нм, так и на длине волны 1480 нм. Использование двунаправленной накачки не рационально, так как мощность накачки превышает значение 20 дБм при коэффициенте усиления ОУ – на 4-5 дБ ниже, чем у попутной и встречной накачки. Также нужно отметить, что на длине волны 1480 нм энергетическая эффективность выше на 2-5%, чем при излучении на длине волны 980 нм. Это дает возможность использовать меньшую мощность накачки.

## Список используемых источников

1. Charalampos Papapavlou, Konstantinos Paximadis, Dimitrios Uzunidis and Ioannis Tomkos Toward SDM-Based Submarine Optical Networks: A Review of Their Evolution and Upcoming Trends *Telecom* 2022, 3, 234–280. URL: <https://doi.org/10.3390/telecom3020015/>
2. Листвин В. Н., Трещиков В. Н. DWDM-системы. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. 420 с. 4-е издание
3. Gainmaster<sup>tm</sup>. Amplifier design software manual revision 1.1, 2004.
4. MathCad 6.0 Plus. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95/ Изд.2-е, стереотипное, М.: Информационно-издательский дом «Фи линь», 1997. 712 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук,  
доцентом кафедры ФиЛС СПбГУТ Глаголевым С. Ф.*

УДК 621.373.8

Л. В. Никифоров (студент группы ИКТО-08, СПбГУТ),  
[lev4917@gmail.com](mailto:lev4917@gmail.com)

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЕ ПО ДЛИНЕ ВОЛНЫ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ БРЭГГОВСКИХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ

В данной работе рассмотрены принцип действия и конструкции одномодовых полупроводниковых лазеров на основе распределенных брэгговских отражателей (Distributed Bragg Reflector, DBR), а также лазеров более сложной конструкции с профилированными решетками (Sample Grating DBR, SG DBR). Рассмотрены их отличия от лазеров с распределенной обратной связью (Distributed Feedback Laser, DFB), проведено исследование возможностей токовой перестройки длины волны для DBR лазера трехсекционной конструкции, представлены результаты расчета спектров излучения данного лазера в диапазоне перестройки.

перестраиваемый лазер, длина волны, резонатор, брэгговская решетка, Distributed Bragg Reflector, DBR

**Nikiforov L.** Wavelength-Tunable Semiconductor Lasers Based on Distributed Bragg Reflectors. This paper discusses the operating principle and designs of single-mode semiconductor lasers based on distributed Bragg reflectors (DBR), as well as more complex lasers with profiled gratings (Sample Grating DBR, SG DBR). Their differences from distributed feedback lasers (DFB) are considered, the possibilities of current wavelength tuning for a three-section DBR laser are studied, and the results of calculating the emission spectra of this laser in the tuning range are presented.

**Key words:** tunable laser, wavelength, resonator, Bragg grating, Distributed Bragg Reflector, DBR

Конструкция полупроводникового лазера с распределенными брэгговскими отражателями (Distributed Bragg Reflector, DBR) представлена на рис. 1а. DBR содержит активную среду, в которой происходит усиление сигнала, и резонатор, образованный двумя брэгговскими отражателями (зеркалами), который предназначен для создания положительной обратной связи.

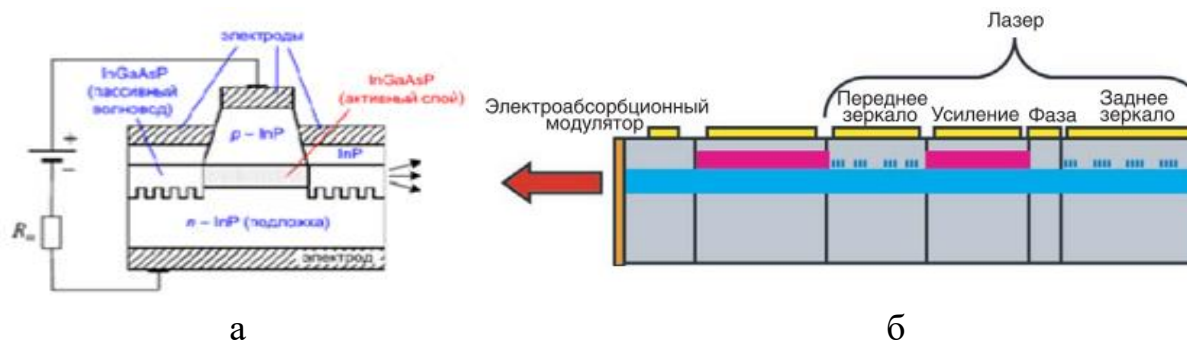


Рис. 1. Конструкция DBR лазера (а) и SG DBR лазера (б)

Брэгговские отражатели или брэгговские решетки (БР) состоят из чередующихся полупроводниковых слоев, имеющих разные показатели преломления, подобранные так, что БР отражает одну длину волны  $\lambda_B$ , называемую длиной волны Брэгга, на которой осуществляется генерация излучения, и пропускает все остальные.

Длина волны генерации  $\lambda_B$  зависит от шага  $\Lambda$  и эффективного показателя преломления  $n_{eff}$  БР [1]:

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda, \quad (1)$$

У DBR лазера БР расположены вне активной среды, что увеличивает габариты, но позволяет использовать более эффективный способ управления длиной волны по сравнению с лазером с распределенной обратной связью (Distributed Feedback Laser, DFB), который может перестраиваться только изменением температуры [2].

Для перестройки длины волны в DBR лазере используются электроды, подающие напряжение на решетку. При подаче напряжения происходит инжекция носителей заряда в область БР, что приводит к изменению ее эффективного показателя преломления, следовательно, из выражения (1) к изменению длины волны генерации лазера. Диапазон такой перестройки может достигать 20 нм, когда у DFB он составляет всего лишь 8 нм [1, 2].

На рис. 1б представлена конструкция SG DBR лазера с профилированными решетками (Sample Grating DBR) [1]. Отличие его от DBR лазера заключается в том, что каждое из двух брэгговских зеркал состоит из нескольких БР, разделенных промежутками. Периоды чередования БР у двух зеркал отличаются примерно на 10%. В итоге спектры отражения зеркал несколько отличаются друг друга, однако за счет эффекта Вернье генерация происходит на той длине волны, где спектры отражения накладываются. Каждая из решеток имеет диапазон настройки около 10 нм, что в результате дает общий диапазон перестройки длины волны до 100 нм. Секция управления фазой позволяет делать более тонкую подстройку длины волны.

В простейшем исполнении DBR лазер имеет БР с одной стороны, а роль второго зеркала резонатора выполняет торец лазера [1, 3]. Именно для такой конструкции в данной работе проведено исследование влияния инжекционного тока на смещение длины волны генерации лазера.

Рассмотрим конструкцию трехсекционного DBR лазера на основе InGaAsP (рис. 2) [3]. БР здесь расположена только с одной стороны от активной среды и между ними расположена секция фазы, как в конструкции SG DBR лазера.



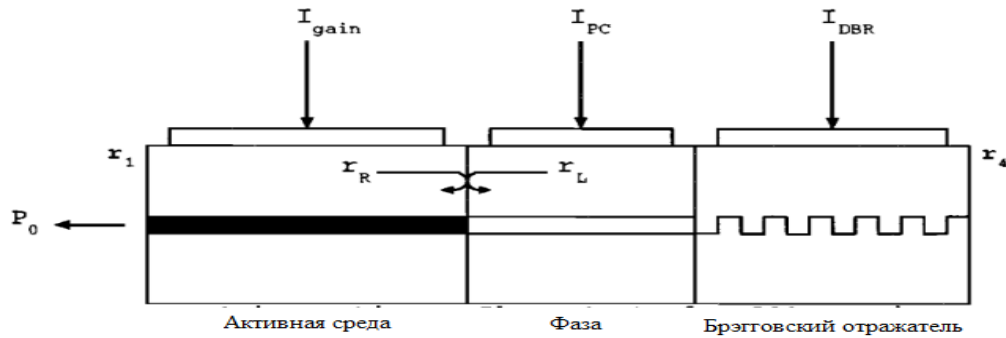


Рис. 2. Конструкция трехсекционного DBR лазера

Для получения спектра отражения требуется рассчитать коэффициент отражения БР [4]:

$$R(\lambda) = \frac{K(\lambda)^2}{s(\lambda)^2 * cth^2(s(\lambda)*L) + (\frac{\Delta\beta(\lambda)}{2})^2 * L}, \quad (2)$$

где  $k(\lambda)$  – волновое число,  $\Delta\beta(\lambda)$  – фазовое рассогласование,  $K(\lambda)$  – коэффициент связи,  $L=N*\Lambda$  – длина БР,  $N$  – число периодов. Для расчета  $k(\lambda)$  и  $\Delta\beta(\lambda)$  справедливы выражения:

$$k(\lambda) = (2\pi/\lambda_B) \cdot \sqrt{0.5 \cdot [n_1^2 + (n_1 + \Delta n)^2]}, \quad \beta = 2k(\lambda) - 2\pi/\Lambda. \quad (3)$$

Коэффициент связи  $K(\lambda)$  и параметр  $s(\lambda)$  находятся из выражений:

$$K(\lambda) = \frac{i}{\lambda} \sqrt{\frac{2((n_1 + \Delta n)^2 - n_1^2)}{(n_1 + \Delta n)^2 + n_1^2}}, \quad s(\lambda)^2 = K(\lambda)^2 - \left(\frac{\Delta\beta(\lambda)}{2}\right)^2. \quad (4)$$

Длина волны генерации зависит от тока инжекции  $I_{DBR}$  следующим образом [2]:

$$I_{dbr} = e * V * R(Ne), \quad (5)$$

где  $e$  – заряд электрона ( $e = 1.6 \times 10^{-19}$  Кл), объем структуры БР ( $V = 200$  мкм<sup>3</sup>) и  $R(Ne)$  – показатель рекомбинации электронов, зависящий от плотности свободных зарядов  $Ne$ , которая меняется при изменении тока инжекции.  $R(Ne)$  находится из следующего выражения:

$$R(Ne) = c_1 * Ne + c_2 * Ne^2 + c_3 * Ne^3, \quad (6)$$

где  $c_1, c_2, c_3$  – константы рекомбинации, уникальные для каждого материала. В нашем случае  $c_1=1*10^8$  сек<sup>-1</sup>,  $c_2=8*10^{-17}$  м<sup>3</sup>/сек,  $c_3=4*10^{-41}$  м<sup>6</sup>/сек [5].  $Ne$  имеет размерность  $10^{24}$  м<sup>-3</sup>.

Для изменения  $n_{eff}$  в зависимости от  $Ne$  справедливо выражение:

$$\Delta n_{eff} = \Gamma * \frac{dn}{dNe} * Ne, \quad (7)$$

где  $\Gamma$  – коэффициент удержания моды (в нашем случае  $\Gamma = 0,3$ ),  $dn/dNe$  – производная показателя преломления по плотности зарядов ( $dn/dNe = -6 * 10^{-27} \text{ м}^{-3}$ ). Для нашей модели  $n_{eff} = 3,4$ ,  $\lambda_b = 1,55 \text{ мкм}$  [5].

На рис. 3 представлен результат расчета зависимости  $n_{eff}$  от тока инжекции  $I_{DBR}$ . Из графика на рисунке видно, что данная зависимость нелинейна. При малых токах ее крутизна больше, то есть небольшое увеличение  $I_{DBR}$  позволяет получить заметное изменение  $n_{eff}$ , при возрастании тока крутизна падает и для такого же изменения  $n_{eff}$  требуется значительное увеличение  $I_{DBR}$ .

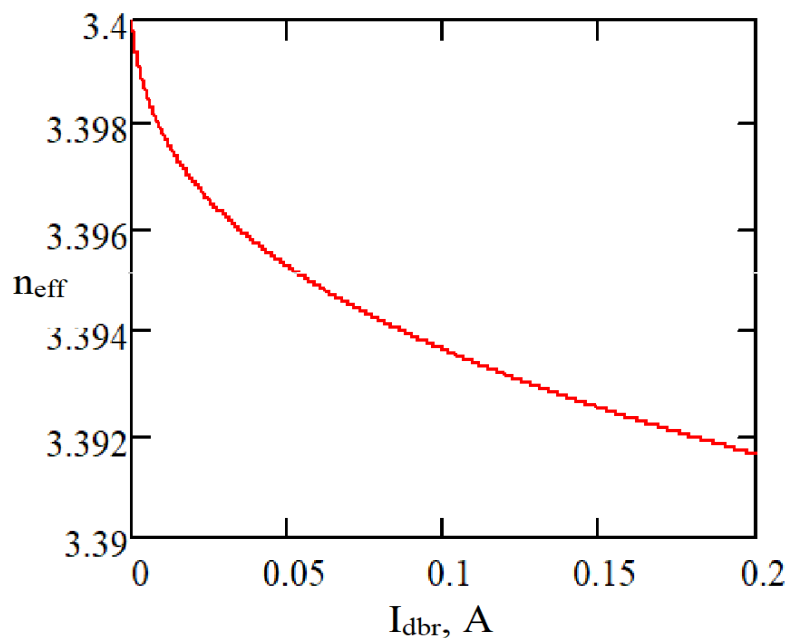


Рис. 3. Зависимость между  $n_{eff}$  и  $I_{dbr}$

На рис. 4 представлены результаты расчетов спектров излучения лазера при разных  $I_{dbr}$ . Смещение центральной длины волны в соседних спектрах отражения составляет примерно 1,6 нм. Общий диапазон перестройки составил около 5 нм.

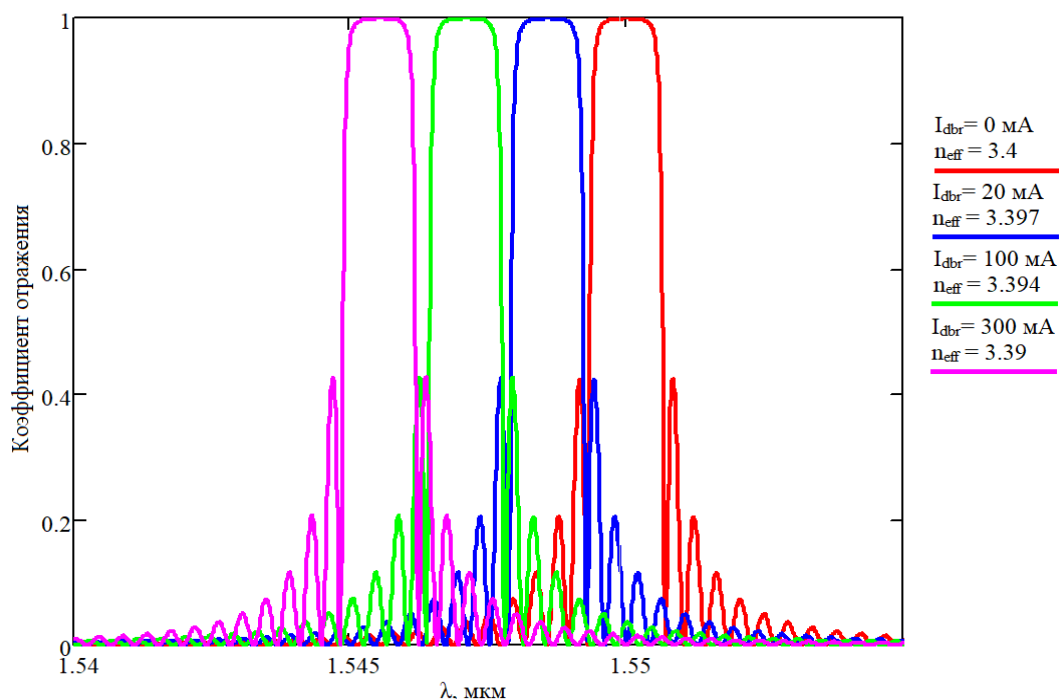


Рис. 4. Спектр перестройки DBR лазера по току

Нам удалось получить перестраиваемый по току спектр отражения DBR лазера. При добавлении в расчет секции фазы мы бы могли расширить диапазон перестройки.

#### Список используемых источников:

1. Larry A. Coldren, Fellow, IEEE, G. A. Fish, Y. Akulova, J. S. Barton, L. Johansson, and C. W. Coldren, , Tunable Semiconductor Lasers: A Tutorial, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 2024. Vol. 22. № 1. PP. 195–196.
2. Григорьев М. Д., Никифоров Л. В., Романов И. Р. Одномодовые полупроводниковые лазеры перестраиваемые по длине волны // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023). Всероссийская научно-техническая и научнометодическая конференция магистрантов и их руководителей; Сборник лучших докладов конф. / Сост. Н. Н. Иванов. СПб.: СПбГУТ, 2023.
3. Pan X., Olesen H., & Tromborg, B. A theoretical model of multielectrode DBR lasers. IEEE Journal of Quantum Electronics, 1988. Vol. 24 (12). PP. 2423–2432. <https://doi.org/10.1109/3.14372>
4. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах: Пер. с англ. М.: Мир, 1987. Стр 373–380.
5. Master thesis of F.J.J. Kennis THE TUNABLE THREE SECTION DISTRIBUTED BRAGG REFLECTOR LASER, Eindhoven University of Technology Department of Electrical Engineering Telecommunications Division. 1996. 51 p.

*Статья представлена научным руководителем, заведующим кафедрой ФилС СПбГУТ, кандидатом технических наук, доцентом Былиной М. С.*

УДК 004.056.53

С. Э. Багусевич (студент гр. ИСТ-123, СПбГУТ)

Д. И. Иванова (студент гр. ИСТ-123, СПбГУТ),

[mkamchatka4v@gmail.com](mailto:mkamchatka4v@gmail.com)

## УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ГОРОДЕ

*Данная статья описывает важность применения инновационных решений, таких как системы видеонаблюдения с искусственным интеллектом, датчики для мониторинга окружающей среды и смарт-решения для управления транспортом. Умные технологии играют ключевую роль в обеспечении безопасности в городах, что подтверждается исследованием преимуществ их использования, включая оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации, снижение криминогенной обстановки и повышение уровня комфорта горожан. В статье приведены конкретные примеры успешной реализации умных технологий в различных мировых городах, а также обозначены перспективы и вызовы внедрения подобных систем для обеспечения безопасности в городской среде. Работа подчеркивает важность технологий в современном городском управлении и способствует развитию концепции «умного города» для обеспечения безопасности и комфорта жителей.*

*умные технологии, умный город, инновационные решения, системы видеонаблюдения с искусственным интеллектом, датчики мониторинга окружающей среды, смарт-решения для управления транспортом, безопасность в городах*

**Bagusevich S., Ivanova D.** Smart Technologies for Improving Urban Security.

*This article describes the importance of using innovative solutions such as video surveillance systems with artificial intelligence, environmental monitoring sensors, and smart solutions for transport management. Smart technologies play a key role in ensuring urban security, which is confirmed by the study of the benefits of their use, including prompt response to emergency situations, reducing crime and increasing the level of comfort for citizens. The article provides specific examples of the successful implementation of smart technologies in various world cities, and also outlines the prospects and challenges of introducing such systems to ensure security in the urban environment. The work emphasizes the importance of technology in modern urban management and contributes to the development of the "smart city" concept to ensure the safety and comfort of residents.*

**Key words:** smart technologies, smart city, innovative solutions, video surveillance systems with artificial intelligence, environmental monitoring sensors, smart solutions for transport management, urban security

В современном мире, где урбанизация стремительно нарастает и количество жителей городов увеличивается, вопрос обеспечения безопасности и комфорта в городской среде становится все более актуальным. Согласно представленным в таблице 1 данным ООН к 2050 году около 68,4% мирового населения будет проживать в городах, для сравнения – в 2020 году процент составил 56,2%, если перевести проценты в числовые значения, то в

период с 2020 по 2050 год численность жителей городов увеличится приблизительно на 4,4 млрд человек [1]. Это создает значительные вызовы для городских властей в плане управления безопасностью и эффективного использования ресурсов.

ТАБЛИЦА 1. Числовые данные по населению и проценту урбанизации

	2020 год		2050 год	
	Население, млрд человек	Урбанизация, %	Население, млрд человек	Урбанизация, %
Мир	7,8	56,2	9,7	68,4
Российская Федерация	0,146	74,8	0,132	83,3

Согласно исследованию от Глобального института McKinsey (MGI) городское население имеет возможность применять «умные» технологии для улучшения нескольких ключевых аспектов жизни на 10-30 процентов. Эти цифры отражают увеличение безопасности, сокращение преступности, уменьшение времени в пути до работы, снижение негативного воздействия на здоровье и уменьшение выбросов углекислого газа [2].

Что же в целом представляет из себя «умный» город? Это три взаимодействующих между собой уровня, визуализированных на рисунке 1. На первом уровне находится технологическая основа, включающая значительное количество смартфонов, сенсоров, видеокamer и остальных технологий, связанных высокоскоростными сетями связи. Второй уровень представлен конкретными приложениями. Для преобразования исходных данных в уведомления, аналитику и мероприятия необходимы соответствующие инструменты. Третий уровень заключается в использовании всеми городами, компаниями и жителями «умных» технологий [2].

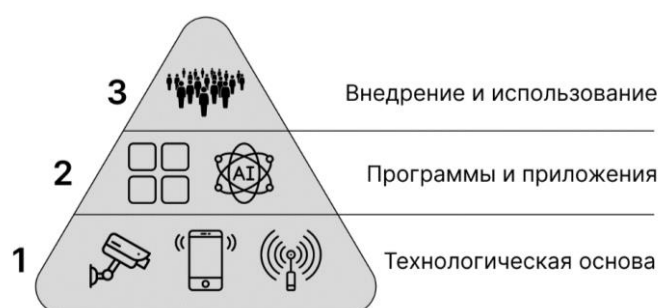


Рис. 1. Уровни «Умного города»

Системы видеонаблюдения с искусственным интеллектом способны распознавать лица и автомобили, обнаруживать потенциально опасные ситуации и аномалии, автоматически предупреждая о них соответствующие

службы. Это делает контроль за общественным порядком более эффективным.

Примером успешного внедрения таких технологий является система «Safe City» в Сингапуре. Согласно ежегодным отчетам преступности Полицейских сил Сингапура, представленных в таблице 2, с момента внедрения системы уровень преступности в городе снизился на 25%, а время реагирования на чрезвычайные ситуации сократилось на 20% [3].

ТАБЛИЦА 2. Числовые данные случаев нарушений правопорядка в Сингапуре

2014 год		2023 год	
Количество случаев, тыс.	В соотношении с населением, %	Количество случаев, тыс.	В соотношении с населением, %
32,315	0,59	19,966	0,34

Смарт-решения для управления транспортом способствуют регулированию движения, оптимизации маршрутов, предотвращению пробок и аварий. Эти технологии не только повышают безопасность дорожного движения, но и способствуют сокращению времени в пути, что делает городскую среду более комфортной для жителей и гостей. К примеру, в Стокгольме система интеллектуального управления трафиком (ITS) включает в себя адаптивные светофоры и систему взимания платы за проезд в зависимости от времени суток и загруженности дорог, а в Барселоне используется сеть умных светофоров и камер, которые регулируют движение на основе текущей дорожной ситуации, что помогает уменьшить пробки и улучшить общую транспортную ситуацию.

Датчики мониторинга окружающей среды могут реагировать на изменения в атмосфере, предупреждая о пожарах, выбросах вредных веществ и других чрезвычайных ситуациях. Например, в Токио установлены датчики, которые отслеживают качество воздуха и предупреждают о высоких уровнях загрязнения [4]. Такие системы помогают сократить время реагирования на инциденты, минимизировать возможные угрозы и улучшить уровень безопасности для горожан.

Также в Токийской системе «Токуо Smart City» важную роль в обеспечении безопасности города играют и дроны. Они используются для мониторинга окружающей среды и реагирования на чрезвычайные ситуации, что способствует более эффективному управлению городскими ресурсами и снижению рисков.

Обобщая вышесказанное, можно утверждать, что умные технологии имеют значительные экономические преимущества, так как они способствуют сокращению расходов на энергию, оптимизации использования городских ресурсов и уменьшению трафика. Это, в свою очередь, приводит к снижению операционных издержек и повышению эффективности городских служб.

Потенциальные перспективы развития умных технологий включают интеграцию интернета вещей (IoT) и развитие 5G-сетей. Это позволит создавать более интегрированные и взаимосвязанные системы для управления городскими процессами и обеспечения безопасности. Однако вместе с перспективами возникают и вызовы.

Одним из ключевых вызовов является обеспечение конфиденциальности данных и защиты личной информации горожан. Важно разработать строгие правовые и этические рамки для работы с умными технологиями, чтобы предотвратить злоупотребления и защитить права граждан. Кроме того, высокая стоимость внедрения и поддержки умных технологий требует значительных финансовых ресурсов и поддержки со стороны правительства или частных инвесторов.

Необходимо также обновлять и модернизировать существующую городскую инфраструктуру для ее совместимости с умными технологиями. Это может потребовать значительных изменений и инвестиций для обновления систем связи, электроэнергии, транспорта и других ключевых аспектов городской жизни.

Для преодоления этих препятствий и вызовов необходимо тесное сотрудничество между государственными структурами, частными компаниями, научными учреждениями и жителями города. Только путем совместных усилий можно успешно внедрить умные технологии в городскую инфраструктуру и создать безопасную и комфортную городскую среду.

В Российской Федерации обеспечение безопасности в городах является приоритетной задачей для государственных и муниципальных властей. В Москве, Казани и других крупных городах установлены системы видеонаблюдения с функцией распознавания лиц и номеров автомобилей, что помогает в расследовании преступлений и поддержании порядка [5]. Крупные города активно используют системы мониторинга пробок и общественный транспорт с GPS-отслеживанием. Российская единая система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) осуществляет распространение сообщений с предупреждениями о плохих погодных условиях. Однако, как отмечено многими россиянами, данная информация не всегда является достоверной или актуальной.

Тем не менее, не все города России внедрили умные технологии. Вовлечение граждан в использование умных технологий остается на низком уровне, что снижает эффективность таких систем. К тому же частые природные катастрофы, техногенные аварии и другие чрезвычайные происшествия требуют оперативного и скоординированного реагирования. Введение мобильного приложения, интегрирующего современные технологии и обеспечивающего взаимодействие между гражданами и экстренными службами, может существенно повысить уровень безопасности и готовности населения к ЧС.



Мобильное приложение для оповещения при чрезвычайных ситуациях должно включать в себя несколько ключевых возможностей. Прежде всего, это экстренные уведомления, которые позволят пользователям получать немедленные сообщения о бедствиях, авариях или других критических событиях в их районе. Помимо уведомлений критические события будут отмечены на карте бедствий с системой трекинга, которая позволит отслеживать местоположение членов семьи или друзей в случае чрезвычайной ситуации. Это обеспечит спокойствие и безопасность, позволяя быстро находить близких в случае ЧС.

Еще одной важной функцией является возможность отправки запросов на помощь. Жители смогут вызвать спасательные службы непосредственно из приложения, что значительно ускорит процесс получения помощи в экстренных ситуациях.

Информация о безопасных местах, где можно укрыться в случае бедствия, рекомендации по действиям в различных чрезвычайных ситуациях также будут постоянно в быстром доступе и будут доступны пользователям через приложение. Это подготовит население к ЧС и уменьшит риск для жизни и здоровья.

Подобные мобильные приложения для предупреждения о чрезвычайных ситуациях успешно используются, например, в Токио при землетрясениях, в Лос-Анджелесе в случаях пожаров и эвакуации, а также в Сингапуре для сообщения о преступлениях. Участие общества в использовании таких приложений способствует снижению уровня преступности и обеспечивает оперативное реагирование на инциденты.

Для внедрения мобильного приложения в российских городах необходимо привлечь разработчиков, наладить сотрудничество с экстренными службами и обеспечить обучение населения. Финансирование можно получить из различных источников, включая государственные и частные секторы. Совместные усилия государства, разработчиков и общества будут способствовать успешной реализации приложения, улучшая безопасность и подготовленность горожан к чрезвычайным ситуациям.

Рост городского населения подчеркивает важность безопасности и комфорта в городах. Умные технологии, применяемые в разных городах мира, успешно улучшают безопасность и снижают преступность, поэтому создание мобильного приложения для взаимодействия горожан с экстренными службами позволит им оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации, что способствует созданию безопасных городов и строит основу для безопасного будущего.

#### **Список используемых источников**

1. Динамика численности населения // Организация Объединенных Наций. URL: <https://population.un.org/wup/DataQuery/> (дата обращения: 21.05.2024).

2. Smart cities: Digital solutions for a more livable future // McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/smart-cities-digital-solutions-for-a-more-livable-future> (дата обращения: 21.05.2024).

3. Statistics // Singapore Police Force (SPF). URL: <https://www.police.gov.sg/Media-Room/Statistics?filter=19AA9819C28548B9B6138DC8B9E373B0> (дата обращения: 22.05.2024).

4. Tokyo: Reimagining the World's Largest City with Advanced Analytics // Esri. URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/blog/georgia-tech-students-smart-city-tokyo/> (дата обращения: 22.05.2024).

5. Абламейко М., Абламейко С. «Умный город»: от теории к практике // Наука и инновации, 2018. С. 28–34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/umnyy-gorod-ot-teorii-k-praktike> (дата обращения: 25.05.2024).

*Статья представлена научным руководителем, доцент кафедры СОД СПбГУТ, кандидатом технических наук, доцентом Поводайко М. Д.*

УДК 004.032.26

Д. В. Винокурова (аспирант кафедры ИС, РГПУ им. А.И. Герцена)  
[d.v.vinokurova@gmail.com](mailto:d.v.vinokurova@gmail.com)

## ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ОБЛАСТИ ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКИ

*В статье рассматривается эксперимент по решению в чат-ботах YandexGPT 2, ChatGPT 3.5, Gemini, Bing Chat задач из различных разделов дискретной математики. Описываются трудности, которые возникают в ходе применения чат-ботов. Приводится сравнительный анализ полученных результатов. Данная информация будет полезна исследователям, разработчикам, преподавателям, использующим GPT модели в своей профессиональной деятельности.*

*YandexGPT, ChatGPT, Gemini, Bing Chat, численный эксперимент, GPT, нейросеть, дискретная математика, комбинаторика, математическая логика, теория множеств, теория графов, булева алгебра*

**Vinokurova D.** Numerical Experiment on the Use of Neural Networks in Discrete Mathematics. *The article discusses an experiment on solving problems from various sections of discrete mathematics in YandexGPT 2, ChatGPT 3.5, Gemini, Bing Chat chatbots. The difficulties that arise during the use of chatbots are described. A comparative analysis of the results obtained is provided. This information will be useful for researchers, developers, teachers using GPT models in their professional activities.*

**Key words:** YandexGPT, ChatGPT, Gemini, Bing Chat, numerical experiment, GPT, neural network, discrete mathematics, combinatorics, mathematical logic, set theory, graph theory, Boolean algebra

В современном мире чат-боты на основе нейронных сетей стали часто использоваться в повседневной жизни и выдавать необходимую информацию по соответствующему запросу. В основе нейросетей лежит GPT (Generative Pre-trained Transformer), который представляет собой генеративную языковую модель глубокого обучения способную генерировать текст, классифицировать изображения. Нейросеть, основываясь на своих огромных объемах знаний, выдает ответ, наиболее подходящий под запрос.

В работе А. И. Дроздова [1] анализировалась способность чат-ботов ChatGPT 4, Gemini, Bing Chat решать задачи математического анализа по введенной системе оценки для каждого конкретного примера. ChatGPT допускал ошибки при проверке базы индукции и имел проблемы с рациональностью решений. Gemini и Bing Chat также имели недостатки: Gemini «подгонял» решения под ответ, а Bing Chat имел проблемы с форматированием и применял нерациональные формулы для простых примеров. Все чат-боты сталкивались с трудностями в вычислении интегралов. Из сравнительного анализа видно, что ChatGPT показал лучшие результаты, за ним следует Bing Chat, а Gemini немного уступает. Gemini демонстрировал низкую эффективность в математических задачах.

В статье [2] авторы тестируют GPT-4 с плагином Wolfram Alpha для решения задач по естествознанию и математике на уровне средней школы и

колледжа. Этот подход расширяет функциональные возможности GPT, однако возникают сложности с формулировкой задач для Wolfram Alpha и интерпретацией полученных результатов. Отметим, что для доступа к плагину с Wolfram необходима платная подписка на ChatGPT Plus, что в настоящий момент вызывает сложности для российских пользователей.

В текущей работе осуществлен численный эксперимент, проводившийся в марте-апреле 2024 года по решению некоторых типов задач из области дискретной математики чат-ботами YandexGPT 2 [3], ChatGPT 3.5 [4], Gemini [5], Bing Chat [6]. Оценивалась способность нейросетей предоставлять правильный ход решения задач, приводящий к корректным ответам, в таблице 1 показаны полученные результаты. Данные представлены в виде соотношения *верно решенных задач к общему количеству задач*. В некоторых ячейках для разных нейросетей встречается запись 0/0 или неодинаковое количество *общего количества задач*, в связи с тем, что в таких чат-ботах некоторые из задач не поддерживаются.

ТАБЛИЦА 1. Сравнительный анализ результатов вычисления задач нейросетями

Тип задачи Чат-бот	YandexGPT	ChatGPT	Gemini	Bing Chat
Математическая логика				
Задачи на проверку истинности, эквивалентности	2/10	6/10	6/10	9/10
Задачи на решение логических задач	1/10	1/10	1/10	4/10
Задачи на индукцию	0/4	2/4	2/4	2/4
Теория множеств				
Задачи на операции с множествами	5/31	19/31	17/31	25/31
Задачи на построение множеств	0/13	7/13	5/13	8/13
Задачи на изображение множеств	0/4	1/4	0/4	0/4
Задачи на доказательство тождеств	2/7	3/7	4/7	2/7
Комбинаторика				
Текстовые задачи	0/24	3/24	2/24	6/24
Бином Ньютона	1/14	3/14	3/14	2/14
Теория графов				
Построение графов по множествам. Матрицы инцидентности, смежности.	0/44	20/44	18/44	31/44
Булева алгебра				
Текстовые логические задачи	1/19	5/21	1/21	5/21
Составление таблиц истинности, проверка эквивалентности	0/9	5/11	2/11	8/11
Упрощение булевых выражений	4/10	1/10	2/10	4/10
Нормальные формы	0/7	0/7	0/7	0/7
Карты Карно	0/0	0/9	0/6	0/11
Логические схемы	0/0	0/4	1/3	0/8

Рассмотрим различные ситуации, которые возникли при использовании перечисленных чат-ботов для решения задач различных разделов дискретной математики.

## 1. Математическая логика

В задачах на проверку эквивалентности [7] при построении таблиц истинности во всех системах наблюдались ошибки в значениях столбцов (рис. 1), в то время как нейросеть сообщала, что они совпадают, меньше проблем возникало у Bing Chat. В YandexGPT, Gemini, иногда в Bing Chat замечались проблемы с форматированием таблиц истинности.

**You**  
Покажите, что высказывание  $A \Rightarrow (B \Rightarrow C)$  логически эквивалентно высказыванию  $(\neg C) \Rightarrow ((\neg A) \vee (\neg B))$ .

**ChatGPT**  
Для доказательства логической эквивалентности между высказываниями  $A \Rightarrow (B \Rightarrow C)$  и  $\neg C \Rightarrow (\neg A \vee \neg B)$  мы можем воспользоваться законами логики.

Давайте рассмотрим таблицу истинности для обоих выражений:

$A$	$B$	$C$	$B \Rightarrow C$	$A \Rightarrow (B \Rightarrow C)$	$\neg C$	$\neg A \vee \neg B$	$\neg C \Rightarrow (\neg A \vee \neg B)$
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1

Как видно из таблицы, значения столбцов для обоих выражений совпадают для всех возможных комбинаций значений переменных  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Таким образом, высказывание  $A \Rightarrow (B \Rightarrow C)$  логически эквивалентно высказыванию  $\neg C \Rightarrow (\neg A \vee \neg B)$ .

Рис. 1. ChatGPT построение таблицы истинности

Задачи на решение логических задач [7] приводили к абсурдным суждениям, в итоговом ответе осуществлялся «подгон» под правильный ответ, что приводило к противоречию логических формул.

Задачи на индукцию [7] подобно логическим задачам также приводили к противоречиям, в отдельных случаях нейросети ChatGPT, Gemini, Bing Chat справлялись с задачами. В системах наблюдалась громоздкость доказательств, сильно отличился ChatGPT, который выдавал несколько раз повторяющиеся действия в одном ответе. Доказательство высказывания (рис. 2) методом математической индукции привело к тому, что при нахождении базы индукции число 2 стало равно числу 1 и чат-бот утверждал, что это верно.

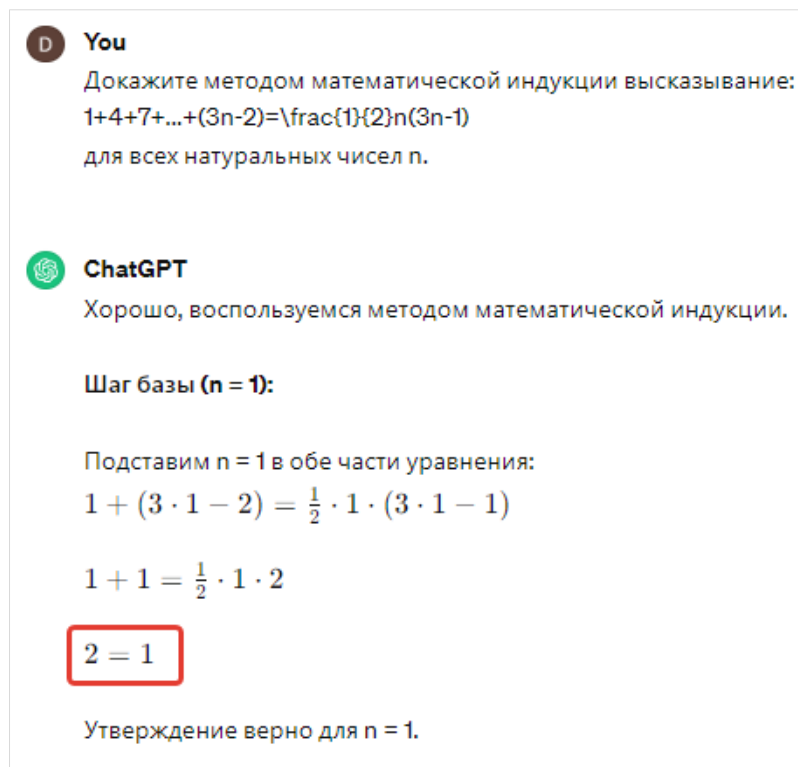


Рис. 2. ChatGPT метод математической индукции

## 2. Теория множеств

В задачах на операции с множествами [7, 8] были предложены множества с конкретными значениями и соответствующие действия и данные задачи вызвали трудности у чат-ботов. Больше число правильных ответов было у Bing Chat.

Для построения множеств предлагались задачи с описанием различных множеств [7] и необходимо было при помощи характеристических предикатов выполнить их построение и также у нейросетей замечались сложности.

В задачах на изображение множеств [8] нейросети давали неверное словесное описание. Лучше всех с этой задачей справился ChatGPT, при этом он решил всего одну задачу, нарисовав множество в виде символов в блокноте.

В задачах на доказательство тождеств Bing Chat [7] сообщал, что оно является соответствующим законом. Другие нейросети осуществляли абсурдные операции и «подгоняли» доказательство.

## 3. Комбинаторика

В текстовых задачах по комбинаторике [7] в чат-ботах применялись неправильные формулы, например, при необходимости использования формул для расчета числа перестановок без повторов использовались формулы с повторениями.

В задачах на применение формулы бинома Ньютона [7] встречались произвольные значения коэффициентов, наблюдались проблемы со знаками.

#### 4. Теория графов

Во всех чат-ботах имеется проблема с созданием изображения для конкретной задачи. Для решения данной трудности в запросе для всех чат-ботов для визуализации графа предлагалось использовать язык описания графов DOT.

В задачах на построение графов по заданным множествам [9] нейросети строили ориентированные графы, вместо неориентированных. Задачи на построение графов по матрицам смежности и инцидентности [7, 9] вызывали у нейросетей затруднения. Bing Chat лучше справлялся с данными задачами, но создавал код для ориентированного графа вместо неориентированного.

С задачами на построение матриц смежности, инцидентности [9] по представленному коду на языке DOT чат-боты не справились, за исключением только одной задачи, которую решил Bing Chat.

#### 5. Булева алгебра

Встречаются текстовые логические задачи [10, 11], где нейросети не способны найти однозначный ответ. В ChatGPT некоторые задачи вызывали состояние, при котором нейросеть выдавала один и тот же ответ и дальнейшее решение приостанавливалось.

В задачах на составление таблиц истинности для логических выражений [7] встречались ошибки, схожие с теми, которые возникали при составлении таблиц истинности в разделе математической логики.

Упрощения булевых выражений [9] аналогично доказательству тождеств в теории множеств в некоторых задачах не осуществлялись, утверждалось, что формулы являются соответствующими законами.

Задачи на построение СДНФ и СКНФ [7] вызвали проблемы у всех чат-ботов. Во всех ответах полученные формы не были полными, наблюдались повторяющиеся записи в дизъюнктивных и конъюнктивных членах.

Задачи на карты Карно [7] подразумевали чтение карты Карно и упрощения полученных выражений, а также упрощения логических выражений при помощи построения карты Карно. YandexGPT и бесплатная версия ChatGPT не поддерживают распознавание изображений. Gemini выполнил неточное распознавание переменных и выполнение упрощений. Bing Chat правильно распознал переменные, но неправильно представил упрощения. С построением карты Карно и дальнейшими упрощениями логических выражений пытались справиться ChatGPT, Gemini, Bing Chat, но результаты оказались неверными.

Задачи на логические схемы [7, 12] состояли из распознавания булевых функций по представленной схеме [7] и составления логических схем по предложенным булевым выражениям [7, 12]. Результаты получились аналогичными картам Карно, но одно правильное решение на распознавание логической схемы было лишь у Gemini.

Общие трудности по чат-ботам заключаются в том, что в YandexGPT возникают проблемы с пониманием запросов, многократно разговор прерывается, и цепочки рассуждений из предыдущих запросов теряются. YandexGPT не выполняет конкретных требований на поставленные задачи,



например, при выполнении запроса на задачи доказательства эквивалентности при помощи таблицы истинности упрощает выражения, вместо построения таблицы. В промежуточных и окончательных результатах нейронные сети часто корректируют свои выводы, чтобы соответствовать правильным ответам и это приводит к абсурдным заключениям.

Суммарные итоги по правильно решенным задачам, состоящих из 229 задач по дискретной математике в процентном соотношении составляют: YandexGPT – 7%, ChatGPT – 33%, Gemini – 27%, Bing Chat – 46%.

В ходе эксперимента выявлено, что все чат-боты подвержены ошибкам и неточностям. В настоящее время использование GPT-моделей для решения задач в данном случае в области дискретной математики неэффективно из-за необходимости затрачивать время на обнаружение ошибок в решениях сгенерированными нейронными сетями. Многие из этих решений приводят к абсурдным выводам и неправильным формулировкам.

### Список используемых источников

1. Дроздов А. И. Применение нейронных сетей в задачах математического анализа // Компьютерные системы и сети : сборник статей 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Минск, 2023. С. 473–479. URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/52747> (дата обращения 25.03.24).
2. Ernest D., Aaronson S. Testing GPT-4 with Wolfram Alpha and Code Interpreter plugins on math and science problems, 2023. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.05713> (дата обращения 11.04.24).
3. YandexGPT 2. URL: [https://ya.ru/alisa\\_davay\\_pridumaem](https://ya.ru/alisa_davay_pridumaem), (дата обращения: 31.03.2024).
4. ChatGPT 3.5. URL: <https://chat.openai.com/> (дата обращения 31.03.2024).
5. Gemini. URL: <https://gemini.google.com/> (дата обращения 31.03.2024).
6. Bing Chat. URL: <https://www.bing.com/chat/> (дата обращения 31.03.2024)
7. Борзунов С. В. Задачи по дискретной математике с алгоритмами на Python / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2022. 592 с. ISBN 978-5-9775-1214-5.
8. Математический язык в задачах: Сб. задач / А.Б. Михайлов, А.И. Плоткин, Е.А. Рисс, Е.Ю. Яшина; Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена. 2. изд., испр. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2001. 236 с. ISBN 5-8064-0452-8.
9. Стефанова Т. С., Швецкий М. В. Элементы дискретной математики. Учебное пособие для студентов математического факультета и факультета информационных технологий. СПб.: Изд-во «Интерлайн», 2010. 428 с. ISBN 5-9212-0060-3.
10. Эвнин А. Ю. Задачник по дискретной математике. 2-е изд., перераб. и доп. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. 164 с.
11. Назиев А. Х. Математическая логика: задачник-практикум / А. Х. Назиев, С. А. Моисеев; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. Рязань, 2011. 80 с. ISBN 978-5-88006-696-4.
12. Яновский В. П. Сборник задач и упражнений по дисциплине «Электроника и автоматизация эксперимента» / В. П. Яновский. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2010. 108 с. ISBN 978-985-6931-60-7.

*Статья представлена научным руководителем,  
доктором физико-математических наук, профессором А.В. Флегонтовым.*

УДК 004

П. Д. Князева (студент группы ИСТ-021, СПбГУТ)

[polina-knyazeva-2015@mail.ru](mailto:polina-knyazeva-2015@mail.ru)

## ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

*Данная статья посвящена вопросам выбора технологии разработки информационной системы для поддержки программного комплекса в сети Интернет. Рассматриваются аспекты, которые необходимо учитывать при выборе технологии разработки. В статье представлен обзор существующих технологий разработки, их особенностей и ограничений. Информация будет полезна специалистам IT-проектов, которые сталкиваются с необходимостью выбора технологии для создания современных информационных систем.*

*информационные системы, технологии разработки информационных систем, конструкторы сайтов, система управления контентом, библиотеки, фреймворки, проектирование, база данных, клиент, сервер*

**Knyazeva P.** Selecting a Technology for Developing an Information System to Support a Software Complex on the Internet.

*This article is devoted to the issues of selecting a technology for developing an information system to support a software complex on the Internet. The aspects that must be taken into account when selecting a development technology are considered. The article provides an overview of existing development technologies, their features and limitations. The information will be useful for IT project specialists who are faced with the need to select a technology for creating modern information systems.*

**Key words:** information systems, information system development technologies, website builders, content management system, libraries, frameworks, design, database, client, server

Одним из наиболее эффективных способов продвижения программного продукта на рынке является создание информационной системы (ИС), использующей в качестве средства коммуникации сеть Интернет. На примере разработки конкретной информационной системы поддержки программного комплекса (ИСПК), основными задачами которой являются организация рекламы, продажа программного комплекса в сети Интернет, а также реализация удаленной технической поддержки клиентов, сделан обзор существующих средств разработки и обоснован их выбор.

Для выбора средств разработки ИСПК были рассмотрены три основных подхода к разработке ИС:

- 1) разработка с помощью конструктора сайтов;
- 2) разработка с помощью системы создания и управления сайтом (Content Management System – CMS);

3) разработка с помощью инструментов проектирования, языков программирования и фреймворков.

Разработка с помощью конструктора сайтов представляет собой использование онлайн-платформы, позволяющей создавать веб-сайты без необходимости знать языки программирования [1]. Примерами конструкторов сайтов являются Tilda, Nethouse, Wix. Конструкторы сайтов предлагают предустановленные шаблоны и различные функции, которые можно размещать и удалять на веб-страницах для создания своего веб-сайта. Конструкторы сайтов подходят для реализации ИС с ограниченным функционалом (например, проведение рекламной компании или презентация продукта). Такая технология не является подходящей для разработки ИСПК поскольку обладает следующими недостатками:

- ограничения в реализации функциональных возможностей и выборе дизайн концепции (конструкторы предлагают только типовые решения, которые невозможно доработать под конкретные требования);
- отсутствие возможности внесения изменений в программный код (что ограничивает доработку готовых решений, предлагаемых конструкторами);
- отсутствие возможности разработки личного кабинета с технической поддержкой клиентов или отслеживанием заявок на приобретение товара.

Разработка с помощью CMS – это использование комплекса программных инструментов для создания и управления сайтом [2]. CMS предоставляют визуально удобный интерфейс (подобно конструктору сайтов), с помощью которого можно добавлять и редактировать содержимое сайта. Примерами CMS являются WordPress, 1С-Битрикс, Joomla. CMS имеет свои преимущества, например, предоставление доступа разработчику сайта к программному коду, что позволяет настраивать дополнительные элементы сайта при помощи собственного кода или редактирования плагинов. Однако CMS имеют такие недостатки, как:

- ограничения в реализации бизнес-логики приложения (представленные темы и плагины можно доработать только в случае владения технологиями, на которых написаны плагины);
- временные и денежные затраты на разработку ИС будут расти, если потребуются изменения в бизнес-логике готовых решений от CMS, и требования к разрабатываемой ИС не соответствуют стандартным плагинам, предоставляемым CMS (для качественного изменения готовых решений от CMS и их доработки потребуется специалист, знающий нюансы выбранной CMS);
- скорость загрузки готового сайта будет ниже, если использовать не типовые решения, предоставляемые CMS, а пытаться менять что-либо в них (например, изменение бизнес-логики ИС, внесение изменений в программный код), также скорость загрузки страниц сайта может быть ниже из-за использования большого количества плагинов CMS.

Разработка с помощью инструментов проектирования, языков программирования [3] и фреймворков является наиболее универсальным, гибким и творческим подходом к разработке ИС и, в тоже время, самым трудоемким. Использование языков и фреймворков (фреймворки задают структуру, определяют правила и предоставляют необходимый набор инструментов для создания проекта) требует глубоких знаний не только в области языков программирования, но и в понимании архитектуры систем, бизнес-процессов, и других аспектов. При создании ИС «с нуля» можно разработать уникальный продукт, с грамотным подходом к построению архитектуры и разработке программного кода. Такой подход к разработке позволяет создавать проекты различной сложности, соответствующие любым требованиям бизнес-логики. Преимуществом этого подхода является и то, что скорость обработки больших данных и загрузки страниц у фреймворков выше за счет возможности разработки уникальных решений для каждой отдельной задачи.

Разработка с помощью инструментов проектирования, языков программирования и фреймворков состоит из следующих этапов:

- проектирование дизайна интерфейса ИС;
- создание базы данных;
- верстка дизайн-макета (frontend);
- разработка серверной части (backend).

Для проектирования дизайна применяются следующие инструменты: Figma, Adobe XD, Sketch, Pixso. Рекомендуется использовать бесплатный онлайн-редактор веб-интерфейсов Figma, используемый как дизайнерами, так и командами веб-разработчиков, поскольку Figma имеет преимущества перед аналогичными инструментами:

- интуитивно понятный интерфейс программы, отсутствие «лишних» функций, которые не используются дизайнерами интерфейсов;
- наличие режима демонстрации работы интерфейса ИС (позволяет дизайнеру продемонстрировать вид интерфейса заказчику ИС до начала этапа разработки),
- наличие режима генерации CSS-стилей элементов интерфейса (ускоряет работу разработчика клиентской части).

Для создания базы данных и управления ею могут использоваться различные инструменты, в зависимости от сложности ИС и того, как планируется использовать данные. Примерами инструментов являются системы управления базами данных (СУБД): MySQL, PostgreSQL, Microsoft Access, MongoDB, Oracle Database и т. д.

При создании базы данных для проектов, аналогичных ИСПК, рекомендуется использовать СУБД с открытым исходным кодом PostgreSQL. Преимуществами данной СУБД помимо открытого исходного кода являются:

- бесплатная лицензия;

- комплексные средства защиты данных, включая контроль доступа (безопасность данных);
- поддержка функции аварийного восстановления данных (безопасность данных);
- высокая нормализация данных (упрощение поиска и работы с базой данных).

Для верстки интерфейса ИС используют язык разметки HTML, таблицу стилей CSS и динамический скриптовый язык JavaScript (каждый из инструментов отвечает за разные задачи, поэтому эти инструменты не являются взаимозаменяемыми). Язык программирования высокого уровня JavaScript используется для создания динамических веб-страниц и приложений, отличается тем, что поддерживается всеми современными браузерами, позволяет обрабатывать веб-страницы на стороне пользователя. JavaScript имеет свои библиотеки и фреймворки, оптимизирующие этап верстки интерфейса. Примерами JavaScript фреймворков и библиотек являются React, Angular, Vue, JQuery, Nuxt.

Для более эффективной верстки дизайн-макета ИС, использующей в качестве средства коммуникации сеть Интернет, рекомендуется фреймворк Nuxt.js, обеспечивающий разработчикам следующие инструменты:

- быстрая настройка проекта благодаря стартовому шаблону и командной строке;
- поддержка статической генерация контента (подходит для веб-ресурсов с малым количеством обновлений и для оптимизации производительности веб-приложений);
- поддержка создания серверно-рендеринговых приложений и одностраничных приложений (SPA);
- наличие модульной системы, позволяющей добавлять функциональность веб-приложениям и интегрироваться с различными сторонними сервисами.

Для серверной части (backend) используются такие языки, как PHP, Go, JavaScript, Java, C# и Python, а также их фреймворки.

В случае разработки проектов, подобных ИСПК, рекомендуется выбрать фреймворк Express, написанный на языке JavaScript, предоставляющий множество готовых решений для ускорения процесса разработки. Express отличается гибкостью настроек и не диктует шаблонов проектирования бизнес-логики. Express.js позволяет использовать концепцию middleware, которая упрощает обработку HTTP-запросов, аутентификацию пользователей в ИС, обработку ошибок и другие аспекты разработки веб-приложений.

При выборе технологии разработки необходимо учитывать специфику проекта, потребности пользователей, бюджет и сроки реализации. При наличии конкретных бизнес-требований, пользовательских и функциональ-

ных требований, а также дизайн концепции к конечному продукту, временных и денежных ресурсов и опытной команды, только грамотный подход к построению архитектуры и разработке программного кода, позволит создать эффективную информационную систему. Обзор популярных технологий разработки, их особенностей и недостатков поможет специалистам принять обоснованное решение.

#### Список используемых источников

1. Иваничев И. Конструктор или CMS // Skillbox Media, 12.05.2020. URL: [https://skillbox.ru/media/marketing/konstruktor\\_ili\\_cms\\_chno\\_vybrat\\_marketologu/](https://skillbox.ru/media/marketing/konstruktor_ili_cms_chno_vybrat_marketologu/) (дата обращения: 12.04.2024).

2. Александров А. Контент как Код // Хабр, 01.03.2022. URL: <https://habr.com/ru/articles/653723/> (дата обращения: 11.04.2024).

3. Какие технологии используются при разработке сайтов // vc.ru, 11.01.2020. – URL: <https://vc.ru/u/419764-paradigma-google-ads/100736-kakie-tehnologii-ispolzuyutsya-pri-razrabotke-saytov> (дата обращения: 11.04.2024).

*Статья представлена научным руководителем,  
старшим преподавателем кафедры БИС СПбГУТ Евстигнеевым В. А.*

УДК 681.51

У. А. Костельцева (студент гр. ИКПИ-03, СПбГУТ)  
[ulyana.kosteltseva@gmail.com](mailto:ulyana.kosteltseva@gmail.com)

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СТИРЛИНГА И ВЫБОР ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ

*В статье рассматривается применение теории автоматического управления и математического моделирования, как инструмента разработки программного обеспечения приборов для анализа нефтепродуктов, содержащих холодильные машины Стирлинга. Построение математической модели холодильной установки, как объекта управления и выбор закона управления рассмотрены на примере действующей лабораторной установки.*

*математическая модель, колебательное звено, логарифмический декремент затухания, круговая частота, передаточная функция*

***Kosteltseva U.** Mathematical Model of Stirling Refrigeration Unit and Choice of Control Law. The article discusses the application of automatic control theory and mathematical modeling as a tool for developing software for petroleum product analysis devices containing Stirling refrigeration machines. Construction of a mathematical model of a refrigeration unit as a control object and choice of control law are considered using an operating laboratory unit as an example.*

**Key words:** mathematical model, oscillatory link, logarithmic damping decrement, angular frequency, transfer function

В настоящее время в российских лабораториях по анализу топлива широко используются холодильные установки Стирлинга для испытаний горюче-смазочных веществ в условиях экстремально-низких температур.

Актуальной является задача создания алгоритмов управления холодильной установкой с заданными характеристиками переходных процессов, соответствующих современным ГОСТам.

Для решения поставленной задачи необходимо получить математическую модель холодильной установки как объекта управления.

Чтобы получить представление о холодильной установке как объекте управления необходимо подать на нее ступенчатый управляющий сигнал и исследовать процесс изменения температуры на выходе.

После проведения серии измерений выходной температуры на интервале от 0 до 40 минут при переходе от 0°C до контрольной точки -34°C на реальном приборе, была получен график переходной функции холодильной установки Стирлинга, показанный на рис. 1.

По графику (рис. 1) были вычислены приближенные значения логарифмического декремента затухания  $\delta$  и круговой частоты  $\omega$ :



$$\delta \approx \ln \left| \frac{9.35}{2.85} \right| = 1.188057, \quad \omega \approx \frac{2\pi}{9.43} = 0.666298. \quad (1)$$

Холодильная установка, судя по графику переходного процесса, является колебательным звеном [1, 2].

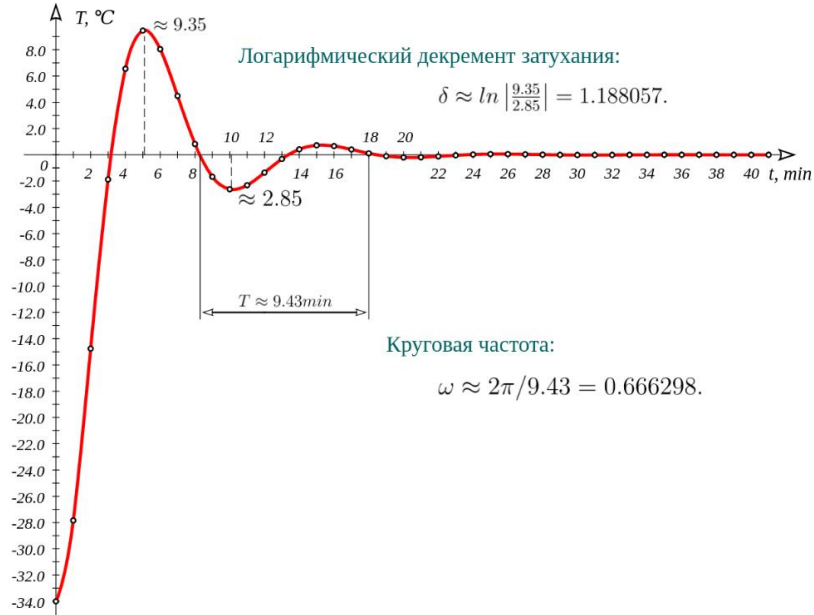


Рис. 1. Результат измерительных экспериментов динамики холодильной установки

Дифференциальное уравнение, решением которого является функция, изображенная на рис. 1, может выглядеть следующим образом:

$$\ddot{\varphi} + 2\nu\dot{\varphi} + \omega^2 \sin(\varphi) = 0. \quad (2)$$

Приняв допущение, что при малых значениях  $\varphi$ ,  $\sin(\varphi) = \varphi$ , уравнение (2) можно переписать в виде:

$$\ddot{\varphi} + 2\nu\dot{\varphi} + \omega^2 \varphi = 0. \quad (3)$$

где  $\varphi$  – текущая температура, а коэффициент  $\nu$  – рассчитывается по формуле:

$$\nu = \delta \frac{\omega}{\pi} = \frac{0.666298 * 1.188057}{\pi} = 0.251974079, \quad (4)$$

Для того, чтобы удостовериться, что полученные коэффициенты уравнения (3) позволяют построить модель, имеющую достаточную степень точности, была составлена программа решения уравнения (3) методом Рунге-Кутты 4-го порядка [3].

Для численного решения уравнение (3) было приведено к системе двух уравнений первого порядка (6) путем замены переменных:

$$\begin{cases} \varphi = y_1 \\ \dot{\varphi} = y_2' \end{cases} \quad (5)$$

Решение задачи Коши для системы уравнений:

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = y_2 \\ \dot{y}_2 = -2\nu y_2 - \omega^2 y_1' \end{cases} \quad (6)$$

с начальным условием  $y_1(0) = -34^\circ\text{C}$ , дало результат, совпадающий с графиком, изображенным на рис. 1.

Сравнение графиков решений показало, что вычисленные величины (1) и (4) приемлемы для составления математической модели колебательного звена, которое, в свою очередь, представляет модель холодильной установки.

В теории автоматического управления колебательное звено обычно приводится к виду [4]:

$$T_0^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2\xi T_0 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k * x(t), \quad (7)$$

где  $y(t)$  – выходная температура,  
 $x(t)$  – выходная величина управления,  
 $k = \frac{y(t)}{x(t)}$  – коэффициент передачи,  
 $T_0$  – постоянная времени,  
 $\xi$  – относительный коэффициент демпфирования ( $0 < \xi < 1$ ).

Зная характеристики (1) и (4) холодильной установки, можно определить коэффициенты уравнения (7).

Разделим уравнение (3) на  $\omega^2$ :

$$\frac{1}{\omega^2} \ddot{\varphi} + 2 \frac{\nu}{\omega^2} \dot{\varphi} + \varphi = 0,$$

$$T_0^2 = \frac{1}{\omega^2} = 2.25249056, \quad T_0 = \frac{1}{\omega} = 1.50082995, \quad \xi = \frac{\nu}{\omega} = 0,3781703.$$

Уравнению (7) соответствует передаточная функция [5]

$$\omega(s) = \frac{k}{T_0^2 s^2 + 2\xi T_0 s + 1} = \frac{k\omega^2}{s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2} \quad (8)$$

Полюсы колебательного звена являются комплексными:

$$s_{1,2} = -\alpha \pm i\beta, \quad (9)$$

где  $\alpha = \frac{\xi}{T_0}$  – коэффициент затухания ( $\alpha = \nu = \frac{\delta\omega}{\pi} = 0.25197$ ),  
 $\beta = \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{T_0}$  – собственная частота колебательного звена (приблизительно равна 0.615849).

Переходная функция колебательного звена при ступенчатом воздействии  $x = 1(t)$ , определяется формулой:

$$h(t) = k * x(t) * \left( 1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} * e^{-\alpha t} * \sin \left( \beta * t + \arctg \left( \frac{\beta}{\alpha} \right) \right) \right). \quad (10)$$

Таким образом была получена математическая модель холодильной установки, как объекта управления в виде модели колебательного звена, широко используемая в теории автоматического управления.

Полученные в ходе расчетов коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , соответственно равные  $\alpha = 0.251974079$  и  $\beta = 0.615849$  показывают, что полюсы колебательного звена (9) гарантированно попадают в область устойчивости метода Рунге-Кутты 4-го порядка. Так же эти полюсы находятся внутри области устойчивости метода Эйлера, тем не менее, они расположены вблизи границы области устойчивости [6 и 7], где погрешности метода велики. Таким образом был выбран метод Рунге-Кутты 4-го порядка для построения математической модели холодильной установки Стирлинга.

Для выбора закона управления, вернемся к системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = y_2 \\ \dot{y}_2 = -2\nu y_2 - \omega^2 y_1 \end{cases} \quad (11)$$

Программа моделирования динамики холодильной установки при подаче на нее ступенчатого управляющего воздействия уже разработана. Для изменения поведения данной модели выберем закон управления по величине температуры и ее производной (скорости изменения) [8]:

$$M = z_2 * y_2 + z_1 * y_1 \quad (12)$$

и подставим его в систему (11):

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = y_2 \\ \dot{y}_2 = -2 \left( \nu - \frac{z_2}{2} \right) * y_2 + (\omega^2 - z_1) y_1 \end{cases} \quad (13)$$

Как видно, с помощью коэффициентов  $z_1$  и  $z_2$  закона управления становится возможным изменять параметры математической модели (11).

На данном этапе необходимо решить следующую проблему: холодильная установка, как объект управления, имеет всего один орган управления – входную величину требуемой температуры, прочие динамические характеристики машины изменены быть не могут.

Обратимся к двум разработанным ранее математическим моделям, одна из которых ведет себя так, как необходимо пользователю (13), а вторая представляет собой поведение холодильной машины Стирлинга.

Обозначим модель (13) как целевую функцию:

$$y_1 = f_{ц}(t) \quad (14)$$

А модель (10), как функцию объекта управления:

$$y = f_0(t) \quad (15)$$

Для обеспечения равенства  $y_1=y$ , введем множитель  $M$  и составим уравнение:

$$f_{ц}(t) = M * f_0(t) \quad (16)$$

тогда

$$M = \frac{f_{ц}(t)}{f_0(t)} \quad (17)$$

Таким образом, если на каждом шаге моделирования осуществлять прогноз величины  $y_1$  по модели (13) и прогноз величины  $y$  по модели (10), а затем рассчитывать коэффициент  $M$ , станет возможно подавать на вход машины Стирлинга уравнение, которое обеспечит требуемые параметры переходного процесса:

$$M = \frac{y_1}{y}, \quad (18)$$

$$h(t) = M * k * x(t) * \left( 1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} * e^{-\alpha t} * \sin \left( \beta * t + \arctg \left( \frac{\beta}{\alpha} \right) \right) \right). \quad (19)$$

Таким образом управление холодильной установкой ( $M$ ) представляет собой частное модели физической холодильной машины, на поведение которой невозможно повлиять (10) и модели, поведение которой поддается изменению с помощью закона управления.

#### Список используемых источников

1. Поляк Б. Т., Хлебников М. В., Рапопорт Л. Б. Математическая теория автоматического управления: учеб. пособие. М.: ЛЕНАНД, 2019. 504 с.
2. Медведев Ю. И., Курс лекций по теории автоматического управления часть 1: учеб. пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. 110с.
3. Холл Дж., Уатт Дж. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Пер. с англ. В. В. Поспелова и Б. П. Герасимова, под ред. А. Д. Горбунова, М.: Изд-во Мир, 1979. 312 с.
4. Щербаков В. С., Лазута И. В. Теория автоматического управления. Линейные непрерывные системы: учеб. пособие. Омск: СибАДИ, 2017. 142 с.
5. Лазарева Т. Я., Мартемьянов Ю. Ф. Основы теории автоматического управления: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 352 с.
6. Костельцев В. И. Исследование численных методов анализа динамических систем. Препринт № 22. Л.: ЛИИАН, 1986. 38 с.
7. Костельцев В. И. Динамические свойства численных методов интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Препринт № 23. Л.: ЛИИАН, 1989. 63 с.
8. Бесекерский В. Л., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - Изд. 4-е, перераб. и доп. — СПб: Изд-во «Профессия», 2003. 752 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
старшим преподавателем кафедры ПИиВТ СПбГУТ Нееловой О. Л.*

УДК 621.373.52

Н. В. Верликов (студент группы ФП-31м, СПбГУТ)  
[verlikov@internet.ru](mailto:verlikov@internet.ru)

## ГЕНЕРАТОР ШУМА НА АКТИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ С ГИБРИДНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

*В данной работе исследуется возможность использования в цепи положительной обратной связи устройств фазовой корректуры. Приведена структурная схема генератора шума, который синтезирован на транзисторе с положительной обратной связью. Рассматриваются различные варианты цепей ПОС, а также фазовые корректоры с распределенными параметрами.*

*генератор, положительная обратная связь, фазовый корректор, транзистор СВЧ, фильтр*

**Verlikov N.** Noise Generator on an Active Element with Hybrid Feedback.

*This paper investigates the possibility of using phase correction devices in a positive feedback circuit. The structural diagram of a noise generator synthesized on a transistor with positive feedback is given. Various variants of positive feedback circuits are considered, as well as phase correctors with distributed parameters.*

**Key words:** generator, positive feedback, phase corrector, microwave transistor, filter

Генерации СВЧ шума сегодня уделяется огромное внимание, и данная задача для современной электроники микроволнового диапазона имеет множество проблем.

Для генерации микроволнового шума нужен широкополосный активный элемент (усилитель), который может “шуметь” в достаточно широком диапазоне частот на одном и том же уровне. Для начала была поставлена цель синтезировать микроволновые генераторы шума в заданном частотном диапазоне. Результатом данной работы должна стать схема микроволнового генератора шума с возможностью регулировки полосы и уровня шума [1].

Классические генераторы шума, как и обычные генераторы синусоидального сигнала, синтезируются с помощью усилителя, охваченного ПОС. Так как сигнал, пришедший с выхода через цепь ПОС на вход устройства, смещает свою фазу на 360 градусов, то происходит автогенерационный процесс, и мы получаем генератор шума или синусоидального сигнала.

При синтезе СВЧ генератора шума на транзисторе, охваченном ПОС, была предложена идея использовать фильтр и фазовый корректор в цепи положительной обратной связи (рис. 1). В данном случае в цепи обратной связи будет происходить корректировка полосы частот и фазы, чтобы транзистор генерировал СВЧ шум в широкой полосе частот, задаваемой цепью коррекции.

Рассмотрим цепь обратной связи подробно. Так как синтез фильтров не вызывает затруднений, то обратим внимание на работу и синтез фазового корректора. Фазовые корректоры являются неминимально-фазовыми цепями, которые в основном используются при проектировании ряда аналоговых устройств, чтобы добиться требуемой фазовой характеристики, при этом никак не влияя на полученную амплитудно-частотную характеристику. Основной конечной целью чаще всего является получение линейной фазовой характеристики по частоте каскада из цепи, фазовую характеристику которой нужно скорректировать, и фазового корректора. Чаще фазовые корректоры используют последовательно с фильтром, чтобы, никак не меняя амплитудно-частотную характеристику, скорректировать фазовую характеристику устройства частотной селекции до линейной [2]. Проектирование в САПР *RFSim99* доказывает, что фазовая корректура в микроволновом диапазоне реализуема и требует современного подхода к синтезу и разработке устройств. Данные устройства очень сложны при разработке и не всегда имеют физическую реализацию за счет крайне малых значений элементов емкостей и индуктивностей.

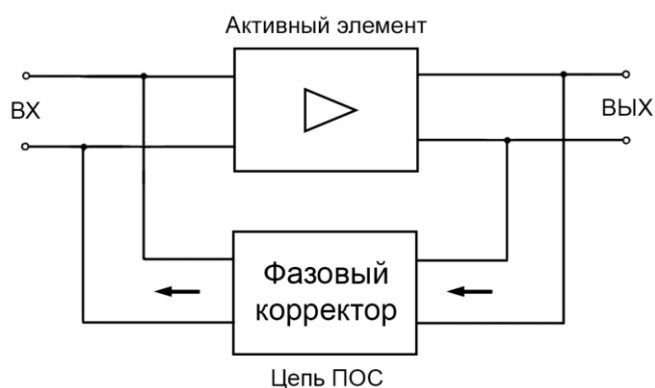


Рис. 1. Структурная схема активного элемента, охваченного ПОС

Проблемой при расчете фазового корректора на СВЧ являются не только слишком маленькие номиналы элементов, но и сам факт того, что в широком диапазоне частот сохранять абсолютно постоянную фазочастотную характеристику невозможно. Поэтому возникла идея поставить несколько фазовых корректоров в цепи ПОС параллельно. При этом их ФЧХ должна иметь максимальную крутизну. Таким образом, можно добиться в рабочей полосе частот резкого изменения фазы в больших количествах, а это значит, что сигнал будет чаще приходиться со 180-градусным смещением с цепи ПОС на вход усилителя. Также вполне возможно воссоздать хоть и не постоянное 180-градусное смещение, но близкое к нему, при этом в рабочей полосе должна наблюдаться теперь уже минимальная крутизна ФЧХ. Так, сигнал будет приходиться с цепи ПОС с требуемой фазой, но с некоторой погрешностью. Данный вариант был спроектирован в *RFSim99*, но, как сказано ранее, его физическая реализация сложна (рис. 2).

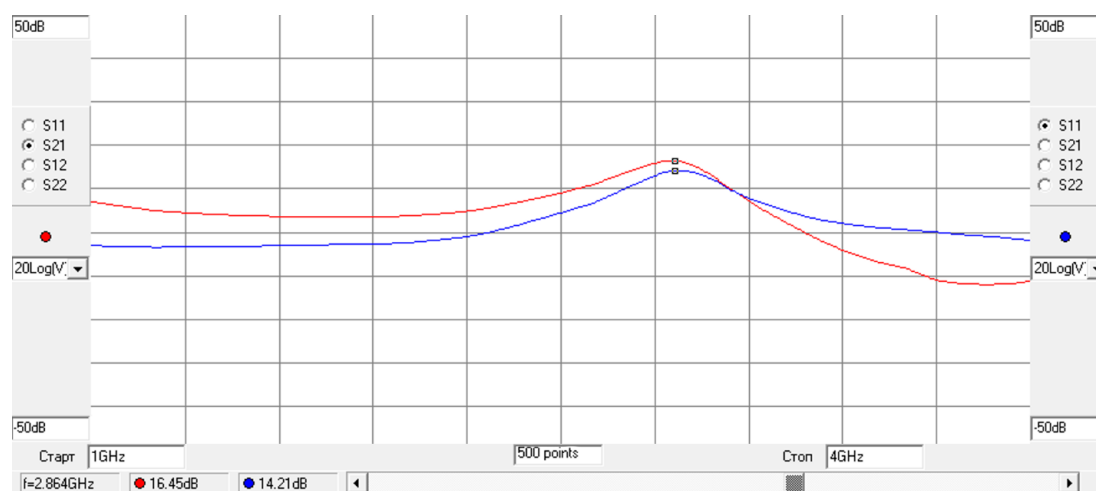


Рис. 2. График зависимости S21 и S11 параметров от частоты (САПР RFSim99)

Расчет и синтез корректоров ГВЗ (что есть то же самое, что фазовый корректор) – это комплексная задача, которой в основном занимаются программы оптимизации и оптимального проектирования, использующие различные методы для нахождения наиболее оптимальных расчетных номиналов элементов. Так, в источнике [3] рекомендуется использовать оптимизационную подпрограмму Флетчера-Пауэлла, где при синтезе нужно задавать число попыток, величину шага в градиентном направлении и величину минимальной разности между значениями функции качества в двух соседних точках многомерного пространства для нахождения оптимального результата.

Так как автогенерация в рассмотренном принципе будет происходить во всем возможном для данного транзистора частотном диапазоне, то на выход цепи на рисунке 1 будет целесообразно поставить широкополосный фильтр с граничными частотами, требуемыми для конкретной задачи. Теоретически, также фильтр может быть поставлен в цепь обратной связи, но так как он тоже имеет свою ФЧХ, то соответствовать требованиям для ПОС будет сложнее. В таком случае можно использовать фильтр Гаусса, который характерен своим малым изменением ФЧХ в рабочей полосе частот, но данный фильтр в основном проектируется для низких частот, поэтому его физическая реализация в диапазоне СВЧ пока что под вопросом.

В справочнике [4] наряду с фильтрами описано использование фазовых корректоров, а также приведено несколько фазокорректирующих звеньев, из которых, по-видимому, наиболее приспособляемыми к использованию в микроволновом диапазоне являются схемы, приведенные на рисунке 3. Их можно считать более пригодными для СВЧ за счет подавляющего количества емкостных элементов, низкие номиналы которых легче получить, чем у индуктивностей.



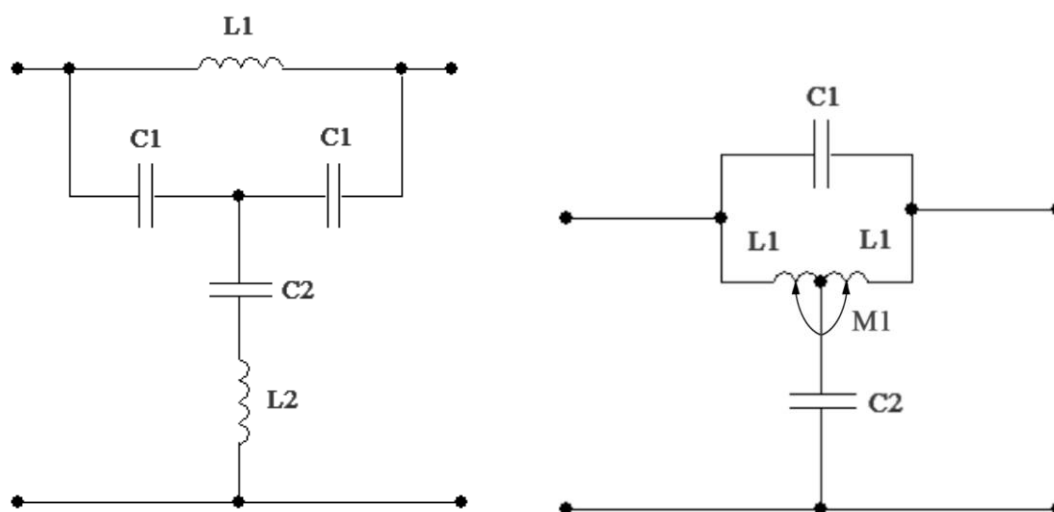


Рис. 3. Схемы фазокорректирующих звеньев

Таким образом, в данной работе рассматриваются решения для стабильной цепи ПОС в схеме с активным элементом для автогенерации колебаний. В зависимости от результатов, информация может быть использована в дальнейшем проектировании широкополосного шумового генератора в микроволновом диапазоне.

#### Список используемых источников:

1. Ларионова, А. К. Исследование микроволнового генератора шума, нагруженного многозаходной спиральной структурой / А. К. Ларионова, Э. Ю. Седышев, С. И. Федоров // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2023. Т. 1. С. 672–676. EDN ЕНУКУВ.
2. Белецкий А. Ф. Теория линейных электрических цепей: Учебник. СПб.: «Лань», 2017. 544 с.
3. Алексеев Л. В., Знаменский А. Е., Лоткова Е. Д. Электрические фильтры метрового и дециметрового диапазонов. М., «Связь», 1976. 280 с.
4. Ханзел Г. Справочник по расчету фильтров / Перевод с английского В. А. Старостина. Под редакцией А. Е. Знаменского. М.: Советское радио, 1974. 288 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук,  
доцентом кафедры электроники СПбГУТ Э. Ю. Седышевым*

УДК 621.372.21

И. С. Воронков (студент группы ФП-31м, СПбГУТ)

[is-voronkov@yandex.ru](mailto:is-voronkov@yandex.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЬЦЕВОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА НА НЕРЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЕ СО СКАЧКОМ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

*В данной работе рассматривается кольцевой эллиптический резонатор, который имеет скачкообразное изменение волнового сопротивления. Основная задача исследования заключена в том, чтобы понять, как меняется частотная характеристика в зависимости от скачка. Скачкообразное изменение волнового сопротивления достигается с помощью изменения ширины МПЛ. За счет чего будет меняться АЧХ исследуемого устройства относительно кольца на регулярной структуре.*

*СВЧ, нерегулярные линии, кольца, стоячая волна, бегущая волна*

**Voronkov I.** Study of the Ring Elliptical Resonator on an Irregular Structure with a Jump in Wave Impedance.

*This paper considers a ring elliptical resonator that has a jump in wave impedance. The main objective of the study is to understand how the frequency response changes depending on the jump. A jump in wave impedance is achieved by changing the width of the MPL. Due to which the frequency response of the device under study will change relative to the ring on a regular structure.*

**Key words:** microwave, irregular lines, rings, standing wave, traveling wave

### 1. Введение

Кольцевой эллиптический резонатор на микрополосковой линии представляет собой металлизированное кольцо, которое связано с питающей линией гальванической связью [1]. Размер кольца и резонансная частота напрямую зависят друг от друга. В кольцевом эллиптическом резонаторе на регулярной структуре существует смешанная волна, при наличии возможности ограничить движение волны по направлению можно добиться режима бегущей волны [2]. При наличии скачка волнового сопротивления, выполненного с помощью различной ширины полосковой линии, в кольце обязательно появляется стоячая волна (из-за того, что часть волны отражается от линии с иным волновым сопротивлением) [3]. Собственно, на этом принципе и строится все исследование.

В данной работе рассчитывается и моделируется нерегулярное кольцо. Сравним данное кольцо с кольцом на регулярной структуре. Характеристики исследуемого кольца представлены ниже:

$$E = 2.5;$$

$$W = 3 \text{ мм (От 3 до 6 мм в случае с нерегулярным кольцом);}$$

$$H = 500 \text{ мкм;}$$

$$D = 50 \text{ мм.}$$

На рисунке 1 представлен макет исследуемого кольца.

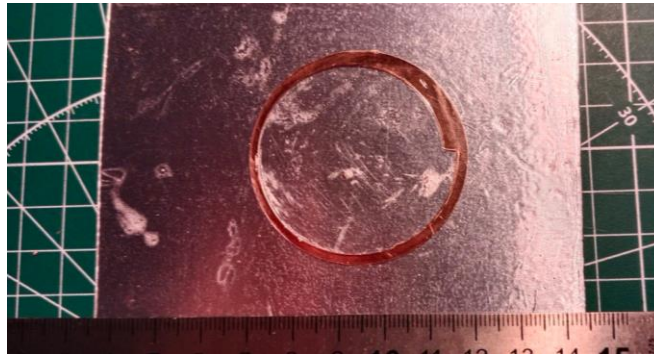


Рис 1. Макет исследуемого кольца

## 2. Эмуляция и моделирование

Создадим эквивалентную схему нерегулярного кольца из 14 элементов, каждый из которой имеет свои характеристики. Эмуляция работы схемы была проведена в САПР RFSim99 в диапазоне 2–4 ГГц. Данный диапазон был выбран с учетом возможностей макетирования и измерительного парка лаборатории СВЧ СПбГУТ. На рисунке 2 представлены принципиальные схемы колец регулярной и нерегулярной структур соответственно.

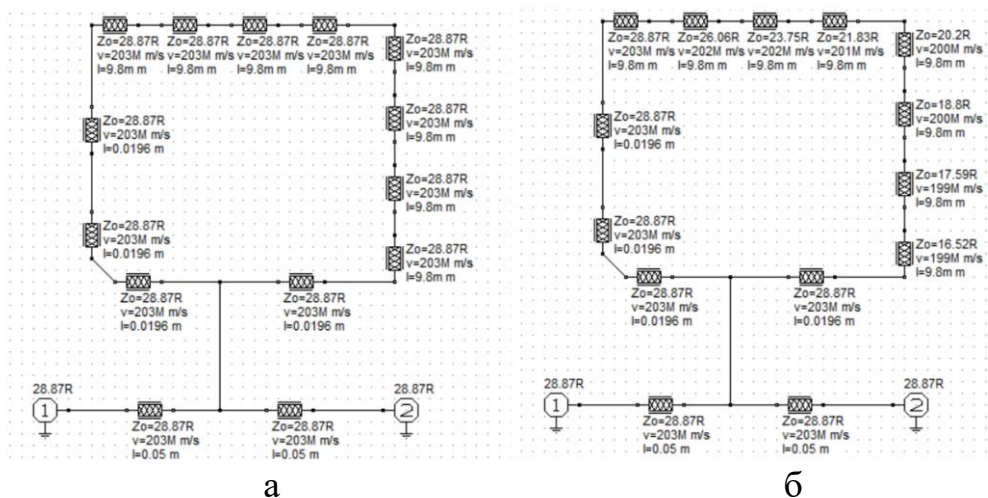


Рис. 2. Регулярное кольцо (а), с волновым скачком (б)

Так же на рисунке 3 и 4 представлены графики симуляции данных принципиальных схем. Из них следует, что за счет рассогласования волнового тракта на частоте 2,579 ГГц появляется дополнительный резонанс, которого нет в регулярном кольце.

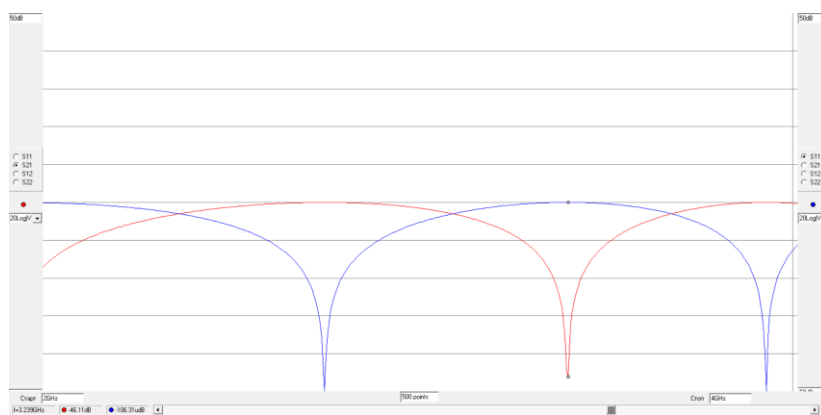


Рис. 3. АЧХ регулярного кольца

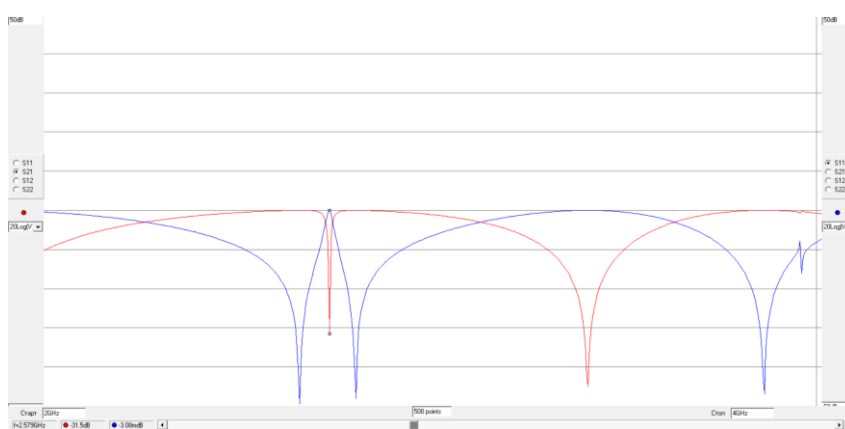
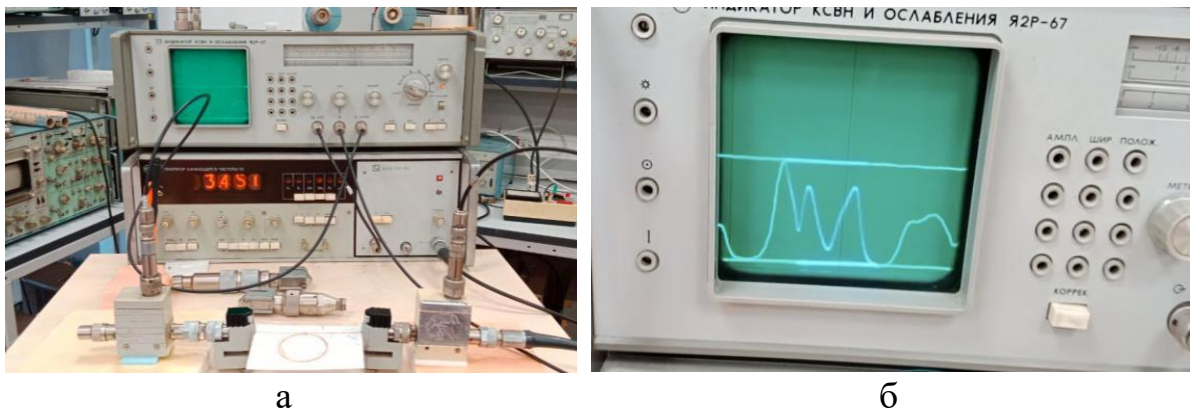


Рис. 4. АЧХ нерегулярного кольца

### 3. Экспериментальные результаты

Для оценки реальной работы устройств были использованы: генератор качающей частоты – P2-54, индикатор КСВН и ослабления – Я2Р-67. Структурная схема подключения лабораторной установки представлена на рисунке 5. Первый резонанс получен на частоте 2,163 ГГц при ослаблении 19 дб, второй на частоте 3,451 ГГц с ослаблением в 24 дб.



Рисю 5. Лабораторная установка (а); АЧХ исследуемого кольца (б)

#### 4. Заключение

После осмысления полученных результатов моделирования и эксперимента было установлено, что на частоте 2,579 ГГц появляется дополнительный резонанс, которого не было в регулярном кольце. Хотя на лабораторном стенде была получена иная частота (2,163 ГГц) это можно объяснить погрешностями при создании макета и так же, влиянием внешних сил (электромагнитных излучений и различных помех). Погрешности измерений не влияют на тот факт, что в кольце появился дополнительный резонанс, которого раньше не было. Его появлению определено рассогласованием цепи, что является поводом для дальнейших исследований и поиском взаимосвязи между данными явлениями.

#### Список используемых источников:

1. Иванищева Е. Ф., Седышев Э. Ю. Устройство направленного ответвления мощности на связанных нерегулярных линиях: материалы всерос. научно-метод. конф. ПКМ 2022, СПб, 6 – 8 дек. 2022 г.: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2021. С. 56–61.
2. Малорацкий Л. Г., Явич Л. Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. М.: Советское радио, 1972. 132 с.
3. Гвоздев В. И., Нефедов Е.И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985 256 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук, доцентом Седышевым Э. Ю.*

УДК 621.391.14

А. В. Гаркавая (студент гр. ФП-02, СПбГУТ), [alisagarkavaya@mail.ru](mailto:alisagarkavaya@mail.ru)

П. П. Шумаков (к. т. н., заведующий каф. электроники СПбГУТ)

## СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА В ПРОМЫШЛЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

*В данной статье проведен обзор технологий позиционирования внутри промышленных помещений и методов реализации точного определения местоположения сетевого устройства при использовании mesh-сетевой технологии Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE). В результате работы была реализована система, способная определять координаты подвижного объекта в реальном времени в промышленном помещении на базе аппаратного обеспечения ESP32.*

*Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE), уровень принимаемого сигнала (RSSI), методы позиционирования, трилатерация*

**Garkavaya A., Shumakov P.** System for Determining the Coordinates of a Moving Object in an Industrial Premises Using Radio Emission Sensors.

*This article provides an overview of positioning technologies inside industrial premises and methods for implementing precise location determination of a network device using Bluetooth low energy (BLE) mesh network technology. As a result of the work, a system was implemented that is capable of determining the coordinates of a moving object in real time in an industrial premises based on ESP32 hardware.*

**Key words:** Bluetooth low energy (BLE), received signal strength (RSSI), positioning methods, trilateration

### Введение

Позиционирование представляет собой процесс определения местоположения объекта в пространстве. Традиционные технологии глобального позиционирования, такие как ГЛОНАСС и GPS, а также технологии мобильной связи LTE и 5G, неэффективны в условиях замкнутых пространств, где сигналы спутников или базовых станций значительно ослабляются или полностью блокируются стенами и перекрытиями промышленных объектов.

В связи с этим, разработка технологий и методов позиционирования для высокоточного определения координат как подвижных, так и стационарных объектов внутри промышленных сооружений и помещений остается актуальной задачей. Для внутреннего позиционирования применяются различные технологии, включая Wi-Fi, Bluetooth, UWB, RFID, MEMS, компьютерное зрение, магнитное поле, ультразвук и инфракрасное излучение. Некоторые из этих технологий уже нашли широкое применение в различных сервисах, связанных с поиском предметов и объектов.

Особенно перспективными для позиционирования внутри помещений являются беспроводные персональные самоорганизующиеся сети (mesh), основанные на стандарте IEEE 802.15.1 (Bluetooth) и спецификациях Bluetooth 5.X с низким энергопотреблением - Bluetooth Low Energy (BLE). Технология BLE обеспечивает эффективную передачу данных на короткие расстояния (~100 м) благодаря программно-аппаратному интерфейсу с минимальным энергопотреблением. Это достигается за счет алгоритма, включающего передатчик только на время отправки данных, что позволяет устройству работать от автономной батареи 3.5 В в течение нескольких лет.

Низкая мощность радиопередатчика (+4 дБм или 2.5 мВт) снижает проблемы с переотражениями сигналов и их многолучевым распространением. Устройства BLE способны определять уровень мощности сигнала (RSSI) в децибелах, что позволяет аппроксимировать расстояние между устройствами. В данной работе рассматриваются методы позиционирования внутри промышленных помещений, использующие возможности технологии BLE.

Для реализации услуг на основе определения местоположения необходимо сформировать ячеистую сеть (mesh) из устройств BLE, в которой должны быть известны трехмерные координаты минимум двух BLE узлов. Узлы такой сети подключаются, инициализируются, конфигурируются специальным приложением и имеют уникальные адреса.

Все BLE устройства до подключения в mesh-сеть являются широковещательными маяками (beacons), а после подключения становятся узлами сети. Все узлы могут публиковать свои виртуальные адреса и подписываться на адреса других узлов путем передачи-приема специальных сообщений, работая по модели сервера, модели клиента или модели управления.

Технология маяка Bluetooth является приложением стандарта BLE. Маяк широковещательно передает информацию о себе (адрес, UUID). Приложение на устройстве BLE, получающее это сообщение, изучает базу данных сети, чтобы распознать информацию и затем сообщает пользователю информацию, связанную с местоположением этого маяка.

Маяки могут быть размещены в определенных точках пространства (стены и потолки помещения), их сообщения могут быть приняты и интерпретированы другими устройствами, такими как смартфоны или специализированные приемники.

## **Методы позиционирования и определения координат в сетях BLE**

Системы позиционирования на основе BLE позволяют определять местоположение объектов внутри помещений с высокой точностью используя информацию об уровне мощности сигнала [3], поступающего от маяка (уровень RSSI в децибелах). При этом используются методы трилатерации для определения только расстояния от маяков до объекта или триангуляции



(оценивается дальность и угловое направление), для последующего определения местоположения BLE устройства.

Оценка дальности до маяка связана с уровнем его стандартной мощности +4 ДБм следующим соотношением:

$$D = 10^{\left(\frac{\text{Измеренная мощность} - \text{RSSI}}{10 \cdot N}\right)}, \quad (1)$$

где RSSI – уровень принимаемого сигнала, дБ;  $N=2\dots4$  – характеристика среды распространения сигнала в помещении – для контактных маячков.

Для каждого маячка измеренная мощность будет калиброваться как значение RSSI в 1 метр.

Метод трилатерации для оценки местоположения BLE-устройства использует значения RSSI от двух или трех маяков с известными координатами. Этот метод позволяет определить расстояние между маяками и устройством, но не направление. Положение устройства может быть определено как точка пересечения окружностей, центры которых находятся в координатах маяков, а радиусы определяются по RSSI. Для точного позиционирования требуется, чтобы три маяка не находились на одной прямой, чтобы их окружности пересекались в общей области (рис. 1).

Однако, из-за отсутствия информации о направлении сигнала, три окружности могут не иметь общей точки пересечения. Для повышения точности могут быть применены методы фильтрации, такие как фильтрация Калмана или метод наименьших квадратов. Недостатки метода связаны с влиянием окружающей среды, которое вызывает многолучевое замирание сигналов и снижает точность оценки расстояния по RSSI.

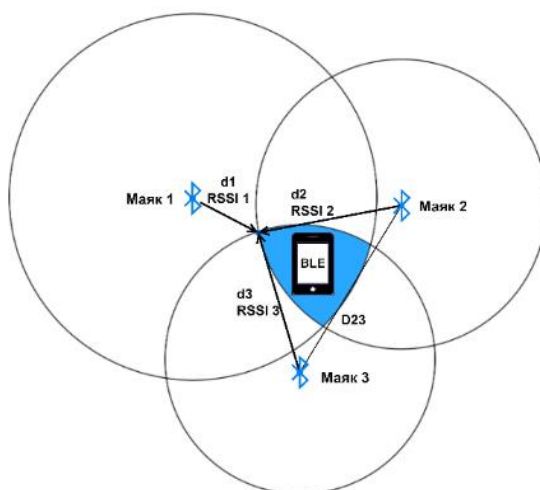


Рис. 1. Трилатерация

Триангуляция является методом вычисления положения BLE, который использует известное расстояние между двумя или тремя маяками и измеренные углы, определенные в направления BLE с каждым маяком.

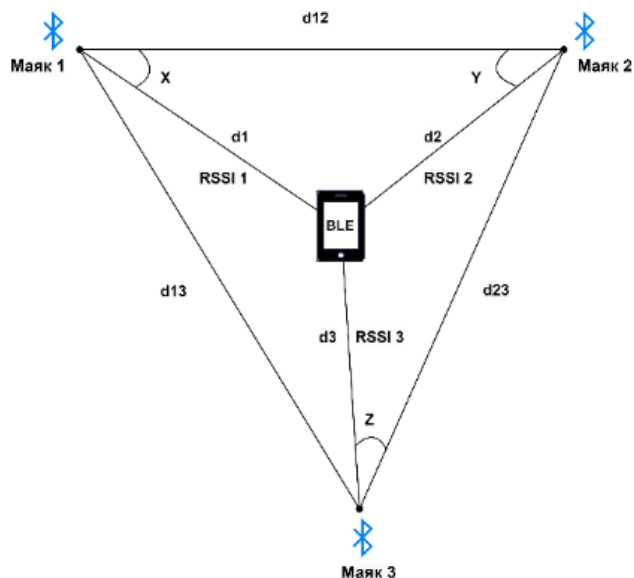


Рис. 2. Метод триангуляции

### Реализация программно-аппаратной системы определения координат с использованием технологии Bluetooth

Компонентная диаграмма системы определения координат представлена на рис. 3.

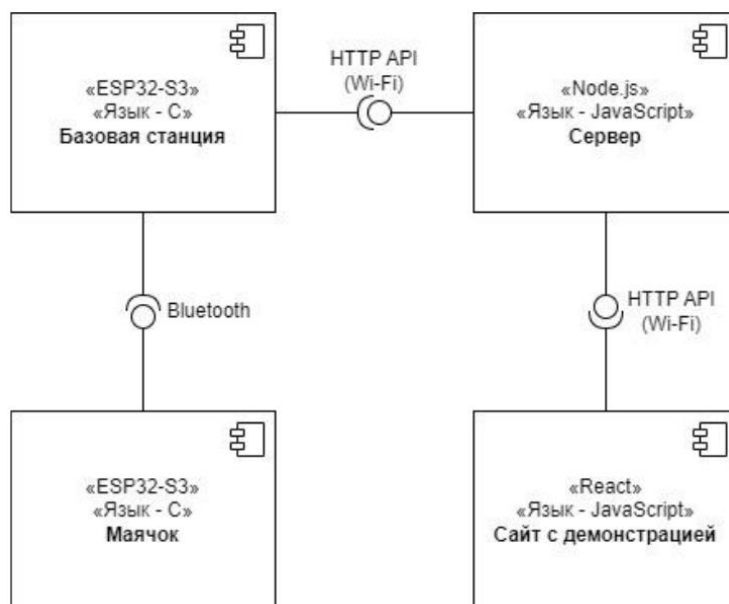


Рис. 3. Компонентная диаграмма системы определения координат

Программа базовой станции выполняет периодическое сканирование устройств Bluetooth и выводит информацию о найденных устройствах (RSSI, MAC-адрес).

Программа маячка инициализирует Bluetooth на ESP32, запускает передачу информации об устройстве BLE другим устройствам в области распространения сигнала и периодически повторяет попытки передачи. Таким образом маячок с именем “Beacon num 6” становится видим базовой станции.

При обмене данными через HTTP API, базовая станция отправляет запросы на сервер, содержащие информацию о RSSI и MAC-адресе. Сервер, в свою очередь, может анализировать эти данные, управлять устройствами или предоставлять информацию для дальнейшего использования.

Данные, поступающие с сервера, передаются на React веб-сайт с использованием HTTP API с целью их демонстрации и визуализации.

Для реализации такого обмена данными используются различные протоколы и форматы данных, такие как JSON.

Для расчета местоположения реализованы метод Гаусса и метод градиентного спуска для минимизации функции, которая представляет собой сумму квадратов расстояний от некоторой точки до центров окружностей, с учетом их радиусов. Причем метод Гаусса будет работать только в том случае если три окружности пересекаются, а алгоритм градиентного спуска если окружности не пересекаются, все равно сможет найти точку, которая минимизирует заданную функцию.

Также в систему были введены фильтры для фиксации уровня показателя принимаемого сигнала: фильтр Калмана, усеченное среднее, линейная интерполяция.

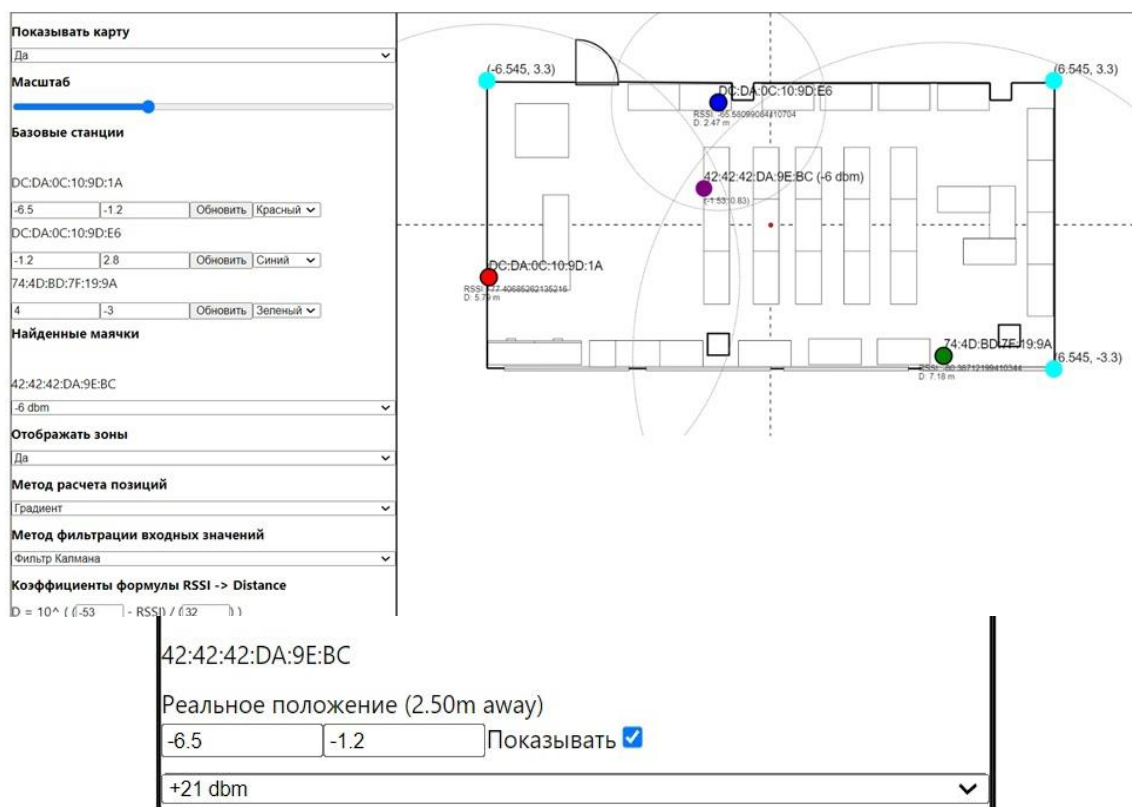


Рисунок 4. Интерфейс системы позиционирования

В ходе проведенных исследований была достигнута максимальная точность системы позиционирования, составляющая <5 метров. Для оптимизации процесса позиционирования был экспериментально выбран градиентный метод, дополненный фильтром линейной интерполяции с коэффициентом  $T=0,8$ . Этот подход позволил улучшить стабильность и точность определения местоположения в рамках исследуемой системы.

#### Список используемых источников

1. Андреев Р. А., Остроумов С.И., Федоров А.С. Методы позиционирования в сетях Wi-Fi URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-pozitsionirovaniya-v-setyah-wi-fi/viewer>
2. Нгуен Д. А., Нургалиев Р. К. Техника позиционирования радиосигнала и алгоритмы позиционирования трилатерации / мультилатерации // Санкт-Петербург, Научные исследования в современном мире. Теория и практика; фундаментальные и прикладные исследования. Актуальные проблемы и достижения; современные методы и инновации в науке; исследование и практика в социально-экономической и гуманитарной сфере. ГНИИ «Нацразвитие». СПб, 2021.
3. Фокин Г.А. Технологии сетевого позиционирования 5G. М: Горячая Линия-Телеком, 2022. 456 с.

УДК 621.375.4

**А. А. Макаров** (студент гр. ФП-02, СПбГУТ)  
makarov-alex-7@yandex.ru

## МАЛОШУМЯЩИЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

*В данной статье представлены разработка и исследование малошумящего транзисторного усилителя сверхвысоких частот. Рассматривается актуальность данного устройства, его основные характеристики, такие как коэффициент усиления и коэффициент шума. Особое внимание уделено проектированию схемы усилителя для достижения высокой эффективности и минимизации шумов. Проводится расчет однокаскадного малошумящего транзисторного усилителя и анализ его характеристик, вычисляются параметры и конструктивные размеры согласующих трансформирующих цепей на входе и выходе усилителя, а также моделируется усилитель с помощью пакета программ Microwave Office. Так как данное устройство активно используется в радиоприемной, радиопередающей и измерительной аппаратуре, результаты выполненного исследования могут быть полезны при проектировании и создании современных устройств на основе транзисторных усилителей для работы в сверхвысококачастотном диапазоне.*

*транзисторный усилитель, сверхвысокие частоты, малошумящий транзисторный усилитель, коэффициент шума, коэффициент усиления*

**Makarov A.** Low-Noise Transistor Amplifier of Ultra-High Frequencies.

*This article presents the development and study of a low-noise transistor amplifier of ultra-high frequencies. The relevance of this device, its main characteristics, such as gain and noise figure, are considered. Particular attention is paid to the design of the amplifier circuit to achieve high efficiency and minimize noise. The calculation of a single-stage low-noise transistor amplifier and analysis of its characteristics are carried out, the parameters and design dimensions of the matching transforming circuits at the input and output of the amplifier are calculated, and the amplifier is modeled using the Microwave Office software package. Since this device is actively used in radio receiving, radio transmitting and measuring equipment, the results of the study can be useful in the design and creation of modern devices based on transistor amplifiers for operation in the ultra-high frequency range.*

**Key words:** transistor amplifier, ultra-high frequencies, low-noise transistor amplifier, noise figure, gain

Усилители сверхвысококачастотных (СВЧ) сигналов играют важную роль в радиотехнических системах и от их параметров во многом зависят характеристики системы в целом. Поэтому к шумовым параметрам, полосе частот, мощности, надежности и т. д. предъявляются жесткие требования.

Так как основным источником помех в СВЧ являются собственные шумы приемника, в данной работе особое внимание будет уделено именно малошумящему транзисторному усилителю. Стоит упомянуть, что в приемниках сверхвысоких частот приходится применять совершенно другую элементную

базу и материалы для основных узлов. В качестве резонансных систем применяются отрезки коаксиальных или микрополосковых линий и объемные резонаторы. Но, не смотря на трудности освоения высокочастотного диапазона, на сегодняшний день элементная база приемников сверхвысоких частот интенсивно развивается, что приводит к созданию новых технологических решений и к улучшению характеристик приемных устройств.

Основное функциональное назначение усилителя – это увеличение уровня (размаха колебаний, амплитуды или средней мощности) входного сигнала без искажений его формы, спектрального состава или ухудшения отношения сигнал/шум.

Усилители СВЧ можно классифицировать по различным признакам: по схемному решению, по способу изготовления, по широкополосности, по уровню шума и т. п. [1]. На рис. 1 приведена классификация транзисторных усилителей СВЧ по некоторым из этих признаков.

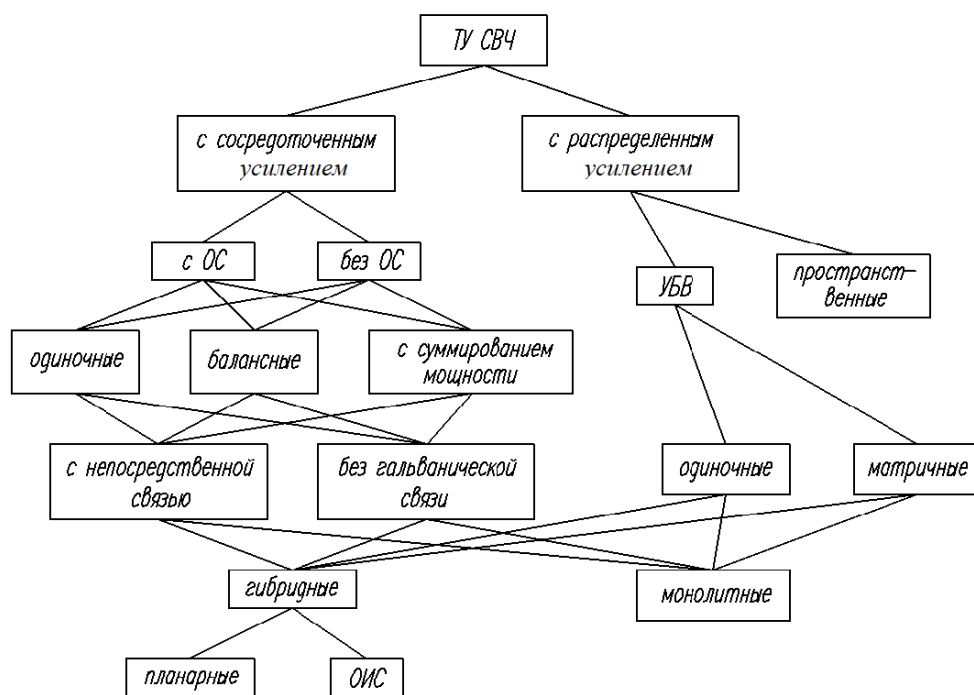


Рис. 1. Классификация транзисторных усилителей СВЧ

Так усилители с сосредоточенным усилением без обратной связи (ОС) обычно бывают узкополосными и имеют малый уровень шума.

Введение ОС способствует увеличению широкополосности, но снижает устойчивость схемы. А также в случае наличия в цепи ОС резистивного элемента повышается уровень шумов усилителя.

Усилители с распределенным усилением (УРУ) позволяют достичь большой мощности выходного сигнала на низкоомной нагрузке за счет сложения токов транзисторов в выходной линии. Однако УРУ отличает сложная схемная реализация и низкий КПД. Усилители с распределенным усилением

являются сверхширокополосными (до нескольких октав), относительно компактными и технологичными. Однако, вследствие их сверхширокополосности, они обладают значительными собственными шумами и КСВН.

На данный момент нет точного разграничения усилителей на малошумящие (МШУ) и обычные, но принято считать, что к МШУ относятся усилители с коэффициентом шума меньше 4–5 дБ, а при более жестких требованиях – не больше 3 дБ.

К самим МШУ СВЧ предъявляется комплекс требований, которые одновременно на практике оказывается довольно сложно реализовать. Они должны обладать:

- очень малым коэффициентом шума;
- высоким коэффициентом усиления;
- широким динамическим диапазоном;
- равномерной АЧХ и линейной ФЧХ в широкой полосе частот.

Для современных транзисторных МШУ с шириной диапазона рабочих частот 10 – 20 % лучшие результаты по коэффициенту шума достигают 0.3 дБ на частотах порядка 1 ГГц, приблизительно 0.5 – 3 дБ на частотах – 2 – 30 ГГц и до 4 – 5 дБ – на 40 ГГц.

Значимым для малошумящего транзисторного усилителя (МТУ) является выбор активного элемента (АЭ), по которому можно определить параметры источника питания и условия применения усилителя. Для данного типа усилителей АЭ – это (кремниевые и германиевые) биполярные транзисторы (БТ) или (кремниевые или арсенид галлиевые) полевые транзисторы (ПТ), которые способны сочетаться с резонансными устройствами, элементами интегральных схем и полосковыми (микроросковыми) линиями передач.

В связи с лучшими показателями коэффициента устойчивости и коэффициента усиления в данной статье был рассмотрен усилитель на полевом транзисторе, построенный по схеме с общим истоком.

Как было сказано выше, важным элементом для малошумящего транзисторного усилителя является его активный элемент. На сегодняшний день промышленностью выпускаются кремниевые биполярные и GaAs полевые СВЧ транзисторы с рабочими частотами до 30 ГГц. Были изучены технические спецификации нескольких отечественных и зарубежных транзисторов. Особое внимание уделялось рабочей частоте, коэффициенту шума и коэффициенту усиления. Основные параметры СВЧ транзисторов даны в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Параметры СВЧ транзисторов

Тип транзистора	$f_0$ , ГГц	$K_{ш \min}$ , дБ	$K_p$ , дБ	$P_{\text{вых}}$ , мВт
NE3503M04	12.0	0.46	10	125
ЗП328А-2	12.0	4.5	9.0	50
ПТШ618В	8.0	0.5	10	125



Таким образом, в качестве активного элемента был выбран транзистор NE3503M04, так как он имеет меньший коэффициент шума, достаточный коэффициент усиления и способен работать на необходимой частоте.

Далее был произведен расчет однокаскадного малошумящего транзисторного усилителя на заданной частоте  $f_0 = 12$  ГГц при заданных условиях  $K_{ш} \leq 1$  дБ и  $K_p \geq 10$  дБ. Так же в таблице 2 указаны данные, необходимые для расчета усилителя СВЧ: параметры рассеивания (S-параметры),  $K_{ш \min}$  минимальный коэффициент шума транзистора, соответствующий ему  $\Gamma_{гш \text{ опт}}$  коэффициент отражения импеданса генератора сигнала во входной плоскости транзистора и  $K_{ш0}$  коэффициент шума транзистора в стандартном 50-омном тракте.

ТАБЛИЦА 2. Необходимые данные для расчета

Параметры рассеивания $\underline{S}_{ij}$	$\underline{S}_{11}$	$0.415e^{-j162.5^\circ}$
	$\underline{S}_{12}$	$0.117e^{j22.7^\circ}$
	$\underline{S}_{21}$	$3.836e^{j22.7^\circ}$
	$\underline{S}_{22}$	$0.24e^{-j97.3^\circ}$
Минимальный коэффициент шума транзистора (дБ)	$K_{ш \min}$	0.46
Коэффициент отражения импеданса	$\Gamma_{гш \text{ опт}}$	$0.388e^{j133.2^\circ}$
Коэффициент шума транзистора в стандартном 50-омном тракте (дБ)	$K_{ш0}$	1.2

Расчет коэффициента усиления проводился по формуле:

$$K_p \max = \left| \frac{S_{21}}{S_{12}} \right| (K_y \pm \sqrt{K_y^2 - 1}).$$

В результате получился  $K_p \max = 14$  дБ.

В свою очередь расчет коэффициента шума усилителя  $K_{ш}$  определялся для режима  $K_p \max$ :

$$K_{ш} = K_{ш \min} + \frac{(K_{ш0} - K_{ш \min}) |\Gamma_r - \Gamma_{гш \text{ опт}}|^2}{|\Gamma_{гш \text{ опт}}|^2 (1 - |\Gamma_r|^2)}.$$

Получили  $K_{ш} = 0.71$ .

Для согласования входных и выходных импедансов АЭ с 50-омным трактом ввели согласующие трансформирующие цепи (СТЦ). На данной частоте СТЦ применяются в микрополосковом исполнении. В качестве материала для микрополосковой линии (МПЛ) был выбран поликор с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r = 9.6$ .

Далее на рис. 2 продемонстрирована собранная модель усилителя вместе с согласующими трансформирующими цепями.

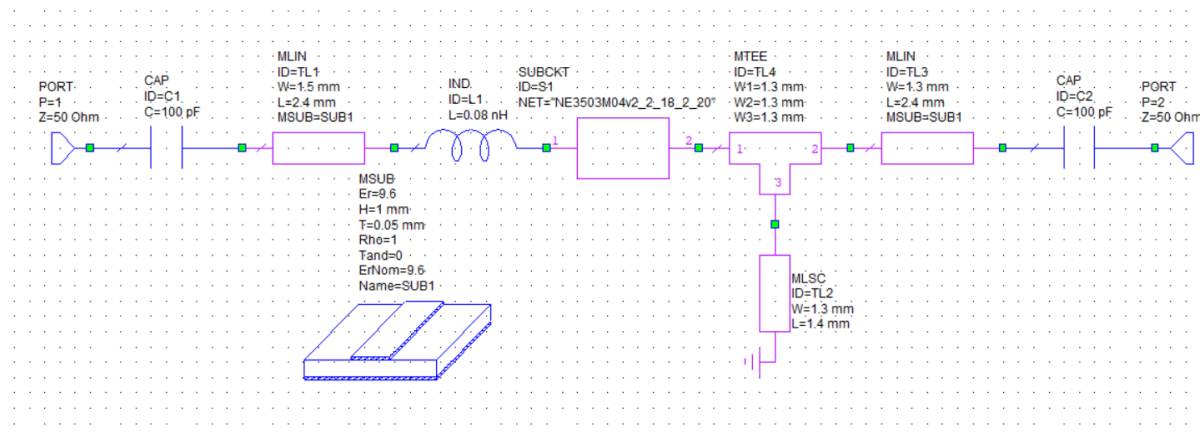


Рис. 2. Модель усилителя с СТЦ

Результаты исследования зависимости коэффициентов усиления и шума от частоты собранной модели показаны на рис. 3.

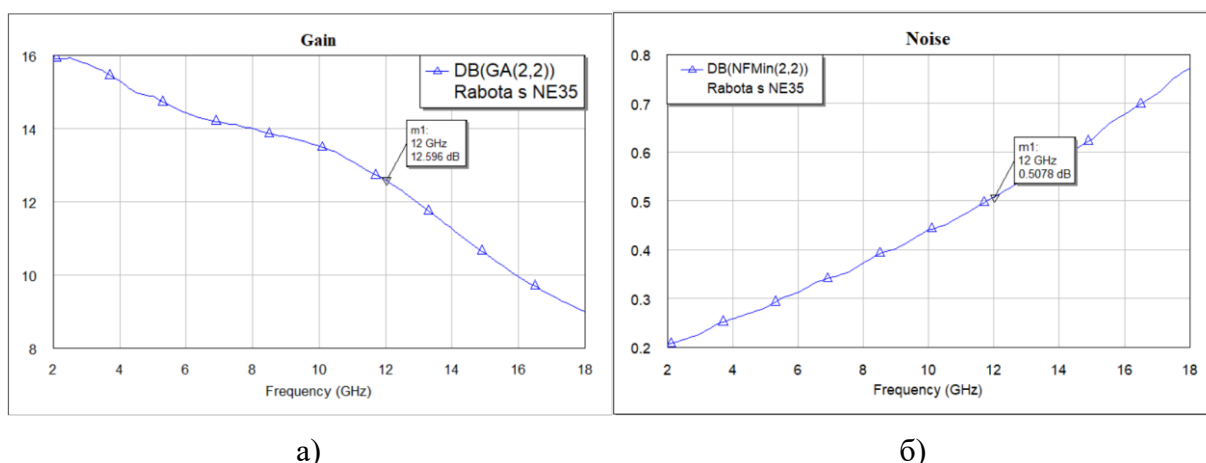


Рис. 3. а) Зависимость коэффициента усиления от частоты, б) зависимость коэффициента шума от частоты

Таким образом, в данной статье был разработан и смоделирован МТУ СВЧ усилитель на ПТ. При разработке [2] удалось добиться изменения электрических параметров усилителя, а именно, улучшение коэффициента усиления на 1.5 дБ при сохранении минимального коэффициента шума на данной частоте.

#### Список использованных источников и литературы:

1. Усилители и преобразователи СВЧ // URL: <https://bukwa.narod.ru/begin-05.pdf> (дата обращения: 11.04.2024).
2. Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio. М.: Издательство МЭИ, 2011, 155 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук,  
доцентом кафедры Электроники СПбГУТ Кубаловой А. Р.*

УДК 621.382.33

И. И. Решетило (студент группы ИКТ-313, СПбГУТ)  
[elyan.riddle@mail.ru](mailto:elyan.riddle@mail.ru)

## УВЕЛИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ПРЕДЕЛАХ ДИАПАЗОНА НИЗКИХ ЧАСТОТ

*Статья посвящена созданию модели и последующему практическому применению электронного усилителя на биполярных транзисторах с удовлетворительной выходной мощностью (минимум 1 Вт) и выходными амплитудно-частотными характеристиками. В статье представлен принцип работы транзистора. Описано несколько схем усилительных каскадов на транзисторах, в частности каскады с общим эмиттером, общим коллектором, общей базой; рассмотрены ситуации, в которых те или иные модели применяются. Спроектирована схема источника питания для усилителя с использованием стабилитрона. Представлены примеры применения получившегося усилителя.*

*физика, схемотехника, транзистор, усилитель*

**Reshetilo I.** Increasing the Power of Electrical Signals within the Low-Frequency Range.

*The article is devoted to the creation of a model and subsequent practical application of an electronic amplifier on bipolar transistors with satisfactory output power (minimum 1 W) and output amplitude-frequency characteristics. The article presents the operating principle of a transistor. Several circuits of transistor amplifier stages are described, in particular, stages with a common emitter, common collector, common base; situations in which certain models are used are considered. A power supply circuit for an amplifier using a zener diode is designed. Examples of application of the resulting amplifier are presented.*

**Key words:** physics, circuit design, transistor, amplifier

Индустрия медиатехнологий стремительно развивается, каждый год производится большое количество устройств аудиовоспроизведения, мощности которых не всегда хватает для удовлетворительного прослушивания. Возникает потребность в дополнительном усилении сигналов на выходе таких устройств. Именно поэтому целью данной работы стало создание усилителя низкочастотных сигналов с удовлетворительной выходной амплитудно-частотной характеристикой и минимальной мощностью 1 Вт, поскольку минимальная мощность промышленных усилителей, найденных на торговых площадках, составляет 1 Вт.

### 1. Транзистор. Принцип работы

Основным усилительным элементом в усилителе низкой частоты (далее – УНЧ) является транзистор. До достижения определенного напряжения (приблизительно 0.7 В) транзистор находится в области отсечки, и ток через цепь база-эмиттер не протекает. Однако при достижении порогового напря-

жения, транзистор переходит из области отсечки в активную область, в которой ток, протекающий в основной цепи коллектор-эмиттер, прямо пропорционален току, протекающему в цепи база-эмиттер [1]:

$$I_K = I_B \cdot \beta,$$

где  $\beta$  – коэффициент усиления по току.

При выведении модели УНЧ использовались транзисторы Дарлингтона, обеспечивающие высокий коэффициент усиления по току (500...50000) и представляющие собой несколько последовательно соединенных транзисторов по схеме с общим эмиттером [1].

## 2. Усилительный каскад с общим эмиттером. Принцип работы

Существует три основных схемы включения транзистора [1].

1. Схема с общим эмиттером. Используется в большинстве схем электронных усилителей низкой частоты. Обеспечивает усиление и по напряжению, и по току.

2. Схема с общей базой. Используется в высокочастотных схемах усилителей, генераторах, в том числе схемах СВЧ. Обеспечивает усиление только по напряжению.

3. Схема с общим коллектором. Используется в большинстве блоков питания. Обеспечивает усиление только по току.

При выведении модели УНЧ было принято решение использовать схему с общим эмиттером (рис.1), поскольку именно эта схема обеспечивает усиление как по напряжению, так и по току, следовательно, обеспечивает наибольшее увеличение мощности.

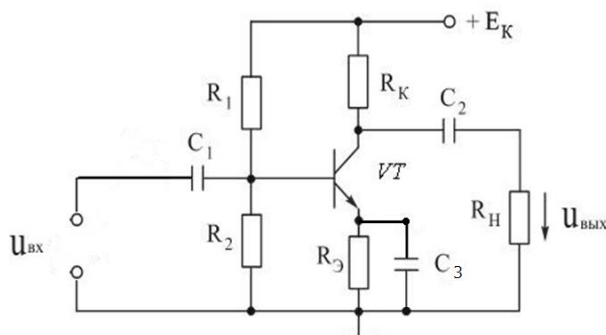


Рис. 1. Усилительный каскад по схеме с общим эмиттером

На базу транзистора через разделительный конденсатор  $C_1$  подается сигнал, предназначенный для усиления. Конденсатор предназначен для пропускания только тех частот, которые требуется усилить (20 Гц ... 20 кГц). Усиленный источником питания сигнал снимается с коллектора транзистора конденсатором  $C_2$ , той же емкости, что и  $C_1$ , и подается на сопротивление

нагрузки (сопротивление динамиков). Резистор  $R_k$  в цепи коллектора ограничивает ток, который протекает в цепи коллектор-эмиттер, тем самым защищая транзистор от перегрева и сгорания. Резистор  $R_э$  в цепи эмиттера играет роль отрицательной обратной связи в усилителе и обеспечивает независимость работы всего каскада от температуры транзистора. Резисторы  $R_1$  и  $R_2$  выставляют рабочую точку транзистора, т. е. выводят транзистор в активную область, причем так, чтобы при отрицательной полуволне сигнала транзистор не ушел в область отсечки, а при положительной полуволне сигнала транзистор не ушел в область насыщения. Только в таком случае выходной сигнал будет иметь минимальное количество нелинейных искажений. Конденсатор  $C_3$  уменьшает общее сопротивление каскада по переменному току, что позволит повысить модуль АЧХ выходного сигнала на высоких частотах [2].

### 3. Устройство питания для усилителя низкой частоты. Итоговая схема усилителя низкой частоты

Питание для УНЧ производится от сети 230 В, посредством трансформатора понижается напряжение, с помощью диодного моста напряжение преобразуется из переменного в пульсирующее постоянное, с помощью конденсатора пульсации сглаживаются и на выходе имеется постоянное напряжение. Однако при включении такой схемы питания в цепь усилителя напряжение питания под нагрузкой (сопротивление усилителя) уменьшится, что негативно скажется на выходном сигнале. Поэтому в цепи схемы питания ставится стабилитрон, обеспечивающий минимальное изменение выходного напряжения при существенных изменениях силы тока в цепи нагрузки. Однако через стабилитрон не могут течь большие токи, превышающие ток стабилизации стабилитрона, поэтому в схеме питания используется схема подключения транзистора с общим коллектором, поскольку требуется усиление исключительно по току. Рабочая точка транзистора выставляется резистором  $R_5$ , а резистор  $R_6$  задает начальную нагрузку получившемуся блоку питания [3]. Таким образом, итоговая схема УНЧ представлена на рис. 2, а внешний вид УНЧ представлен на рис. 3:

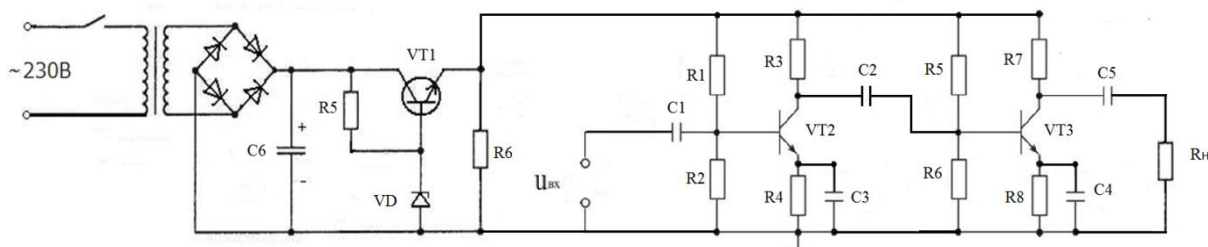


Рис.2. Итоговая схема усилителя низкой частоты



Рис. 3. Внешний вид итогового усилителя низкой частоты

На выходе первого усилительного каскада напряжение составляет 2.1 В. Сопротивление динамиков равно 8 Ом. Тогда выходная мощность будет равна [4]:

$$P = I \cdot U = \frac{U^2}{R} = \frac{2.1^2}{8} \approx 0.55(Bm)$$

Такая мощность не является удовлетворительной, поскольку она меньше 1 Вт. Последовательно первому усилительному каскаду подключается аналогичный каскад. На выходе второго каскада напряжение составляет 4 В. Выходная мощность равна [4]:

$$P = I \cdot U = \frac{U^2}{R} = \frac{4^2}{8} = 2(Bm)$$

Такая мощность удовлетворяет минимально заданной мощности.

Для проверки амплитудно-частотной характеристики (далее – АЧХ) итогового УНЧ, была спроектирована аналогичная схема в программе FASTMEAN, откуда были получены следующие значения АЧХ на всей пропускной полосе УНЧ (рис. 4).

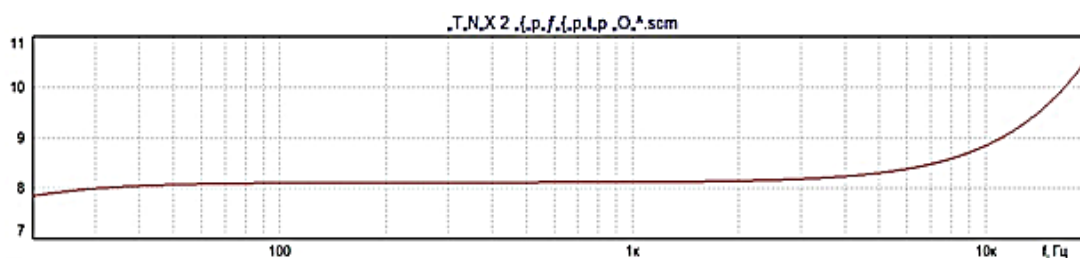


Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика итогового усилителя низкой частоты

Качественным можно считать усилитель, у которого на всей его пропускной полосе модуль АЧХ падает не более, чем в  $\sqrt{2}$  раз по сравнению с максимальным значением [5]. Из рис. 4 следует:

$$|H(j\omega)_{\max}| = 10.6$$

$$|H(j\omega)_{\min}| = 7.8$$

$$|H(j\omega)_{\text{крит}}| = \frac{10.6}{\sqrt{2}} \approx 7.5$$

Минимальное значение модуля АЧХ превышает минимально критическое значение, следовательно, данный УНЧ показал удовлетворительные характеристики на всей пропускной полосе.

#### Список использованных источников:

1. Бородин М. Ю. Физические основы электроники. Курс лекций: учеб. пособие / М. Ю. Бородин, А. В. Кириллов., Д. П. Степанюк. Екатеринбург, 2015. URL: <https://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/13427>.
2. Ланге П. К. Проектирование транзисторных усилительных каскадов: учеб. пособие / П. К. Ланге. Самара : Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2010. 50 с. URL: [https://elibr.samgtu.ru/getinfo?uid=els\\_samgtu|elibr|297](https://elibr.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu|elibr|297).
3. Ситников А. В. Электротехнические основы источников питания. Учебник для студентов среднего профессионального образования по специальности 09.02.02 "Компьютерные сети" / А. В. Ситников, И. А. Ситников. М.: Издательский центр «Академия», 2017. 239с.
4. Данилов С. В. Электростатика и постоянный ток: конспект лекций / С. В. Данилов. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. 56 с.
5. Основы теоретической электротехники: учебное пособие / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Е. Б. Соловьева, Э. П. Чернышев, А. И. Белянин. 2-е изд., стер. СПб.: Изд-во «Лань», 2008. 592 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом физико-математических наук,  
доцентом кафедры физики СПбГУТ Детковой В. М.*



УДК 004.032.26

И. Д. Слободчиков (студент группы ИКПИ-24, СПбГУТ)  
[slobodchikoviso@mail.ru](mailto:slobodchikoviso@mail.ru)

## МОДЕЛИ АНАЛИЗА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

*Машинное обучение – раздел математики, изучающий приближенный анализ больших наборов данных. В работе приводится пример анализа данных и машинного обучения в задачах спортивной индустрии. Приведено описание и реализация алгоритма, вычисляющего вероятность искусственного увеличения количества пройденных шагов в фитнес приложениях. Алгоритм анализирует закономерности в пользовательских данных, таких как возраст, пол, масса тела, сердцебиение и сжигаемые калории, на основании которых предсказывает правдоподобность предоставленных данных по отношению к пройденным пользователем шагам. Особое внимание уделяется методам факторного анализа, используемым для оптимизации количества параметров обучаемой модели машинного обучения. Разработанный алгоритм может быть адаптирован для использования в любом спортивном сервисе, собирающим необходимые модели параметры.*

*нейронные сети, машинное обучение, фитнес приложения, спорт тех, анализ данных, random forest, факторный анализ*

**Slobodchikov I.** Models for Analysis of Statistical Data.

*Machine learning is a branch of mathematics that studies the approximate analysis of large data sets. The paper provides an example of data analysis and machine learning in the problems of the sports industry. A description and implementation of an algorithm is given that calculates the probability of artificially increasing the number of steps taken in fitness applications. The algorithm analyzes patterns in user data such as age, gender, body weight, heart rate and calories burned, based on which it predicts the plausibility of the provided data in relation to the user's steps. Particular attention is paid to factor analysis methods used to optimize the number of parameters of a trained machine learning model. The developed algorithm can be adapted for use in any sports service that collects the parameters necessary for the model.*

**Key words:** neural networks, machine learning, fitness applications, sports technology, data analysis, random forest, factor analysis

На сегодняшний день здоровье населения все больше и больше выходит на первый план. Здоровый человек [1] не только живет дольше, но и избегает множества заболеваний, вызываемых особенностями современных условий труда. Сидячий образ жизни, обилие сладкого и жирного в рационе, отсутствие физических нагрузок – все это неизбежно ведет к ухудшению общего состояния здоровья. Но не только население заинтересовано в собственном здоровье, но и крупные компании. Здоровый сотрудник способен лучше выполнять свою работу, дольше сохраняет работоспособность, реже болеет, способен поддерживать концентрацию внимания большой промежуток времени, тем самым поднимая свою эффективность, а вместе с ней и

эффективность всей компании, что положительно сказывается на получаемой прибыли.

## 1. Актуальность

Несмотря на преимущества соревнований, проводимых через фитнес приложения, не избежали недостатков, свойственных любым другим видам соревнований, а именно – мошенничества участников. Мошенничество в спортивных электронных соревнованиях сводится к двум основным проблемам: software мошенничество и hardware мошенничество. Рассмотрим каждое из них. Software мошенничество заключается в передаче на сервера приложений неверных данных о физической активности путем подмены клиента или программного взлома фитнес приложений. Данная проблема спустя некоторое время была решена средствами информационной безопасности. Однако проблема с hardware мошенничеством так и не была решена. Сложность данной задачи заключается в невозможности отличить естественную активность от искусственной, поскольку и та, и другая информация получается приложением с одних датчиков.

## 2. Постановка задачи

Главной проблемы статистических данных фитнес приложений [2] является плотная группировка данных (рис.1).

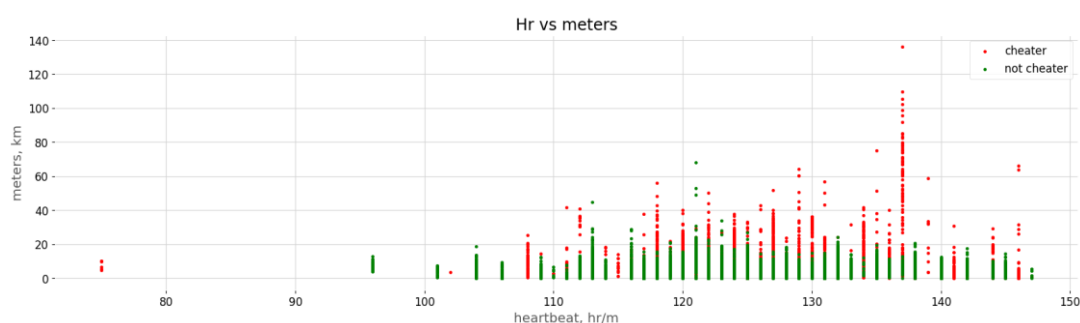


Рис. 1. График зависимости «читерства» от пройденных метров и сердцебиения.  
Построен на исходных данных

На рисунке 1 хорошо виден кластер, образуемый пересечением честных и не честных пользователей, при этом строго определить границу перехода в «читера» на плоскости невозможно, поскольку множества пересекаются в многих точках и проведенная граница, какой бы сложной функцией она не образовывалась, всегда будет отмечать часть честных пользователей, либо же упускать часть «читеров». Подобные допущения будут ставить под вопрос надежность всей системы. Таким образом нам необходимо сделать упор на точности модели, при этом повышая полноту предсказания без ее потери.

### 3. Методы и оборудование

Для решения задачи будем использовать методы машинного обучения. Использование машинного обучения обуславливается невозможностью прямого задания параметрической функции «читерства» из-за обилия данных, их разнообразия и плотной группировки данных [3].

Для разработки нейронной сети, удовлетворяющей всем потребностям задачи, была проведена фильтрация и обработка данных, повысившая их качество и исключившая значения, содержащие ошибки или отсутствующие значения из выборки. Отсутствующие поля были заменены на 0. Метрики, имеющие взаимные зависимости были объединены в коэффициенты для лучшего анализа.

Были построены графики основных закономерностей и проведен факторный анализ по методу главных компонент (principal component analysis). Факторный анализ выявил параметры, вносящие наибольший вклад в причастность пользователя к мошенничеству. Этими параметрами оказались: пройденное расстояние, отношение сердцебиения в покое к сердцебиению при нагрузке, возраст, пол и вес. Сокращение количества параметров анализа с 22 до 5 так же позволит сократить количество хранимых данных и увеличит скорость их обработки.

### 4. Общее описание модели

Потребность в высокой точности и полноте приводит к необходимости подбора оптимальной модели машинного обучения. В процессе тестирования лучшие результаты на подготовленных данных показала модель случайного леса (random forest classifier).

Выбранная модель обеспечила высокую точность и полноту модели, что соответствует поставленным ранее задачам. При этом благодаря методу деревьев решений, входящих в модель плотность данных, не влияет на предсказания, поскольку деревья решений способны легко адаптироваться к данным и не требуют их нормирования или стандартизации, что наглядно показывает адаптивные способности модели, необходимые при работе с плотно группированными данными.

Точные метрики модели выглядят следующим образом: точность составила 99,4 %, среднеквадратичная ошибка  $RSME = 0,089$ , показатель полноты составил  $recall = 0,982$ , показатель производительности модели машинного обучения на основе регрессии при анализе программы составил  $R2 = 0,964$ .

Исходя из метрик можно заключить, что точность и полнота модели не только удовлетворяют задаче, но и позволяют нам добиться низкой ошибки в каждом отдельном значении.

## 5. Описание размещения модели

Модель предоставляется в свободном доступе [4] на ресурсе Github и разрешена к использованию согласно MIT лицензии использования. Репозиторий разделен на полную модель с исходными данными и кодом, удобным для ознакомления и Docker-образ с уже обученной моделью, с устройством которого так же можно ознакомиться. Собранный Docker-образ можно найти по ссылке в readme файле проекта. Инструкции и описание так же предоставлены в README-файле.

## 6. Выводы

Главной особенностью анализа данных, полученных из источников в спортивной индустрии, является высокая плотность данных и плотная группировка данных как внутри одного параметра, так и между параметрами. В результате тестирования было выявлено, что модель случайного леса оптимально решает задачи на датасетах, полученных на основании спортивных данных. Особенно важно отметить то, что модель случайного леса не имеет строгой привязки к группировке данных и размерности каждого из параметров, что позволяет нам обрабатывать грубые исключения, сильно отклоняющиеся от среднего значения. Таким образом оптимальной моделью машинного обучения при решении задач на спортивных датасетах является модель случайного леса, не имеющая, в отличие от других моделей, строгой привязки к группировке или размерности данных и каждого параметра в частности.

### Список используемых источников

1. Воронов Н. А. Здоровый образ жизни, его понятие и содержание. Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ "Нацразвитие". 2019. С. 113–115.
2. Костенко Е. Г., Мирзоева Е. В., Лысенко В. В. Анализ и статистическая обработка данных спортивно-педагогических исследований: монография / Е. Г. Костенко [и др.]. Чебоксары: ИД «Среда», 2019. 132 с.
3. Абдрахманова И. В. Проблемы статистической обработки данных в физической культуре и спорте / И.В. Абдрахманова, И.В. Лущик // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 12 (114). URL: <https://research-journal.org/archive/12-114-2021-december/problemy-statisticheskoy-obrabotki-dannyx-v-fizicheskoy-kulture-i-sporte> (дата обращения: 11.04.2024).-doi: 10.23670/IRJ.2021.114.12.071.
4. Описание и программный код разработки // Github. URL: <https://github.com/StrangePineApple/AI-SportTech?tab=readme-ov-file> (дата обращения: 27.03.2024).

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом физико-математических наук., доцентом,  
и. о. заведующего кафедрой ВМ, доцентом кафедры ВМ СПбГУТ Плотниковым П. В.*

УДК 658.5

**Р. А. Волков** (студент группы БИМ-21з СПбГУТ)  
[volkovra@mail.ru](mailto:volkovra@mail.ru)

## МЕТОДОЛОГИЯ AGILE И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ПРОЕКТАХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

*Работа посвящена исследованиям взаимосвязи понятий «проект» и «продукт», «треугольник» проекта в классической и гибкой методологии, управлению и влиянию гибкой методологии на риски проекта. Предоставлены экономические расчеты планируемого и фактического внедрения проекта цифровой трансформации на примере интеграции IC:ERP на производственном предприятии. Сформулированы выводы.*

*Agile, цифровая трансформация, управление рисками*

**Volkov R.** Agile Methodology and Risk Management in Digital Transformation Projects  
*The work is devoted to the study of the relationship between the concepts of "project" and "product", the project "triangle" in classical and flexible methodology, management and the influence of flexible methodology on project risks. Economic calculations of the planned and actual implementation of a digital transformation project are provided using the example of IC:ERP integration at a manufacturing enterprise. Conclusions are formulated.*  
**Key words:** Agile, digital transformation, risk management

Методология разработки – это средство создания и развития продукта, услуги или результата на протяжении жизненного цикла проекта. Существует три общепринятые методологии:

1. Классическая («Waterfall») – предиктивный подход.
2. Гибридная – сочетание классического и гибкого подходов.
3. Гибкая («Agile») – адаптивный подход.

Данные подходы можно рассматривать как спектр, когда предиктивный подход расположен на одном его конце, а адаптивный (инкрементальный и итеративный) – на другом. Представлено на рисунке 1.

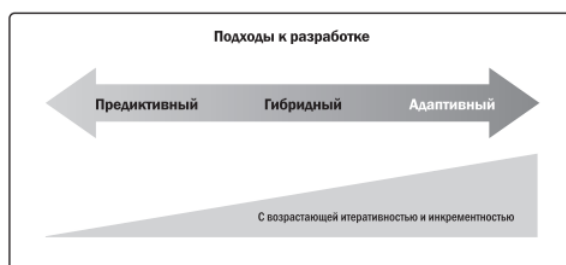


Рис.1. Подходы к разработке

Пример жизненного цикла продукта представлен на рисунке 2.

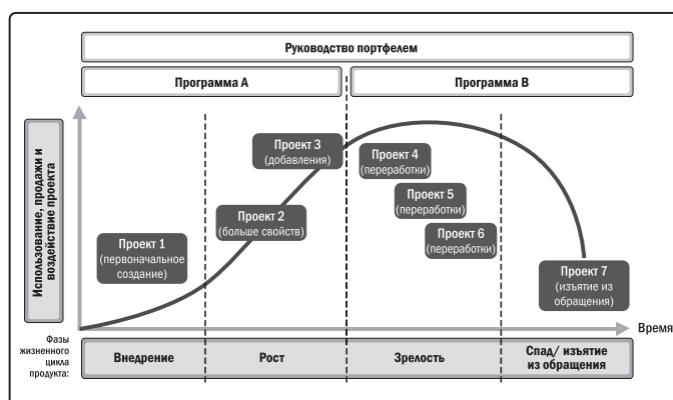


Рис. 2. Пример жизненного цикла продукта

Проекты внедрения это, как правило, проекты по первоначальному созданию продукта. И качество их проведения существенно отражаются на дальнейшем росте и зрелости продукта.

Исходя из определения: «Проект – это совокупность действий, направленных на достижение цели, в рамках ограниченного бюджета, в срок и с надлежащим качеством», можно выделить следующие ограничения проекта – цели, сроки, бюджет, формирующие качество проекта и выражающиеся через «треугольник» проекта.

Рассмотрим такой проект цифровой трансформации как внедрение 1С:ERP на одном из промышленных предприятий.

Общая планируемая стоимость внедрения проекта представлена в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Общая стоимость планируемого внедрения проекта

Наименование	Стоимость (руб.)
Работы исполнителя	36 000 000
Лицензии	3 814 200
Сервер	1 706 011
Итого	41 520 211

Для дальнейшего расчета экономического эффекта от внедрения 1С:ERP модели возьмем официальные и открытые данные по одному из производственных предприятий [1] представленные в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Экономические данные по производственному предприятию

Наименование показателя	Код	2023	2022
Выручка	2110	1 114 748	1 075 019
Себестоимость продаж	2120	-649 024	-656 137
Валовая прибыль (убыток)	2100	465 724	418 882
Коммерческие расходы	2210	-37 075	-32 682
Управленческие расходы	2220	-167 325	-153 437
Прибыль (убыток) от продаж	2200	261 324	232 763
Рентабельность продаж		23%	22%

Общий срок внедрения проекта: 01.01.2023-01.01.2024 (12 месяцев).

Экономический эффект от внедрения 1С:ERP (данные по 471 опубликованному проекту внедрения с экономическими показателями, подтвержденными клиентами [2]) прогнозирует рост прибыли - 13%.

Внедрение проекта происходило в 2023 году, с 2024 года ожидается рост прибыли и снижение себестоимости за счет внедрения 1С: ERP, отражено в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3. Изменение показателей эффективности

Наименование показателя	2023	Изменение	2024
Выручка (тыс. руб.)	1 114 748	0	1 114 748
Себестоимость продаж + коммерческие и управленческие расходы (тыс. руб.)	-853 424	-4%	-819 452
Прибыль (убыток) от продаж (тыс. руб.)	261 324	+13%.	295 296
Рентабельность продаж	23%	+3,5%	26,5%

Общий размер прироста прибыли за 2024 год составит 33 972 тыс. руб. В результате фактического внедрения проекта произошли изменения.

1. Сроки – сроки старта ОПЭ сдвинулись на 1 квартал (01.01.2023-01.04.2024).

2. Бюджет – в связи с перенесением сроков и необходимостью дополнительных работ, стоимость услуг исполнителя увеличилась на 25% и составила 48 000 тыс. руб. (+12 000 тыс. руб.).

3. Требования – часть функционала не была запущена сразу, предприятие «простаивало» первую неделю после перехода на ОПЭ до приведения в соответствие с требованиями.

Причины изменений:

- несоответствие реализованных требований фактическим нуждам предприятия, и как следствие – потрачено время на их корректировку;
- в процессе ОПЭ пришлось менять и перенастраивать права пользователей в соответствии с реальными нуждами;
- увеличение бюджета за счет неучтенных изменений для оплаты услуг Исполнителя;
- временные оценки в начале проекта были выставлены, без учета возможные изменения.

Общая фактическая стоимость внедрения отражена в таблице 4.



ТАБЛИЦА 4. Общая стоимость фактического проекта

Наименование	Стоимость (руб.)
Работы исполнителя	48 000 000
Лицензии	3 814 200
Серверное оборудование	1 706 011
Итого	53 520 211

Сравнение планируемой и фактической экономической эффективности представлена в таблице 5.

ТАБЛИЦА 5. Сравнительная таблица

Параметр сравнения на конец первого квартала 2027 года	Период	Внедрение (план)	Внедрение (факт)
	Кварт. Год		
Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI) вложений в ОС	б/р	1,783	1,252
Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI) инвестиций в ОС и об. средства	б/р	1,486	1,039
NPV с учетом инвестиций в ОС	тыс. руб.	27 079	11 247
NPV с учетом инвестиций в ОС и оборотные средства	тыс. руб.	20 159	2 081
Срок окупаемости ОС и оборотных средств	Период	5,49	8,62

В настоящее время, с целью повышения эффективности реализации управления проектами в условиях неопределенности, наблюдается рост использования гибких подходов Agile, а также их фреймворков [3].

Гибкие методы управления проектами дают большое количество инструментов управления и снижения рисков, связанных с управленческим процессом, как в оценке стоимости, так и целей, по причинам:

- высокой регулярности планирования за счет разбиения общей задачи на более короткие сроки (на 1 спринт);
- высокой регулярности встреч разработчиков («daily meeting Scrum»), с целью и возможностью обсуждения возникающих сложностей;
- высокой регулярности получения обратной связи от клиента (в среднем, каждые 2–4 недели);
- визуализации управленческого процесса и процесса поставки (например, с помощью доски канбан);
- включения работ по реагированию на риски в бэклог.

Все это приводит к снижению рисков внедрения проектов и повышает процент успешности [4] отображено на рисунке 3.

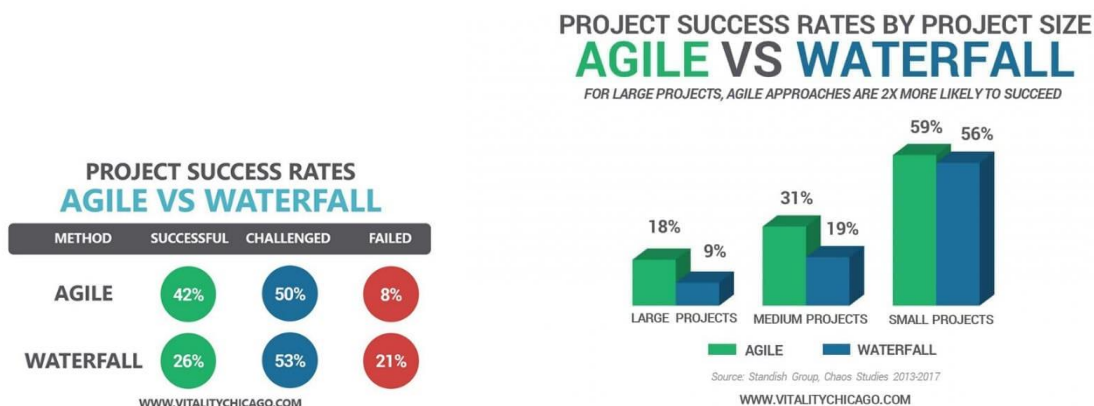


Рис. 3. Успешность проектов

На диаграмме видно, что проекты Agile имеют значительное преимущество перед проектами Waterfall для каждого размера проекта.

В отличие от классического, водопадного подхода к управлению проектами, гибкие методы за счет итеративности позволяют снизить степень неопределенности, и как следствие, снизить количество рисков, что отражено в таблице 6.

ТАБЛИЦА 6. Подходы к ограничениям проектов

Риск	Классический (Waterfall) подход	Гибкий (Agile) подход
Цели	Определение требования к продукту задолго до их доставки. Неправильное требование может привести к значительным затратам до его обнаружения и еще большим затратам на исправление или удаление требования.	Своевременность определения соответствия продукту проекта требованиям проекта и возможность своевременной корректировки требования.
	Возможно применение непроверенной технологии, проблемы выявляются через длительный срок	Своевременное определение соответствия технологии необходимым требованиям.
	Тестирование продукта на безопасность невозможно до его внедрения	Выпуск и тестирование продукта каждые 2-4 недели, проблемы безопасности устраняются на ранних стадиях.
Сроки	От старта продукта до выпуска может пройти длительный срок, что влияет на серьезность отклонения от базового плана.	Снижение ошибки в оценке срока выхода продукта за счет поставки инкремента в конце каждого спринта.
Бюджет	Сопряжены со значительным риском, т. к. сроки выполнения длительны, а оценки могут быть неточны.	Снижение бюджетных рисков за счет короткого периода планирования
	Стоимость отмены проекта гораздо выше, за счет более длительного срока поставки	Стоимость отмены проекта ниже, за счет более короткого срока поставки

Проблемы проявившиеся в процессе реализации проекта, и приведшие к сдвигу по требованиям, срокам и бюджету можно было избежать при использовании гибких методологии, что в конечном счете дало бы возможность закончить проект в предполагаемые сроки, с сохранением бюджета и в соответствии с требованиями.

Таким образом, можно сделать нижеследующие выводы:

- проекты внедрения это, как правило, проекты по первоначальному созданию продукта (качество их проведения существенно отражается на дальнейшем росте и зрелости продукта);
- проекты гибкой методологии имеют преимущество в реализации проектов перед классическими проектами для каждого размера проекта (из двух факторов проекта – размера и подхода – размер больше влияет на процент неудач проекта, чем гибкость);
- использование гибких и гибридных методологий в проектах цифровой трансформации дает возможность снижения и нивелирования рисков, что успешно отражается в соблюдении требований, бюджета, срока, а значит и качества внедрения проектов.

#### Список используемых источников

1. Бухгалтерская отчетность и финансовый анализ производственной организации. URL: [https://www.audit-it.ru/buh\\_otchet/7811472920\\_ooo-taupit-ip](https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7811472920_ooo-taupit-ip).
2. Экономический эффект от внедрения ERP-систем «1С». URL: <https://v8.1c.ru/erp/ekonomicheskij-effekt/>.
3. Семенова Д. М. Управление рисками проектов в гибких методологиях управления проектами – Agile / Семенова Д. М., Кудрявцев С. А., Татищева Е. А. // Современный город: власть, управление, экономика. Цифровая трансформация систем управления: сборник науч. статей. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 179–185.
4. Agile Projects Are More Successful Than Traditional Ones. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/agile-projects-more-successful-than-traditional-ones-anthony-mersino>.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом педагогических наук,  
доцентом кафедры БИ СПбГУТ, доцентом Атаян А. М.*

УДК 004.01

Д. П. Гудков (студент гр. БИ-21м, СПбГУТ), [gudckov-danila@mail.ru](mailto:gudckov-danila@mail.ru)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ С ТРЕБОВАНИЯМИ В ПРОЕКТАХ РАЗРАБОТКИ И/ИЛИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Цель данной статьи заключается в разработке, внедрении и тестировании подходов работы с требованиями, направленными на повышение результативности бизнес-процессов разработки и управления требованиями. В результате были сформированы рекомендации, которые могут быть применены при совершенствовании бизнес-процессов работы с требованиями.

требования, разработка требований, управление требованиями, совершенствование, бизнес-процесс

**Gudkov D.** Improving Requirements Processes in Software Development and/or Implementation Projects.

The purpose of this article is to develop, implement and test approaches to working with requirements aimed at improving the effectiveness of business processes for developing and managing requirements. As a result, recommendations were formed that can be applied in improving business processes for working with requirements.

**Key words:** requirements, requirements development, requirements management, improvement, business process

Требования являются фундаментом для успешной разработки программного обеспечения. Изменения в подходах к разработке и управлению требованиями могут оказать влияние на различные составляющие проектов по разработке программного обеспечения. Для описания предметной области будет использоваться термин «работа с требованиями» наравне с предложенным К. Вигерсом «разработка технических условий». При внедрении изменений в бизнес-процессы использовался цикл совершенствования процессов, представленный на рисунке 1.

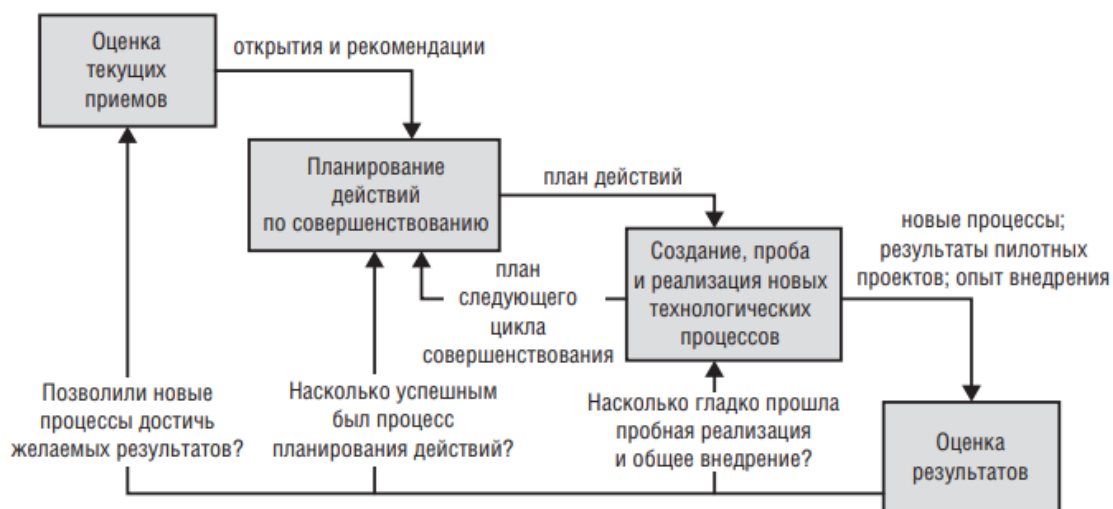


Рис. 1. Цикл совершенствования процессов при разработке ПО [1]

Цикл является итеративным и состоит из четырех этапов: оценка текущих приемов; планирование действий по совершенствованию; создание, проба и реализация новых процессов; оценка результатов. Исследования проводились в компании, которая специализируется на разработке, инжиниринге и внедрении инновационных цифровых решений для промышленности.

Для оценки текущих приемов работы с требованиями в компании и определения областей, которые стоит усилить, был использован перечень из двадцати вопросов, каждый – относящийся к своей области работы с требованиями, с четырьмя вариантами ответа. Результаты тестирования представлены на рисунке 2.

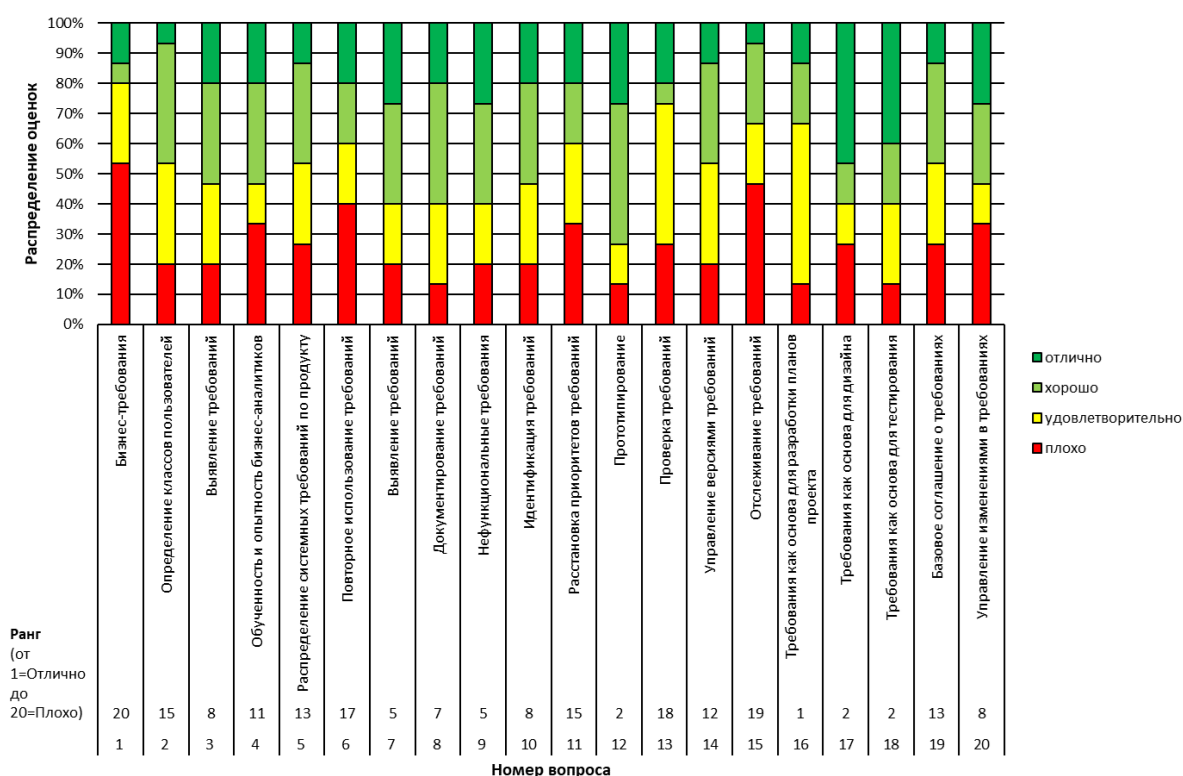


Рис. 2. Результаты проведенного тестирования

Из результатов тестирования следует, что есть две области, на которые необходимо обратить внимание в первую очередь: область бизнес-требований и область отслеживания требований. После проведенного тестирования были построены диаграммы причины-следствия Исикавы. Основными причинами проблем в двух рассматриваемых областях являются неполная или отсутствующая информация по требованиям, а также недостаточная документация процессов работы с требованиями.

Для выявления проблем в практической деятельности проанализированные результаты тестирования и причинно-следственных диаграмм были

вынесены на общее обсуждение с участниками процессов работы с требованиями в проблемных областях. Итогом встречи стало подтверждение наличия двух проблемных моментов. Рассмотрим модель процесса согласования бизнес-требований, представленную на рисунке 3.

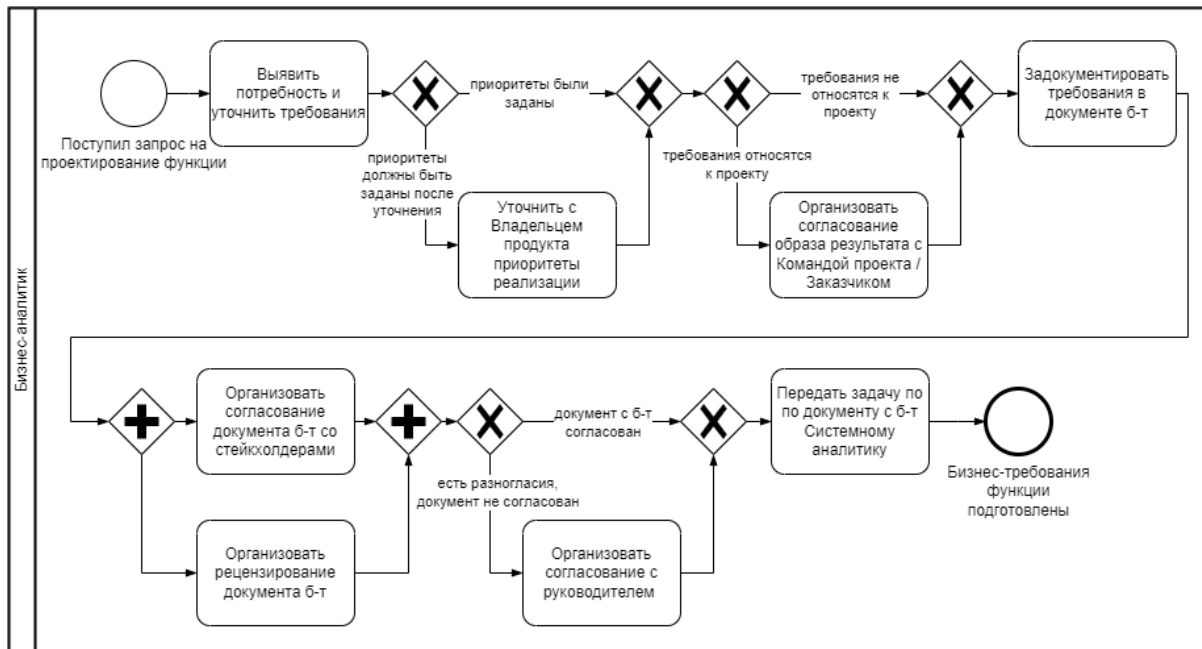


Рис. 3. Модель процесса согласования бизнес-требований в нотации BPMN 2.0

Первая проблема заключается в низком качестве бизнес-требований: требования неясны, информация по ним отсутствует, либо она неполная (на рис. 3 эта проблема проявляется в задаче «Выявить потребность и уточнить требования»). Вторая проблема выражается в отсутствии регламентации передачи требований между проектной и продуктовой командами (на рис. 3 эта проблема проявляется после завершающего события «Бизнес-требования функции подготовлены»).

Для решения первой проблемы было принято решение о создании контрольного листа качества бизнес-требований. Фрагмент разработанного документа представлен на рисунке 4.

Разработанный контрольный лист состоит из перечня положений, которым должны соответствовать бизнес-требования в проектах программного обеспечения. Требования объединены в блоки по смыслу. Проверка требований происходит по каждому положению списка. Количество заполненных пунктов определяет степень рискованности изменения сроков и бюджета проекта: чем меньше пунктов заполнено, тем больше риск увеличения сроков и бюджета. Верно и обратное: чем больше пунктов заполнено, тем меньше риск увеличения сроков и бюджета.

**Блок 2. Детальное описание бизнес-процесса**

К каждому бизнес-процессу, обозначенному в проекте, должны быть применены положения данного блока. Все действия в рамках бизнес-процесса должны быть учтены.

● **Границы бизнес-процесса**

- Установлено и детально описано стартовое событие, запускающее бизнес-процесс.
- Определены и разъяснены предварительные условия, которые должна соблюдать система для успешного старта бизнес-процесса.
- Обозначены возможные способы начала бизнес-процесса.
- Перечислены результаты и итоги, к которым приводит успешное завершение бизнес-процесса.

● **Основной сценарий бизнес-процесса**

- Бизнес-процесс представлен в виде последовательного текста, разложенного по операциям. Вначале рассмотрена основная успешная ветка, затем альтернативные и отказные варианты.

Рис. 4. Фрагмент разработанного контрольного листа качества бизнес-требований

Для решения второй проблемы было предложено создать регламент передачи требований. Модель процесса передачи проектных требований и требований по итогам анализа рынка в продуктовые команды представлена на рисунке 5.

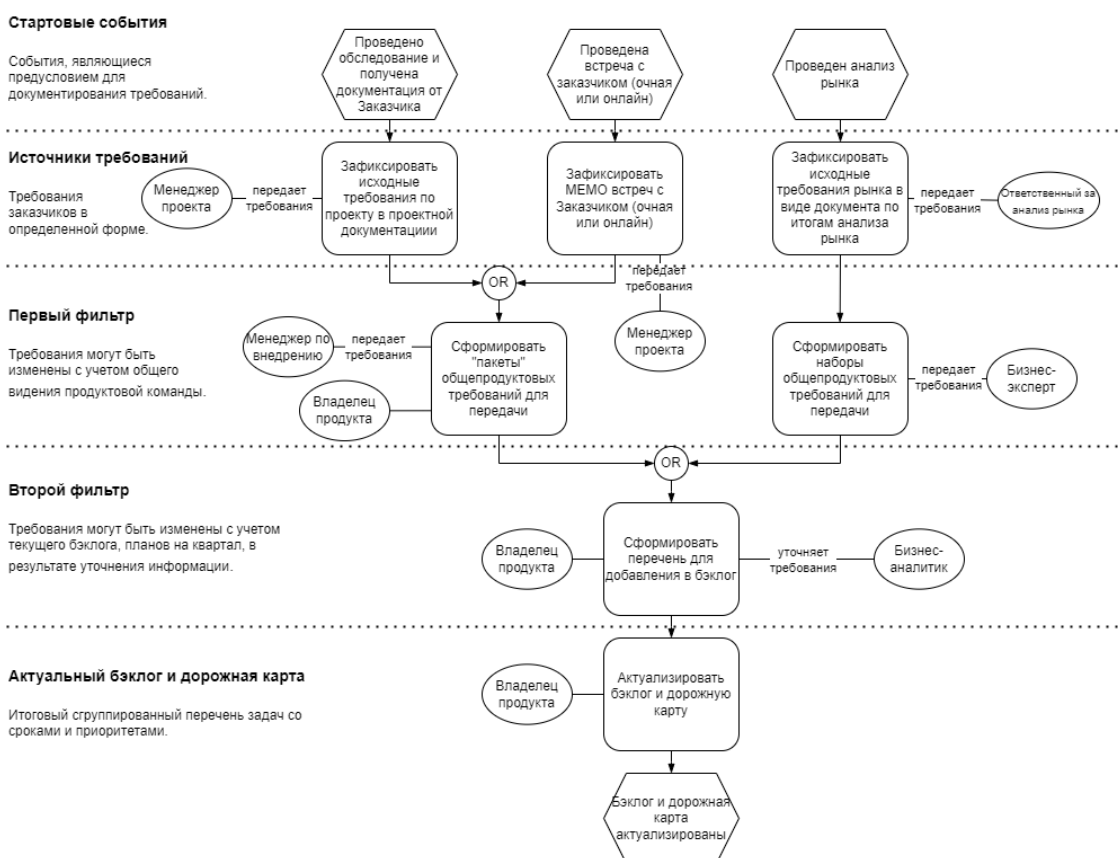


Рис. 5. Модель процесса передачи проектных требований и требований по итогам анализа рынка в продуктовые команды в нотации EPC



В разработанном регламенте передачи требований были уточнены роли, участвующие в процессе передачи, такие как бизнес-аналитик, менеджер проекта, владелец продукта и др. Также были закреплены условия выполнения процесса, например, указаны возможные источники требований, такие как согласованная проектная документация, оформленный результат встречи в электронном письме, согласованная документация по анализу рынка и официальные запросы на актуализацию бэклога с опорой на требования заказчика [2].

Для оценки результативности проведенных мероприятий были определены шесть ключевых показателей, по три на каждый разработанный документ. Данные представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Результативность предложенных мероприятий

№ п/п	Ключевой показатель	Ед. изм.	До	После
1	Полнота бизнес-требований в проектах цифровой трансформации на момент определения базовой версии	%	53	74
2	Доля проблем и вопросов по бизнес-требованиям, поднятых после определения базовой версии, от общего количества проблем и вопросов	%	17	9
3	Уровень удовлетворенности команды качеством бизнес-требований	баллы	2,8	3,1
4	Точность переданных требований	%	83	98
5	Доля требований без источника	%	7	0
6	Уровень удовлетворенности продуктовой команды	баллы	2,7	3,6

Подводя итог, можно сказать, что все вышеописанные показатели доказывают, что проведенное совершенствование процесса является результативным. Резюмируя все вышесказанное, были сформированы общие рекомендации, которые могут быть применены при совершенствовании бизнес-процессов работы с требованиями. Недостаток заинтересованности в изменениях можно устранить путем создания среды, где такие изменения поощряются и обсуждаются, где есть возможность получать новые знания и навыки. Выявление реальных проблем, препятствующих работе команд, может послужить стимулом для изменения процессов. Применение целеориентированного и проектного подхода способствует ясности целей и позволяет тщательно спланировать, управлять и контролировать внедряемые изменения [3]. Мероприятия по совершенствованию следует проводить непрерывно, поскольку даже небольшие изменения могут привести к значительным переменам.

**Список используемых источников**

1. Вигерс К., Битти Д. Разработка требований к программному обеспечению. 3-е изд., дополненное / Пер. с англ. СПб. : БХВ, 2024. 736 стр.: ил.
2. Леффингуэлл Д., Уидриг Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход / М., Вильямс, 2002. 448 стр.: ил. ISBN 5-8459-0275-4, 0-2016-1593-2
3. ПВА® ВАВОК. Руководство к Своду знаний по бизнес-анализу. Версия 3.0 / ООО Олимп-Бизнес, 2021. 626 стр.: ил. ISBN: 978-1-927584-17-0.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом педагогических наук, доцентом кафедры БИ СПбГУТ Атаян А. М.*

**УДК 658.5**

**Ф. В. Довгалев** (студент группы БИМ-21з), [fedor.tvgu@gmail.com](mailto:fedor.tvgu@gmail.com)

**ВНЕДРЕНИЕ SAP TM КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ**

*Работа посвящена исследованию внедрения системы управления транспортом SAP Transportation Management (SAP TM) в целях повышения эффективности логистической деятельности компании и устранения существующих проблем. В статье рассмотрены ключевые проблемы текущих процессов, требования к новой системе и результаты внедрения.*

*SAP TM, логистика, оптимизация, автоматизация*

Рассматриваемая компания является фармацевтическим предприятием полного цикла, которое осуществляет полный спектр деятельности по созданию лекарственных препаратов: от поиска молекулы и генной инженерии до клинических исследований, массового производства и маркетинговой поддержки. В портфеле компании 68 продуктов, а более 40 препаратов находятся на разных стадиях разработки. Количество сотрудников превышает 4000 человек, треть из которых составляют ученые и исследователи. Компания располагает более 40 лабораториями, занимающимися разработкой и исследованиями, и имеет 6 международных офисов в России, Бразилии, Вьетнаме, Индии, Китае и ОАЭ. Также предприятие владеет 7 производственными комплексами общей площадью 81 510 м<sup>2</sup>.

Фармацевтическая отрасль предъявляет особо строгие требования к логистической деятельности по причине высокой значимости обеспечения условий транспортировки и хранения медикаментов, как в России, так и в других странах. Логистические проблемы напрямую влияют на качество продукции, срок годности и соблюдение стандартов контроля качества. Сбой в логистике может вызвать задержку поставок, утрату качества, несанкционированное изменение температурного режима и, в конечном итоге, привести к значительным финансовым потерям и негативным последствиям для репутации компании.

Для определения проблем в логистической деятельности была проведена фаза анализа текущих процессов. Обследование длилось 3 месяца и включало работу команды из 7 специалистов, включая:

- 1 IT-архитектора;
- 1 руководителя проекта;
- 1 IT-партнер направления Логистика;
- 2 бизнес-аналитиков;
- 1 технического аналитика;

- 1 специалиста по логистике.

В процессе обследования принимали участие следующие подразделения компании:

- логистический отдел;
- отдел закупок;
- департамент клиентского сервиса;
- отдел по работе с регуляторами;
- производственные подразделения;
- финансовый отдел.

Для анализа использовалась документация, касающаяся транспортировки и логистики, включая отчеты о транспортных затратах, данные о возврате документов, загрузочные листы и документацию о складских операциях.

По результатам проведенного обследования, проектная команда, вынесла ряд предложений по улучшению логистической деятельности компании. Эти предложения были успешно согласованы на заседании ИТ-комитета и включены в план дальнейших действий.

Основные предложения по улучшению логистических процессов включают следующие требования.

Требования к процессу:

1. Уход от внесистемных коммуникаций: устранение использования электронной почты и других внешних средств коммуникации для обмена информацией. Вся коммуникация должна вестись внутри интегрированной системы для улучшения прозрачности и контроля данных.

2. Уменьшение числа участвующих систем и рабочих окон: сократить количество систем и рабочих окон, используемых пользователями для повышения эффективности работы и снижения вероятности ошибок.

3. Автоматическое заполнение печатных форм: Автоматизация процесса генерации печатных форм и отчетов для сокращения временных затрат и исключения ручных ошибок.

Требования к системе:

1. Возможность интерактивного планирования транспорта: Система должна предоставлять возможность интерактивного планирования транспортных операций с использованием карт и гибкой настройки маршрутов.

2. Повышение прозрачности по стоимости и статусу доставки: Система должна обеспечивать полную прозрачность по затратам на транспортировку и текущему статусу доставки, что позволит оперативно реагировать на изменения и управлять затратами.

3. Управление транспортными расходами: Внедрение механизмов детализированного учета и управления транспортными расходами для оптимизации бюджетных затрат.

4. Оптимизация процесса перевозок: Система должна включать функции для оптимизации маршрутов и операций по перевозке, учитывая различные параметры (ВГХ, температурные режимы и т.д.).

5. Составление аналитической отчетности: Возможность создания разнообразных аналитических отчетов для оценки эффективности логистической деятельности и принятия управленческих решений на основе данных.

6. Расчет ВГХ и процента загруженности транспорта: Автоматизация расчета веса, габаритов и характеристик (ВГХ) грузов, а также процента загруженности транспортных средств для повышения эффективности использования транспорта.

7. Учет условий перевозки и температурных режимов: Интеграция требований по условиям перевозки, включая температурные режимы, для обеспечения безопасности и качества продукции.

ТАБЛИЦА 1. Сравнительная таблица возможностей систем управления транспортом

Критерий	SAP TM (Embedded) [1]	SAP TM (Stand Alone) [1]	1С: TMS Логистика [3]	Pooling Plus [4]
Интеграция с ERP	Полная интеграция с SAP S/4HANA	Полная интеграция с SAP S/4HANA	Ограниченная интеграция	Ограниченная интеграция
Планирование перевозок	Интерактивное планирование	Интерактивное планирование	Основное планирование	Основное планирование
Аналитическая отчетность	Разнообразные отчеты	Разнообразные отчеты	Базовые отчеты	Базовые отчеты
Контроль транспортировки	Полный цикл управления	Полный цикл управления	Частичный контроль	Частичный контроль
Учет ВГХ	Автоматический расчет	Автоматический расчет	Ручной расчет	Ручной расчет
Учет температурного режима	Интегрированный учет	Интегрированный учет	Ограниченный учет	Ограниченный учет
Управление транспортными расходами	Полная детализация расходов	Полная детализация расходов	Основное управление	Основное управление
Стоимость лицензии	Включена в SAP S/4HANA	Отдельная лицензия	Отдельная лицензия	Отдельная лицензия
Уровень автоматизации	Высокий уровень	Высокий уровень	Средний уровень	Средний уровень
Гибкость настройки	Высокая гибкость	Высокая гибкость	Ограниченная гибкость	Ограниченная гибкость

В результате анализа и сравнений, система SAP TM в составе SAP S/4HANA (Embedded) была признана наиболее соответствующей требованиям компании.

На основании выбора системы SAP TM и установленных требований, был разработан подробный подход к внедрению, который включал следующие этапы.

Требования:

1. Внедрение собственными силами:
  - 2 консультанта SAP;
  - Руководитель проекта;
  - Бизнес-аналитик;
  - 2 разработчика.
2. Срок реализации функционала – 6 месяцев;
3. Готовность работать с заложенным вендором стандартом – менее 30 ч/д разработки.

Основные этапы [2]:

1. Настройка стандартного прототипа системы: Настройка первичной конфигурации системы на базе стандартной функциональности SAP TM для демонстрации возможностей и проведения первоначальных тестов.

2. Демонстрация функционала на раннем этапе проекта: Проведение демонстраций готового функционала перед ключевыми заинтересованными сторонами компании, чтобы получить обратную связь и корректировать направление дальнейших работ.

3. Фиксация требований после показа и формирование реестра необходимых доработок: Сбор и фиксация всех требований и дополнений, выявленных в ходе демонстрации, с последующим формированием реестра задач для доработки системы.

4. Реализация разработок и окончательная настройка системы: Выполнение всех необходимых доработок, проведение окончательной настройки системы и интеграции со смежными системами ERP.

5. Обучение и продуктивный старт: Проведение обучения пользователей и запуск системы в продуктивную эксплуатацию.

Результаты проекта, представленного на рис.1, включают:

- длительность проекта от старта проекта до запуска – 5,5 месяцев;
- стоимость разработки составила 550 000 рублей.
- единое окно для управления всем процессом транспортировки;
- оптимизация и аналитика транспортных расходов;
- автоматизация обмена данными по запланированным поставкам и транспорту, а также текущему статусу перевозки внутри ландшафта SAP S/4HANA (LE, SD, FI, EWM);
  - отказ от большинства внесистемных коммуникаций и избыточных сервисов.
  - снижение ошибок при выполнении процесса более чем в два раза.

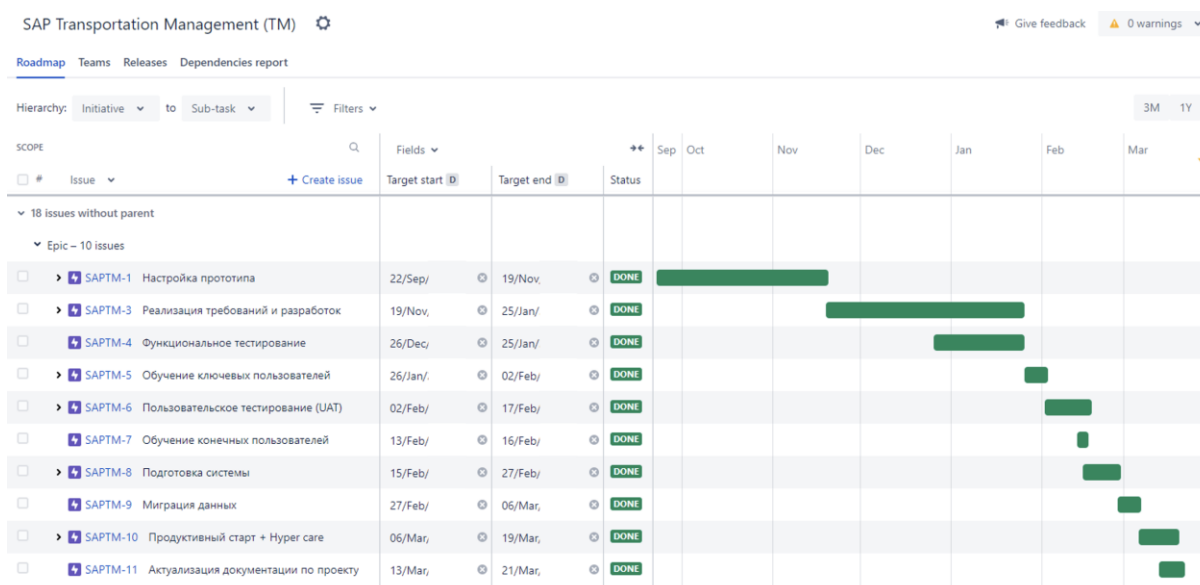


Рис. 1. План работ по внедрению SAP TM

Таким образом, внедрение SAP TM подтвердило свою эффективность и целесообразность, обеспечив значительное повышение прозрачности и управляемости процесса транспортировки, а также снижение операционных затрат и повышение общей эффективности логистической деятельности компании. Данный проект служит успешным кейсом применения современной системы управления транспортом для решения задач фармацевтической логистики и может быть рекомендован к использованию другими компаниями в отрасли.

### Список источников

1. SAP Transportation Management. URL: <https://www.sap.com/products/scm/transportation-logistics.html> (дата обращения: 10.06.2024).
2. Отраслевые и специализированные решения 1С:Предприятие / 1С:TMS Логистика. ООО "1С", 2011–2024. URL <https://solutions.1c.ru/catalog/tms/features> (дата обращения: 10.06.2024).
3. Pooling Plus- облачная TMS система. URL: <https://pooling.me/pooling-plus> (дата обращения: 10.06.2024).
4. SAP Activate. URL: <https://pages.community.sap.com/topics/activate> (дата обращения: 10.06.2024).

*Статья представлена доктором технических наук, профессором кафедры БИ СПбГУТ Сотниковым А. Д.*

УДК 621.377

Е. Д. Зинин (студент группы ЭМ-01, СПбГУТ)  
Т. Н. Старкова (старший преподаватель кафедры ЭМИ),  
[tania\\_starkova@bk.ru](mailto:tania_starkova@bk.ru)

## ИТ-ЭКОСИСТЕМА ДЛЯ РАБОТЫ С УМНЫМИ СЧЕТЧИКАМИ И ДАТЧИКАМИ

*В статье выполнен анализ и рассмотрено развитие ИТ- экосистемы для работы с приборами учета или контроля различных датчиков за счет внедрения программных продуктов, искусственного интеллекта и совершенствования разработанного в организации мобильного приложения «Приборы учета». Организация оказывает услуги в Санкт-Петербурге. Сделан прогноз совершенствования систем менеджмента знаний и искусственного интеллекта.*

*программный продукт, ИТ- экосистема, искусственный интеллект, система менеджмента знаний*

**Zinin E., Starkova T.** IT-Ecosystem for Working with Smart Meters and Sensors.  
*The article analyzes and considers the development of the IT-ecosystem for working with metering devices or monitoring various sensors through the introduction of software products, artificial intelligence and the improvement of the mobile application "Metering devices" developed in the organization. The organization provides services in St. Petersburg. A forecast is made for the improvement of knowledge management systems and artificial intelligence.*  
**Key words:** software product, IT-ecosystem, artificial intelligence, knowledge management system

Внедрение умных технологий в здания, сооружения, жилые дома или жилые комплексы необходимо в целях обеспечения инженерной и физической безопасности, а также комфорта жильцов дома и придомовой территории; инвентаризации, учета и оптимизации коммунальных услуг, контроля состояния всех видов энергоресурсов, а также управления и мониторинга инженерных систем здания [1]. Внедрение программных продуктов нового поколения в автоматизированную систему учета или контроля датчиков может значительно повысить конкурентоспособность услуг, предоставляемых предприятием. Программные продукты позволяют автоматизировать процессы сбора, обработки и анализа данных, что значительно упрощает управление системой и снижает затраты на обслуживание, позволяя повысить уровень комфорта и безопасности в здании. Основные функции программных продуктов при использовании умных приборов учета:

1. Сбор данных с приборов учета (счетчиков воды, газа, электроэнергии и т. д.) в режиме реального времени.
2. Обработка полученных данных и их анализ для выявления тенденций и закономерностей.



3. Предоставление информации о потреблении ресурсов в удобном для восприятия виде (графики, таблицы, отчеты).

4. Автоматическое формирование счетов на оплату на основе данных о потребленных ресурсах.

5. Контроль за состоянием оборудования и предупреждение о возможных неисправностях.

6. Управление доступом к данным и настройка прав пользователей.

7. Интеграция с другими системами управления зданием (например, системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). Это позволяет создать единую систему управления зданием и повысить ее эффективность. В таблице 1 представлено описание программных продуктов, которые наиболее популярны в настоящее время.

ТАБЛИЦА 1. Наиболее популярные программные продукты

п/п	Понятие	Пояснение, определение
1.	Zigbee Pro	Платформа для создания систем умного дома, которая позволяет интегрировать различные устройства (датчики, контроллеры, исполнительные механизмы) в единую систему управления
2.	Home Assistant	Система управления умным домом, которая может быть настроена под конкретные потребности пользователя
3.	Blynk	Мобильное приложение для управления умными устройствами через интернет. Позволяет создавать собственные сценарии автоматизации и контролировать работу устройств в реальном времени
4.	Node-RED	Среда разработки для создания собственных сценариев автоматизации на базе платформы Raspberry Pi
5.	OpenHAB	Платформа для управления умным домом

На рисунке 1 представлена схема работы платформы Zigbee Pro, изображены линии связи между компонентами, иллюстрирующие взаимодействие между ними.



Рис. 1. Система работы платформы Zigbee Pro

Рисунок системы работы платформы Zigbee Pro иллюстрирует архитектуру и взаимодействие компонентов этой системы для создания беспроводных сетей датчиков и исполнительных устройств.

Внедрение IT-экосистем в бизнес-процессы предприятия может принести множество преимуществ, включая те, которые представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Преимущества внедрения IT-экосистем в бизнес-процессы

п/п	Понятие	Пояснение, определение
1.	Повышение эффективности	IT-экосистемы могут автоматизировать задачи, ускорить обработку данных и улучшить взаимодействие между сотрудниками, что в итоге приводит к повышению эффективности и производительности труда
2.	Улучшение качества обслуживания клиентов	Предоставление клиентам более удобные и быстрые способы взаимодействия с предприятием, а также помочь сотрудникам быстрее и точнее решать вопросы клиентов
3.	Снижение издержек	Помощь предприятию оптимизировать свои ресурсы, снизить издержки на рутинные задачи и уменьшить количество ошибок, что в итоге приводит к снижению общих издержек
4.	Улучшение гибкости и адаптивности	IT-экосистемы могут помочь предприятию сконцентрировать внимание на проблемах, возникающих при внедрении новых технологий

Комплексный подход, позволяющий обеспечить безопасность данных в IT-экосистемах приборов учета, должен включать такие меры как: шифрование данных, аутентификация и авторизация пользователей, контроль доступа, мониторинг и анализ активности, резервное копирование и восстановление данных, а также обновление и исправление уязвимостей. Система мониторинга и прогнозирования потребления электроэнергии от компании «Комета» может также использоваться для выявления несанкционированного потребления электроэнергии и мошенничества с умными счетчиками. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о потреблении электроэнергии и выявляют аномалии и отклонения от нормального потребления. В таблице 3 представлена система показателей эффективности использования искусственного интеллекта.

ТАБЛИЦА 3. Отслеживание эффективности использования ИИ в управлении умными приборами учета

Показатель эффективности	Результат использования ИИ	Единица измерения	Значение (%)	
			Целевое	Фактическое
Время, затрачиваемое на настройку и оптимизацию работы приборов учета	Снижение времени настройки оборудования	Минуты	-40	-45

Показатель эффективности	Результат использования ИИ	Единица измерения	Значение (%)	
			Целевое	Фактическое
Эффективность системы управления умными приборами учета	Увеличение эффективности системы управления при принятии решений	Процент	30	35
Затраты на техническое обслуживание умных приборов учета	Снижение затрат на техническое обслуживание	\$	-20	-25
Скорость внедрения новых умных приборов учета	Увеличение скорости внедрения новых устройств путем автоматизации настройки и тестирования	Устройства/ Месяц	50	60
Количество ошибок в работе системы управления умными приборами учета	Снижение количества ошибок в работе системы	Процент	-15	-18
Уровень автоматизации процессов в системе управления умными приборами учета	Увеличение уровня автоматизации	Баллы (от 1 до 10)	3	3,5

На основании анализа таблицы 3 можно сделать вывод, что внедрение искусственного интеллекта в эту отрасль приносит значительные преимущества. Прогнозы расширения использования IT-экосистем предполагают, что в ближайшие годы мы увидим увеличение использования информационных технологий (IT) в различных сферах деятельности.

ТАБЛИЦА 4. Факторы, способствующие расширению IT-экосистем

п/п	Понятие	Пояснение, определение
1	Растущее количество данных	С ростом объема данных, генерируемых различными источниками, возникает необходимость в анализе этих данных и эффективном их использовании
2	Увеличение использования Интернета вещей (IoT)	Расширение использования IoT приведет к значительному увеличению количества устройств, подключенных к сети Интернет, снижению уровня неопределенности о состоянии объектов

п/п	Понятие	Пояснение, определение
3	Растущая потребность в автоматизации бизнес-процессов	Автоматизация бизнес-процессов путем использования IT-экосистемы может помочь компаниям повысить результативность управляющих воздействий
4	Растущая потребность в цифровых услугах	С ростом потребности в цифровых услугах, таких как: электронная коммерция, цифровой маркетинг и цифровые платежи, IT-экосистемы становятся оптимальной управленческой технологией

Прогнозы расширения использования IT-экосистем предполагают значительное увеличение использования информационных технологий (IT) в различных сферах деятельности в ближайшие годы. Для клиентов в компании разработано и внедрено мобильное приложение «Приборы учета». Приложение позволяет пользователям получать актуальную информацию о потреблении ресурсов в реальном времени, отслеживать динамику потребления, выявлять тенденции и закономерности, а также оптимизировать расходы и повысить эффективность использования ресурсов. Кроме того, приложение может автоматически формировать счета на оплату на основе данных о потребленных ресурсах, предупреждать о возможных неисправностях и отклонениях в работе оборудования, а также обеспечивать безопасность данных и предотвращать несанкционированный доступ. Развитие мобильного приложения направлено на использование дополнительных услуг, например, таких как доступ к базе знаний. Знания отличаются от информации тем, что они содержат интерпретацию и результаты использования человеческого мышления [2]. База знаний потребителя услуг умных счетчиков и датчиков, доступная в мобильном приложении, включает: общие сведения об устройствах, инструкции по их установке, настройке и использованию. Следовательно, использование искусственного интеллекта, не только не заменяет человека, а делает еще более востребованными знания и навыки, приобретаемые в колледжах и вузах.

В целом, прогнозы расширения использования IT-экосистем и мобильных приложений предполагают в них значительные изменения уже в ближайшие годы. Это может принести существенные преимущества предприятиям, которые автоматизировали функции по аналитике бизнеса. При этом требуется тщательная подготовка и продуманные решения для обеспечения безопасности и эффективного использования этих технологий.

#### Список используемых источников

- ГОСТ Р 71200-2023 "Системы киберфизические. Умный дом. Общие положения". URL: [https:// docs.cntd.ru/document/1304634008](https://docs.cntd.ru/document/1304634008) (дата обращения 16.05.2024)
- ГОСТ Р 57133-2016. Менеджмент организационной культуры и знания. Руководство по наилучшей практике. URL: <https:// docs.cntd.ru/document/1200140438> (дата обращения: 23.05.2024).

УДК 338.2:005.591.6

**Н. И. Мельникова** (студентка группы РБМ-11, СПбГУТ)

**П. Л. Ульянова** (студентка группы РБМ-11, СПбГУТ),

[polina-ulyanova-2021@mail.ru](mailto:polina-ulyanova-2021@mail.ru)

**В. Р. Шарипова** (студентка группы РБМ-11, СПбГУТ)

## РАЗВИТИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ФОРМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАРТАПОВ

*Технологический стартап является инновационным проектом, характеризующимся повышенным уровнем неопределенности. Одним из инструментов оценки инновационных проектов является их бизнес-план. Для неопределенных проектов, к которым могут быть отнесены технологические стартап-проекты на самых ранних стадиях (idea, pre-seed и seed), форма бизнес-плана трансформируется в направлении большей «визуальности» и адаптивности. Такой формой, в частности, является дек (deck, колода карт) – набор слайдов, выстроенных в определенном порядке. В статье представлены результаты разработки питч-дека стартап-проекта создания Метавселенной, реализуемой в ходе практических занятий по дисциплине «Экономика и основы проектного менеджмента» в СПбГУТ.*

*инновационный проект, технологический стартап, питч-дек, метавселенная, TAM-SAM-SOM*

**Melnikova N., Ulyanova P., Sharipova V.** Development of Tools for Assessing Innovative Projects in the Form of Technological Startups.

*A technological startup is an innovative project characterized by an increased level of uncertainty. One of the tools for assessing innovative projects is their business plan. For uncertain projects, which may include technological startup projects at the earliest stages (idea, pre-seed and seed), the form of the business plan is transformed in the direction of greater "visuality" and adaptability. Such a form, in particular, is a deck - a set of slides arranged in a certain order. The article presents the results of the development of a pitch deck for a startup project to create a Metaverse, implemented during practical classes in the discipline "Economics and Fundamentals of Project Management" at St. Petersburg State University of Telecommunications.*

**Key words:** innovative project, technology startup, pitch deck, metaverse, TAM-SAM-SOM

Оценка инновационных проектов является важным инструментом для выявления и анализа возможностей, рисков и перспектив, связанных с внедрением и продвижением новых технологий. Согласно мнению исследователей, результатами успешной реализации инновационного проекта могут быть показатели, отражающиеся в сокращении расходов, повышении цен, увеличении производительности и других аспектах [1, 2].

На основе синтеза управленческого и экономического подхода инновационный проект может быть определен как ограниченный во времени ком-

плекс действий по реализации определенной инновации, требующий осуществления реальных инвестиций. При этом к особенностям инновационных проектов относят повышенный уровень риска, который обуславливается дополнительной неопределенностью, а также выраженную этапность [3, 4].

Инновационным проектом, характеризующимся повышенным уровнем неопределенности является технологический стартап. Под стартапом, как правило, понимается временное предприятие (бизнес-проект), в основе которого лежит легко масштабируемая инновационная бизнес-модель. Технологический стартап – это стартап, в основе бизнес-модели которого лежит инновационная технология.

Одним из инструментов оценки инновационных проектов является их бизнес-план, который в традиционном смысле представляет собой документ, содержащий программу действий по реализации проекта, оценку его возможных результатов, а также определение и обоснование необходимых для его реализации набора и объема ресурсов [5]. Для неопределенных проектов, к которым относятся технологические стартапы, форма бизнес-плана трансформируется в направлении большей «визуальности» и адаптивности. Такой формой, в частности, является дек (deck, колода карт) – набор слайдов, выстроенных в определенном порядке. Функции дека включают все ключевые функции основных документов бизнес-проекта: бизнес-кейс, планировщик, коммуникатор и т. д.

К основным видам деков относятся:

- питч-дек, разрабатываемый для привлечения внимания при коротком 3-минутном выступлении;
- продакт-дек, разрабатываемый для привлечения партнеров и клиентов своим продуктом (подробный);
- инвест-дек, отражающий инвестиционный запрос на развитие проекта (разнообразный).

Также необходимо отметить, что значимым для проектной работы в высоконеопределенной среде является нахождение всей команды в едином информационном пространстве, а также перманентный доступ к актуальному статусу работ. Как правило это реализуется в цифровой среде специальных программных продуктов, одним из которых является функциональный блок «Проекты и задачи» Битрикс 24. Данный программный блок позволяет команде эффективно планировать, контролировать и взаимодействовать в ходе реализации проекта, что повышает прозрачность, ускоряет выполнение задач и способствует достижению поставленных целей.

Основным фокусом проектной работы, которая легла в основу практической части настоящего исследования, явилась рыночная и экономическая оценка проекта метавселенной, с визуальным погружением в окрестности

курорта Карибского моря (а также дальнейшим выходом на другие локации), реализуемая в формате разработки питч-дека в среде Битрикс 24 (далее Метавселенная).

С ростом технологических корпораций начали возникать глобальные виртуальные пространства, способные вместить в себя миллионы пользователей для общения, работы, дружеских встреч и других повседневных дел. Такие виртуальные пространства начали называть Метавселенными, а их жители – это аватары. Однако пока Метавселенные не так популярны на российском рынке.

Основная идея разрабатываемого проекта – объединение отдыха и виртуального мира. Внедрившись в Метавселенную, каждый человек сможет погрузиться в атмосферу настоящего курорта с прогулками по пляжу, интересными локациями для отдыха и развлечений. Такой отдых подходит тем, кто не может позволить себе долгие отпуска за границей из-за нехватки времени и загруженности офисной работой. Способ погружения – режим открытого мира в виртуальной игре, где пользователи могут создавать свой собственный аватар, взаимодействовать с окружающими предметами и другими аватарами. Погружение осуществляется через онлайн платформу с подключением к Wi-Fi (использование очков виртуальной реальности, тактильных перчаток и наушников опционально).

По статистике практически 40% пользователей метавселенных – это молодежь возраста 22-30 лет, трудоспособные и активные, но забывающие о том, что им нужен и важен отдых, который скрасит серые будни. Такие люди, как правило, в основном увлечены карьерой, а значит перерабатывают, именно они являются нашей потенциальной клиентской базой. Также по прогнозам более 1.5 млрд пользователей дополненной реальности будет в 2024 году, что расширяет аудиторию на 300 млн по сравнению с предыдущим годом (рисунок 1).

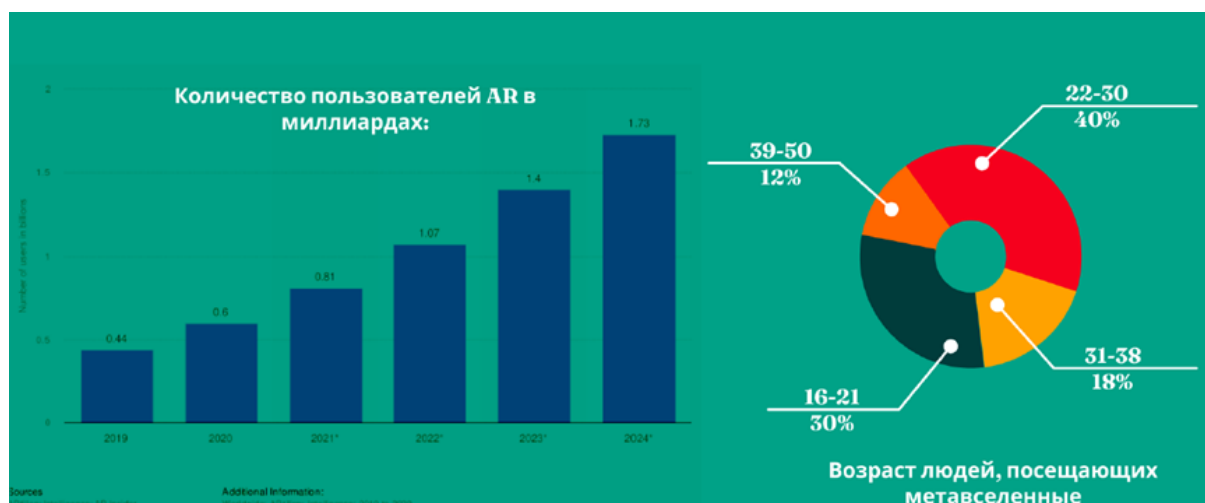


Рис. 1. Статистические данные для оценки рынка проектируемой Метавселенной

Анализ статистики потенциальных пользователей, чья проблема может решаться стартапом, позволяет провести оценку рынка, реализуемой бизнес-идеи. Неоднократно проверенным способом такой оценки для технологических стартап-проектов является метод TAM-SAM-SOM [6]. Основная идея метода заключается в оценке нескольких рыночных охватов, в частности, совокупного рынка TAM (Total Addressable Market), обслуживаемого рынка SAM (Serviceable Available Market) и достижимого рынка SOM (Serviceable & Obtainable Market). На рисунке 2 представлена оценка рынка в натуральных показателях (количестве пользователей) проектируемой Метавселенной по методу TAM-SAM-SOM.

Так как рассматривался рынок на территории Российской Федерации, то оценка совокупного количества потенциальных пользователей составила порядка 50 млн человек. Достижимый рынок определен на основе сравнительного конкурентного анализа, а также планов по продвижению проекта (таблица 1).

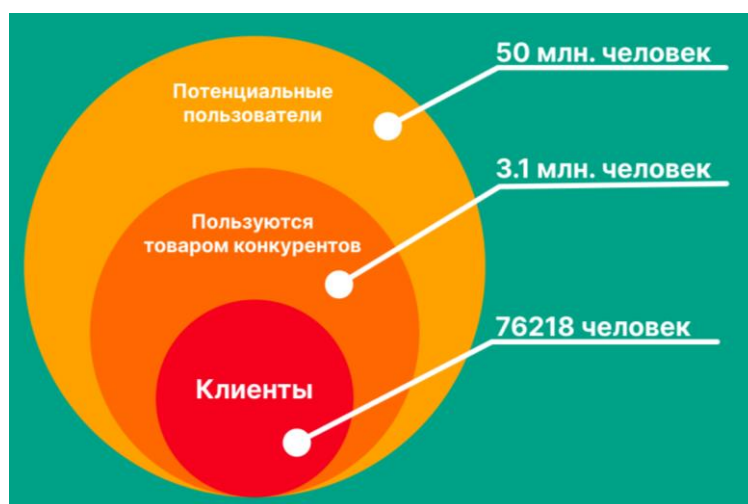


Рис. 2. Оценка рынка Метавселенной по методу TAM-SAM-SOM, количество пользователей

ТАБЛИЦА 1. Сравнительный анализ конкурентов проекта

Параметр сравнения	Одиссея	Decentraland	Genopets	Sandbox	Meta	Axie
Открытый мир	+	+	-	+	-	-
Покупки внутри приложения	+	+	+	+	-	+
Бесплатный период пользования	21 день	-	-	-	+	-
Жанр	Путешествия	Строительство	Стратегия	Стратегия	Приложение для работы	Стратегия
Формат	3D	3D	3D	2D+3D	3D+2D	2D
Формат файлов	.vox	.glb	.glb	.glb	.glb	.glb
Использование VR-компонентов	+	+-	-	-	+	-
Страна производства	Россия	США	Китай	США	США	США



Технологическое решение разрабатываемого стартап-проекта включает в себя несколько этапов, которые представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Технология проекта создания Метавселенной

Таким образом, оценка разрабатываемого проекта показала его высокий потенциал, особенно среди молодежи, испытывающей нехватку времени и средств на отдых. Прогнозируемый рост аудитории дополненной реальности до 1.5 млрд пользователей в 2024 году также расширяет целевой рынок проекта. Анализ потенциальных пользователей и расчет TAM-SAM-SOM подтверждают перспективность бизнес-идеи на российском рынке.

#### Список используемых источников

1. Макаров В. В. Инновационный менеджмент и управление качеством в ИКТ / В. В. Макаров. СПб.: СПбГУТ, 2019. 132 с. EDN YLSXBE
2. Котов В. И. Модель оценки эффективности ит-проектов / В. И. Котов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: сб. науч. ст. XI Международной научно-технической и научно-методической конференции в 4 т., СПб.: СПбГУТ, 2022. Том 3. С. 594–599. EDN TTLKER
3. Babkin A., Kvasha N., Demidenko D. [et al.]. Methodology for Economic Analysis of Highly Uncertain Innovative Projects of Improbability Type // Risks, 2023. Vol. 11, № 1. P. 3. DOI 10.3390/risks11010003. EDN XDRSKC
4. Ворошин Е. А., Колесников А. М., Кваша Н. В., Малевская-Малевич Е. Д. Особенности учета неопределенности и риска в экономическом анализе инновационных проектов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент, 2022. № 3. С. 24–32. DOI 10.17586/2310-1172-2022-17-3-24-32. EDN LKJVNU
5. Korolov S. Lean Canvas – a Tool Your Startup Needs Instead of a Business Plan. URL: <https://railsware.com/blog/lean-canvas/>
6. Остервальдер А., Пиньер Й., Бернарда Г. Генерация бизнес-моделей: Новый подход к созданию и тестированию стратегий. ДМК Пресс, 2015. URL: [http://alvares-tech.com/temp/PDP2011/pdf/Business%20Model%20Generation%20\(1\).pdf](http://alvares-tech.com/temp/PDP2011/pdf/Business%20Model%20Generation%20(1).pdf)

*Статья представлена научным руководителем, кандидатом экономических наук, доцентом кафедры ЭМИ, доцентом Квашой Н. В.*

УДК 339.138

О. И. Пескишев (студент группы ЭМ-11, СПбГУТ)

В. С. Смирнова (студент группы БИ-13, СПбГУТ), [sms1503@mail.ru](mailto:sms1503@mail.ru)

## РАЗВИТИЕ СМЕШАННЫХ МАРКЕТИНГОВЫХ СТРАТЕГИЙ: КОМБИНИРОВАНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И ЦИФРОВЫХ МЕТО- ДОВ ПРОДВИЖЕНИЯ

*Цифровые технологии активно проникают во все сферы жизни. Цифровизация является одной из главных тенденций развития современной экономики. Этот процесс требует совершенствования маркетинговых стратегий и перехода от традиционных методов продвижения к смешанному маркетингу, который предполагает сочетание традиционных инструментов с новейшими цифровыми форматами.*

*цифровой маркетинг, традиционные маркетинговые стратегии, цифровые методы продвижения, смешанные маркетинговые стратегии*

**Peskishev O. Smirnova V.** Development of Mixed Marketing Strategies: Combining Traditional and Digital Promotion Methods.

*Digital technologies are actively penetrating all spheres of life. Digitalization is one of the main trends in the development of the modern economy. This process requires the improvement of marketing strategies and the transition from traditional promotion methods to mixed marketing, which involves a combination of traditional tools with the latest digital formats.*

**Key words:** digital marketing, traditional marketing strategies, digital promotion methods, mixed marketing strategies

Основная цель маркетинга заключается в удовлетворении запросов и потребностей целевой аудитории путем создания ценных продуктов и услуг, способствующих улучшению качества жизни, самовыражения, достижению целей потребителей. Достижение поставленных целей помогает компаниям удерживать существующих и привлекать новых клиентов, строить доверительные отношения с потребителями, и вследствие этого повышать доходы и прибыль.

В своем становлении и развитии маркетинг прошел несколько этапов, каждый из которых сопровождался появлением новых концепций, стратегий и инструментов. Исследования показывают, что эволюция маркетинговых стратегий происходит под воздействием различных факторов [1]:

- технологические инновации;
- изменение потребительского поведения;
- рост важности данных для принятия решений в маркетинге.

Развитие и проникновение в практику маркетинга информационных технологий привело к появлению новых методов продвижения товаров и взаимодействия с целевой аудиторией и появлению цифрового маркетинга. Под цифровым маркетингом понимается в первую очередь продвижение товаров

и услуг с помощью цифровых технологий. Главное отличие цифрового маркетинга по сравнению с традиционным – использование для продвижения цифровых каналов и инструментов, таких как компьютер, мобильный телефон, планшет и других цифровых устройств. При этом цифровой маркетинг не сводится к интернет-маркетингу, поскольку он включает в себя использование цифровых устройств, не обязательно требующих подключения к интернету для коммуникации с целевой аудиторией [2].

Эволюция маркетинговых стратегий от традиционных методов к цифровой трансформации означает значительное изменение взаимодействия компаний со своей целевой аудиторией. Долгое время традиционные методы, такие как реклама в прессе, на телевидении, радио и прямой маркетинг, были ключевыми приемами продвижения продуктов и услуг. Однако с развитием цифровых технологий компании стали активно внедрять цифровые методы маркетинга для расширения зоны воздействия и повышения эффективности своей деятельности.

Переход от массового маркетинга к персонализированным подходам является важным аспектом развития маркетинговых стратегий. Исследования демонстрируют, что с развитием цифровых технологий появилась возможность кастомизировать предложения для отдельных потребителей. Это находит отражение в анализе поведения онлайн-покупателей и использовании его для формирования персонализированных маркетинговых предложений [1].

Исследования подтверждают важность анализа данных для эффективной разработки маркетинговых стратегий. Анализ данных является инструментом для выявления потребностей клиентов, прогнозирования тенденций рынка и измерения эффективности маркетинговых кампаний.

На смену традиционным методам продвижения и взаимодействия с потребителями приходят цифровые инструменты. В таблице 1 представлен сравнительный анализ преимуществ и ограничений цифрового и традиционного маркетинга [1].

ТАБЛИЦА 1. Описание преимуществ и ограничений традиционных и цифровых маркетинговых стратегий

	Преимущества	Ограничения
Традиционные маркетинговые стратегии	Широкий охват целевой аудитории. Высокая степень узнаваемости. Высокая степень доверия покупателей. Могут быть более эффективными для локальных бизнесов.	Сложность точного измерения эффективности. Высокая цена.
Цифровые маркетинговые стратегии	Возможность точного измерения результатов маркетинговых усилий и адаптации их в реальном времени. Повышенная персонализация. Интерактивный характер коммуникации. Более доступны для компаний с ограниченными бюджетами.	Информационный шум. Требуется экспертиза в интернет-маркетинге. Требуется наличие профессиональной компетенции.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что традиционные и цифровые стратегии продвижения имеют свои преимущества и ограничения. Так, традиционные стратегии, ориентированные на массового потребителя, дают возможность широкого охвата целевой аудитории, но не позволяют более точно воздействовать на конкретного потребителя и измерить результат воздействия. Неоспоримым преимуществом цифровых методов продвижения является повышенная персонализация, позволяющая более точно воздействовать на нужных представителей целевой аудитории, интерактивный характер взаимодействия с потребителями и возможность более точного измерения эффективности маркетинговых усилий. В то же время цифровые методы продвижения имеют и ограничения, так как предполагают наличие экспертных навыков в области настройки точечного воздействия на целевой сегмент и сравнительно меньший охват аудитории.

Отсюда можно сделать вывод, что использование смеси традиционных и цифровых маркетинговых методов, может быть более эффективным для многих предприятий, так как дает возможность подстраиваться под конкретные цели, аудиторию и бюджет.

Рассмотрим возможные примеры использования смешанных маркетинговых стратегий, включающих совместное использование традиционных и цифровых методов продвижения для продукта.

При проведении маркетинговых мероприятий можно использовать отслеживание присутствия на событии с помощью QR-кода, опубликованного в СМИ и используемого участниками при регистрации на мероприятие. Таким образом можно расширить охват аудитории и получить доступ к персональным данным участников мероприятия, например, адресу электронной почты, а позднее использовать его для рассылки информации о продукте или маркетинговых событиях, а также предоставлении индивидуальных предложений.

Для того чтобы повысить идентификацию продукта целевой аудиторией, можно организовать его представление на мероприятии лицом к лицу, а для облегчения мониторинга присутствия этого события использовать QR-код, полученный с помощью e-mail рассылки, который будет служить переходом к событию, а также отслеживанию взаимодействия участника мероприятия с продуктом [3].

Большое значение для воздействия на потребителей имеет предоставление клиентам и потенциальным партнерам возможности взаимодействовать с различными форматами информации о продукте, например, руководствами для пользователей, техническими документами или отчетами. В этом контексте очень важно комбинировать как традиционные форматы представления информации – физические носители: брошюры, печатные материалы, так и цифровые инструменты: веб-сайты, мобильные приложения, электронные форматы текстовой документации. В этом случае физические носители могут содержать QR-код, с помощью которого потенциальный клиент может получить доступ к соответствующему веб-сайту или

странице продукта онлайн. Этот подход не только учитывает различные предпочтения, но и расширяет возможности получения ценной информации, облегчая целевой аудитории возможность взаимодействия с брендом наилучшим образом [3].

Сочетание традиционных и цифровых методов продвижения можно использовать и для укрепления лояльности к продукту. Оптимальным способом повышения эффективности маркетингового воздействия является сочетание использования баннеров в метро с QR-кодами, позволяющими мгновенно просмотреть отзывы о компании или продукте. Показ отзывов может стимулировать посетителей сайта к покупке, основываясь на опыте других пользователей. Такой подход эффективно напоминает клиентам об имидже бренда и положительном опыте других пользователей, способствуя укреплению доверия и лояльности [3].

Многочисленные возможности объединения традиционных и цифровых методов продвижения продуктов включают в себя также скрытую и контекстную рекламу, размещение информации о мероприятиях на веб-ресурсах и в социальных сетях. Например, публикация информации в онлайн-источниках о праздновании Дня города, книжной ярмарке, выставке, на которых будет осуществляться прямая продажа продукции компании.

Таким образом, в настоящее время компании пересматривают свои маркетинговые стратегии, сочетая традиционные и цифровые методы для увеличения воздействия на аудиторию. Этот союз позволяет бизнесу:

- «дотягиваться» до потенциальных клиентов с помощью разнообразных, в том числе, персонализированных методов продвижения;
- увеличивать и укреплять репутацию бренда;
- улучшать взаимоотношения с клиентами;
- более точно измерять результаты маркетинговых усилий;
- адаптировать способы продвижения и осуществлять взаимодействие с клиентами в реальном времени.

#### Список используемых источников

1. Эволюция маркетинговых стратегий: от традиционных методов к цифровой трансформации: URL: <https://vael.ru/ru/article/view?id=3212> (дата обращения 05.05.2024).

2. Шевченко Д. А. Цифровой маркетинг: обзор каналов и инструментов // Практический маркетинг, 2019. № 10 (272). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-marketing-obzor-kanalov-i-instrumentov> (дата обращения 15.05.2024).

3. Here's why your business needs both traditional and digital marketing. – URL: <https://www.contentgrip.com/benefits-of-combining-traditional-and-digital-marketing-for-businesses/> (дата обращения 15.05.2024).

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом психологических наук, доцентом,  
доцентом кафедры УМСЭС СПбГУТ Хитриной И. Ю.*

УДК 366.626

**Е. Е. Проскуров** (студент группы ЭМ-11 СПбГУТ),  
[egor.proskurov@gmail.com](mailto:egor.proskurov@gmail.com)

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАРШЕРИНГОВЫХ СЕРВИСОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

*Рынок каршеринга в Санкт-Петербурге является одним из наиболее быстрорастущих рынков в этой области в стране. В условиях роста цен на бензин, машин и их обслуживания все больше и больше людей склоняются к использованию каршеринга как своего основного вида транспорта для перемещения по городу. На основе балльно-рейтинговой оценки проанализировали компании каршеринга в г. Санкт-Петербурге с точки зрения потребителя, для которого важна цена, качество услуги, безопасность и удобство приложений.*

*каршеринг, Делимобиль, Яндекс.драйв, Ситидрайв, Belka Car*

**Proskurov E.** Comparative Analysis of Carsharing Services in St. Petersburg.

*The carsharing market in St. Petersburg is one of the fastest growing markets in this area in the country. In the context of rising prices for gasoline, cars and their maintenance, more and more people are inclined to use carsharing as their main form of transport for moving around the city. Based on the point-rating assessment, carsharing companies in St. Petersburg were ranked from the point of view of the consumer, for whom price, service quality, safety and convenience of applications are important.*

**Key words:** carsharing, Delimobil, Yandex.drive, Citydrive, Belka Car

Рынок каршеринга является одним из наиболее быстрорастущих форм шеринга в России. Автомобиль, взятый в шеринг, избавляет потребителя «от необходимости тратить время и деньги на его обслуживание. В городах уменьшается общее количество машин, исчезают проблемы с пробками и парковкой и снижается загазованность.

Проанализируем возможности и риски каршеринга на примере г. Санкт-Петербурга, где он набирает все большую популярность. В условиях роста цен на бензин, машин и их обслуживания все больше людей склоняются к использованию каршеринга как своего основного вида транспорта для перемещения по городу.

По разным данным суммарный автопарк всех компаний в Санкт-Петербурге на сегодня составляет более 10000 автомобилей, увеличившись втрое за последние 3 года, даже учитывая крайне сложную ситуацию для рынка в 2022 году, связанную с уходом основных поставщиков машин, где, например, полностью прекратила свою работу компания Rentme.

По данным опроса СБЕР Бизнес каршерингом пользуются преимущественно работающие в офисе мужчины 34 лет, у которых есть дети. При этом, у 70% пользователей кар-шеринга опыт вождения более 7 лет и 41%

пользуется каршерингом больше 3 лет. Почти у каждого второго опрошенного есть личный автомобиль, но предпочтение отдается каршерингу. Средняя продолжительность поездки – 36 минут.

Постоянные пользователи каршеринга, как правило, мужчины от 23 до 35 лет, которые не расстаются со смартфоном, разбираются в ИТ и доверяют автоматизированным системам. Для них каршеринг представляет несколько преимуществ по сравнению с общественным транспортом, и, в особенности, такси: цена; приватность; свобода выбора автомобиля; отсутствие ограничений во времени использования; свобода выбора маршрута в зависимости от ситуации. удобство в перемещении по городу.

### Сравнительный анализ каршеринговых сервисов в Санкт-Петербурге

На данный момент в городе оперируют 4 сервиса (в порядке появления): Делимобиль, Яндекс.драйв, Ситидрайв, Velka Car.

Делая выбор в пользу аренды автомобиля водитель начинает сравнивать сервис-операторов в Питере. Проведем анализ вариантов каршеринга с точки зрения потребителя с помощью метода многокритериального выбора на основе балльно-рейтинговой оценки.

Расставим критерии оценки в порядке их важности для пользователей, присваивая баллы по убыванию важности критерия (на основе опроса фокус-группы).

1. Цена (6 баллов).
2. Состояние автомобилей (5 баллов).
3. Величина автопарка – то есть доступность по местности (4 балла).
4. Разнообразие автопарка (3 балла).
5. Удобство приложения (2 балла).
6. Количество тарифов (1 балл).

Далее разберем каждый из 4-х сервисов каршеринга и проранжируем их на основе оценки по этим факторам от 1 до 4, где «1» – это худший показатель, а «4» – лучший (см. табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Балльно-рейтинговая оценка сервисов каршеринга на основе опроса экспертов

Варианты	Критерии						Интегральная оценка (с учетом значимости критериев)
	Цена	Состояние автомобилей	Величина автопарка	Разнообразие автопарка	Удобство приложения	Количество тарифов	
Единица измерения	Баллы						
Значимость критерия	6	5	4	3	2	1	
Яндекс.Драйв	3	4	3	2	4	2	66
Ситидрайв	4	2	2	3	2	2	58
Делимобиль	1	1	4	4	3	3	49
Velka Car	2	3	1	1	1	1	37

Наилучший результат оказался у компании Яндекс.Драйв (66 – наибольший интегральный показатель по нашей методике) и худшая компания в этом рейтинге Velka Car (интегральная оценка – 37).

**1. Яндекс.Драйв** несколько лет считался самым крупным сервисом каршеринга в стране и пользовался бешеной популярностью. За счет этого, минимальный возраст и стаж были до недавнего времени самыми высокими среди конкурентов – 21 год и 3 года соответственно, что в свою очередь позволило компании держать автомобили в прекрасном состоянии и при этом выставлять достаточно низкий ценник. Добавив к этому нативную интеграцию в сервисы Яндекса, драйв получается самым привлекательным для большинства водителей при выборе каршеринга.

**2. Ситидрайв.** После покупки YouDrive Сбером и VK сервис был переименован в Ситидрайв, войдя в состав экосистемы банка. Автопарк начал резко расти, но в первое время большинство пользователей жаловались на ужасные проблемы с приложением: постоянные лаги и торможения. Более того, сейчас приложение Ситидрайва больше недоступно в AppStore. Сервис пытается исправить эти проблемы, однако пользователи считают, что их приложение все еще не является самым удобным на рынке и компенсируют такие недостатки опытом в использовании. Удивительным образом, не обладая самыми высокими требованиями по возрасту и стажу – 20 лет и 1 год, Ситидрайв предлагает очень приятные цены в городе на автомобили как эконом класса, так и выше. При этом автопарк, за исключением «старых» моделей, находится в прекрасном состоянии и постоянно обслуживается. Поэтому в этом рейтинге Ситидрайв занимает второе место.

**3. Делимобиль** на данный момент является самым большим и самым дорогим сервисом как в стране, так и в СПб. Это объясняется тем, что в 2020-м году компании убрала все требования для пользования их каршерингом и он стал доступен для водителей от 18 лет без стажа. На фоне этого автомобили Дели стали самыми востребованными на рынке. Но при этом сильно выросла нагрузка на сервис, и ухудшилось состояние самого автопарка. Одновременно с этим компания повысила цены даже для опытных водителей и ужесточила надзор за любыми повреждениями авто в процессе пользования, что не сильно помогло.

**4. Velka Car** в этом рейтинге занимает последнюю позицию, в первую очередь, потому что в Санкт-Петербурге компания, в отличие от «большой тройки», работает не так давно и потому обладает самым маленьким автопарком, однако учитывая это и условия по возрасту и стажу – 21 год и 2 года соответственно, они могут поддерживать стабильные цены и при этом автомобили находятся в достаточно хорошем состоянии.

Чтобы анализ каршерингового рынка был максимально справедливым, и чтобы понять, как работает ценовая политика, проведем сравнительный анализ цен каждой из компаний. В таблице 2 рассмотрим автомобиль, который есть в доступе в каждом из 4-х сервисов, а именно – Geely Coolray. Используются базовые цены, то есть «от ~рублей». Самая низкая цена в категории отмечена зеленым, а самая высокая – красным.



Каршеринг для потребителя имеет подводные камни в виде штрафов и запретов из-за пропущенной царапины или повреждения. Есть риск попадания в ДТП из-за ненадлежащего обслуживания автомобиля. Юридические, а вместе с ними и финансовые риски, как правило, связаны со сложностью договоров аренды, что приводит к тому, что в случаях ДТП или поломок даже не по вине пользователя – каршеринговая компания всегда оказывается в позиции силы.

ТАБЛИЦА 2. Сравнительный анализ тарифной политики операторов каршеринга, руб.  
Составлено на основании источников <https://citydrive.ru/>, <https://yandex.ru/drive/>,  
<https://delimobil.ru/>, <https://belkacar.ru/>

	Яндекс.Драйв	Ситидрайв	Делимобиль	Belka Car
Минуты (руб/мин)	От 10,3р	От 12,23р	От 21,06р	От 8,45р
Часы (без пробега)	От 220р	От 200р	От 418р	От 370р
Часы (с минимальным пробегом 10 км)	От 340р	От 350р	от 561р	-
День (без пробега)	2694р	2169р	2898р	От 2230р
Дни (с минимальным пробегом)	3565р	2234р	4034р	-
Фикс	От 72р	От 68р	От 79р	-
Ожидание (руб/мин)	6,34р	5,7р	7,99р	От 5р

По мнению Гридневой О. В. «понятие каршеринга в Российской Федерации нигде не закреплено. Данные правоотношения можно представить в виде аренды автомобиля частным лицом на любой недолгий (до 24 часа) срок для личных нужд у компании, занимающейся извлечением прибыли» [1]. Если мы определяем каршеринг как вид деятельности по предоставлению автотранспортных средств в аренду на условиях временного пользования для осуществления перевозок пассажиров, то он подпадает под регулирование, установленное для перевозок пассажиров и действие «Устава автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» [2].

Для оказания услуг каршеринга необходимо получить специальное разрешение на осуществление этой деятельности и соответствовать всем требованиям, установленным законодательством. Также в некоторых городах России действуют местные нормативные акты, регулирующие работу каршеринговых компаний. В Санкт-Петербурге каршеринг регулируется законодательством о транспорте и дорожном движении. В частности, для предоставления услуг каршеринга компании должны соответствовать определенным требованиям: наличие лицензии на осуществление перевозок, страхование автомобилей и пассажиров, соблюдение правил дорожного движения. Регулирование может быть дополнено региональными или местными нормативными актами. Важно знать

действующее законодательство и условия конкретной компании каршеринга, чтобы быть в курсе своих прав и обязанностей как потребителя.

Законы и нормативным акты затрагивают разные аспекты, касающиеся потребителей.

1. Права и обязанности потребителей. Пользователи каршеринга должны быть ознакомлены с правилами использования услуги, включая требования по безопасности, страхованию и ответственности за ущерб. Потребители также обязаны соблюдать правила дорожного движения и нести ответственность за нарушения.

2. Личные данные. Компании каршеринга обязаны обеспечивать защиту личных данных пользователей в соответствии с законодательством о персональных данных.

3. Страхование. Компании каршеринга должны предоставлять страхование для пользователей (страхование гражданской ответственности и страхование от несчастных случаев).

4. Техническое состояние автомобилей. Компании каршеринга обязаны регулярно проверять техническое состояние автомобилей и обеспечивать безопасность для пользователей.

5. Тарификация и оплата. Потребители должны быть информированы о тарифах, условиях оплаты, штрафах и комиссиях.

6. Разрешение споров между пользователями и компаниями каршеринга в соответствии с законодательством [3].

Сложности регулирования возникают из-за многообразия аспектов, касающихся пользователей и размытости договорных отношений каршеринга. Сложно определить к какому правовому договору следует его отнести: договору аренды транспортного средства без экипажа, договору проката или к договору об оказании услуг.

Пользователи каршеринга максимально заинтересованы в том, чтобы сервисы регулировались, ведь это дает уверенность в физической, финансовой и юридической безопасности, а также предсказуемость в их повседневной жизни. Рынок каршеринга имеет множество рисков для потребителей, однако при разумном подходе и соблюдении мер предосторожности, использование этой услуги может быть безопасным и удобным.

#### **Список используемых источников**

1. Гриднева О. В. Правовая природа договора каршеринга // Юридическая наука. С. 29-32 // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovaya-priroda-dogovora-karsheringa> (дата обращения 17.02.2024).

2. Федеральный закон «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» от 08.11.2007 N259-ФЗ (последняя редакция). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_72388/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72388/).

3. Бычков А. И. Правовое регулирование экономики совместного потребления. М.: Инфотро-пик Медиа, 2019, 136.с.

*Статья представлена научным руководителем, кандидатом экономических наук, доцентом кафедры СТЭД СПбГУТ Егоровой М. А*

УДК 004.9, 629.288

Т. Н. Старкова (старший преподаватель кафедры ЭМИ, СПбГУТ),  
[tania\\_starkova@bk.ru](mailto:tania_starkova@bk.ru)

С. И. Харитонов (студент группы ЭМ-01, СПбГУТ)

## ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРОВ

*В статье изучены перспективы и вызовы, связанные с внедрением искусственного интеллекта по автоматизированному управлению движением, информационно-технологическим сопровождением и автоматизированным диагностированием узлов и агрегатов транспортного средства. Учитывая, что в народном хозяйстве используются автотранспортные средства различного уровня автоматизации: от низко автоматизированных до высоко автоматизированных, искусственный интеллект является достаточно востребованным. Выполнен анализ проблем, с которыми придется столкнуться при внедрении искусственного интеллекта. Кроме того, даны рекомендации по подготовке автомобильных сервисных центров к работе с искусственным интеллектом и использованию его возможностей для улучшения качества обслуживания автотранспортных средств.*

*искусственный интеллект, высокоавтоматизированные транспортные средства, система менеджмента знаний*

**Starkova T., Kharitonov S.** Implementation of Artificial Intelligence in the Activities of Automobile Service Centers.

*The article examines the prospects and challenges associated with the implementation of artificial intelligence for automated traffic control, information technology support and automated diagnostics of vehicle units and assemblies. Considering that the national economy uses vehicles of various levels of automation: from low to highly automated, artificial intelligence is in high demand. An analysis of the problems that will have to be faced when implementing artificial intelligence is carried out. In addition, recommendations are given on preparing automobile service centers to work with artificial intelligence and using its capabilities to improve the quality of vehicle servicing.*

**Key words:** artificial intelligence, highly automated vehicles, knowledge management system

В современном мире автомобильная промышленность и система сервисного обслуживания переживают серьезные изменения. Одним из наиболее значимых трендов является внедрение цифровых двойников и искусственного интеллекта (ИИ). Технология цифровых двойников используется при производстве и обслуживании автотранспортных средств достаточно высокой ценовой категории. Использование ИИ, вполне доступно по стоимости, и предоставляет новые возможности для улучшения качества обслуживания автомобилей, снижения затрат и повышения эффективности работы сервисных центров.

Разработаны и внедрены системы искусственного интеллекта (СИИ), которые описаны в стандартах и предназначены для применения во всех технологических процессах эксплуатации автомобильного транспорта при их коммерческом и личном использовании; для перевозки людей и грузов на автомобильных дорогах [1]:

- при построении информационно-технологического сопровождения (ИТС) на различных уровнях управления;
- при разработке систем технического диагностирования (СТД);
- при интеллектуализации систем управления высокоавтоматизированным транспортным средством (ВАТС).

Состав функциональных подсистем искусственного интеллекта на автомобильном транспорте, описанный в [1] достаточно широк, но не является исчерпывающим. При этом важное значение приобретает оценка качества самих используемых алгоритмов в СИИ. Следующие группы показателей качества являются наиболее важными: надежности алгоритма; сопровождаемости; удобства применения; эффективности; корректности; доверенности. Все вышеперечисленное говорит о потребности экономики в не только высококвалифицированных специалистах, но и потребителях, эффективно использующих современные средства.

Примером успешного внедрения ИИ в автомобильный сервис является искусственный интеллект ŠKODA AUTO. Приложение с искусственным интеллектом Sound Analyser записывает звук работы автомобиля и сравнивает его с встроенной базой звуковых шаблонов. Умную программу уже испытывают 245 дилеров ŠKODA в 14 странах, включая Россию. Несмотря на сложность алгоритма программы, ее работа интуитивно понятна. Приложение записывает звук, производимый автомобилем, и сравнивает его с теми, что уже находятся в его памяти. На основе этих данных Sound Analyser выдает конкретное описание проблемы. В основе работы Sound Analyser лежат алгоритмы нейросетей. Приложение конвертирует аудиофайл в спектрограмму, которая визуально разделяет акустические сигналы, и затем с помощью искусственного интеллекта сравнивает его с базой звуковых образцов для определения тех или иных отклонений. В результате приложение уведомляет пользователя о характере неисправности и необходимости обратиться в сервисный центр. На рисунке 1 представлен вариант использования приложения.



Рис. 1. Применение ИИ «Sound Analyser» при диагностике автомобиля

Кроме этого возможно внедрение следующих разработок:

- идентификация запчастей по фотографии;
- оптимизация записи на СТО через чат-бота;
- поиск запчастей по фото авто.

На рисунке 2 представлена возможность организации записи в автомобильный сервис через чат-бот.

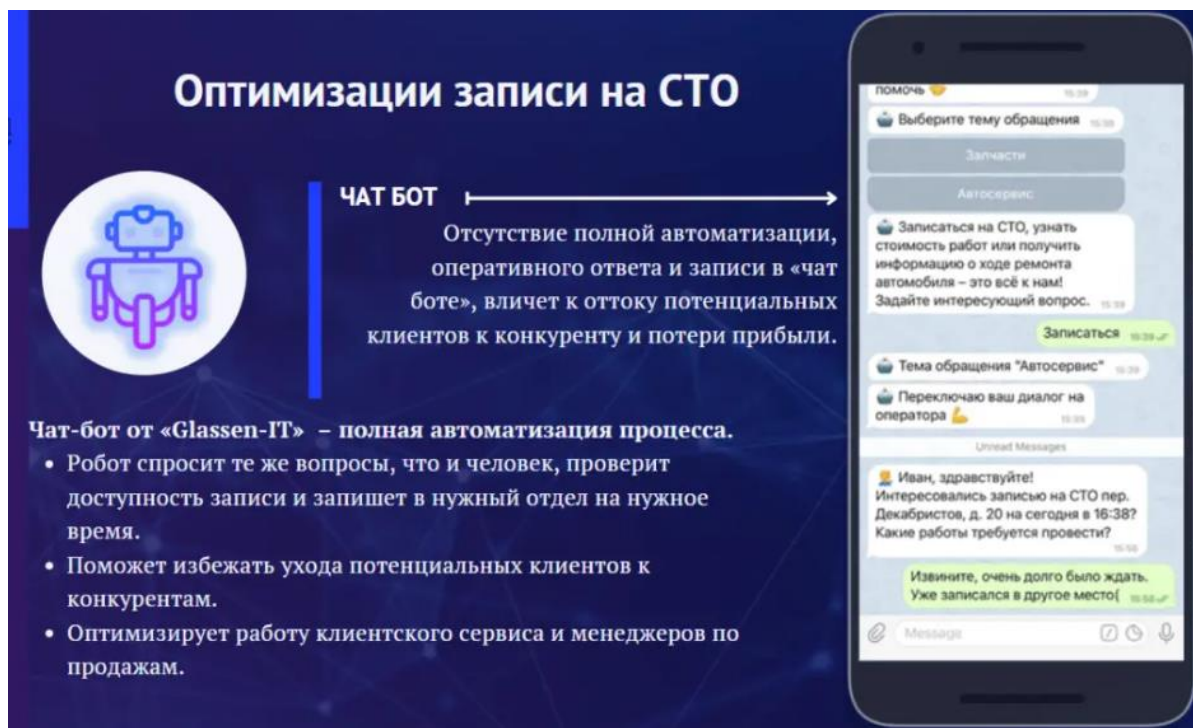


Рис. 2. Пример записи в автомобильный сервис через чат-бот

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в автомобильный сервис может принести множество преимуществ. Однако, существует ряд проблем, которые могут возникнуть при внедрении ИИ в этой отрасли:

- внедрение ИИ требует значительных инвестиций в инфраструктуру и оборудование;
- необходимость подготовки;
- существует риск потери рабочих мест из-за автоматизации.
- безопасность и конфиденциальность данных являются важными аспектами;
- наличие риска, что ИИ не сможет эффективно работать с нестандартными ситуациями.

В настоящее время в системе технического обслуживания [2] действует распределенная база знаний, которая содержит множество различной информации. Например, разъяснения по коду ошибки, обнаруженной диагностическим оборудованием, с последующим видео сюжетом ремонта данной

неисправности. Таким образом, предлагается объединить существующую систему знаний с технологий искусственного интеллекта через последовательность шагов, которые будут учитывать информацию, накопленную крупными компаниями и современные подходы к ее использованию. Сайты, принадлежащие крупным сервисным компаниям, используют фото и видео материалы по устранению дефектов в рекламных целях. Например, авто диагностика широко представлена на сайте Автомобильного холдинга «Автополе» – одного из крупнейших дилерских комплексов на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области по продаже и обслуживанию новых автомобилей и автомобилей с пробегом. Описанию причин и решению проблем посвящен форум ChipTuner Forum. Отработка сценариев с использованием рекомендаций с данных сайтов, приводит к ускорению выполнения ремонта автомобиля на 30-40% времени.

Возможно, что в ближайшие 10-15 лет техническое обслуживание автотранспортных средств не станет полностью автоматизированным, но, скорее всего, это и не является первостепенной задачей. Безопасное движение на дороге и предупреждение о возможной неисправности автомобиля играют гораздо более важную роль.

В целом, внедрение искусственного интеллекта в автомобильный сервис может принести множество преимуществ. В таблице 1 отражены показатели эффективности использования искусственного интеллекта по сравнению с традиционными способами диагностики.

ТАБЛИЦА 1. Эффективность использования ИИ в автосервисе

Показатель эффективности	Влияние использования ИИ на показатель	Единица измерения	Фактическое значение (%)
Снижение времени диагностики	Время, затрачиваемое на диагностику неисправностей	Минуты	-35
Увеличение точности диагностики	Процент правильных диагнозов неисправностей	Процент	+25
Снижение стоимости обслуживания	Стоимость обслуживания одного автомобиля	\$	-20
Увеличение производительности труда	Количество обслуженных автомобилей в час	Автомобили/час	+35
Снижение количества повторных посещений	Количество повторных посещений клиентов в автосервис из-за некачественно выполненных работ	Процент	-12
Увеличение уровня удовлетворенности клиентов	Уровень удовлетворенности клиентов обслуживанием в автосервисе	Баллы (от 1 до 10)	+1,2



Фактические значения отражают средние результаты измерений эффективности использования ИИ в автосервисе за определенный период времени (1 месяц). В данном случае можно говорить о двух важных факторах: с одной стороны значительном информационном материале, накопленном в базах знаний и учитываемых ИИ, и с другой стороны – высокой квалификации сотрудников исследуемого автосервиса. Естественно, что повышение уровня эффективности зависит и от ремонтпригодности автотранспортного средства. Следовательно, прогнозы относительно целевых значений времени выполнения определенных сервисных операций, тоже должны быть определены с помощью ИИ еще на стадии производства автотранспортного средства.

Таким образом, для успешного внедрения ИИ необходимо тщательное планирование, инвестиции в: инфраструктуру и оборудование, подготовку технического и управленческого персонала, обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, а также в учет нестандартных ситуаций. Система менеджмента знаний должна поддерживаться в актуальном состоянии.

#### **Список используемых источников**

1. ГОСТ Р ГОСТ Р 70250-2022. Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте.
2. ГОСТ 21624-81. Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники.

УДК 304.2

Д. Д. Москвина (студентка гр. РСО-34, СПбГУТ),  
[dmoskvina05@gmail.com](mailto:dmoskvina05@gmail.com)

## БОРЬБА С ФЕЙКАМИ И ЛОЖНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ В ИНТЕРНЕТЕ

*В работе предпринимается попытка исследовать проблему появления и распространения фейковой информации как вида экстремизма, способов идентификации заведомо ложных новостей и борьбы с ними с точки зрения закона и каждого гражданина в отдельности. В работе представлен анализ природы фейковых новостей и выявлены их основные черты.*

*экстремизм, фейки, методы распространения информации, способы идентификации заведомо ложных новостей*

**Moskvina D.** Fighting Fakes and False Information on the Internet.

*The work attempts to study the problem of the emergence and dissemination of fake information as a type of extremism, methods of identifying deliberately false news and combating them from the point of view of the law and each citizen individually. The work presents an analysis of the nature of fake news and identifies its main features.*

**Key words:** extremism, fakes, methods of disseminating information, methods of identifying deliberately false news

Экстремизм является острой проблемой современного общества. С каждым днем учащаются проявления данного явления в политической, экономической, социальной, религиозной сферах общественной жизни. В многообразии причин его обострения выделяются как общие, обусловленные социальными, экономическими, политическими факторами, так и специфические, связанные с конкретными условиями существования социальных групп.

В современном обществе России наблюдается угрожающий рост молодежного экстремизма, вызывающий серьезную тревогу. Распространение идеологий экстремизма в стране достигает критических масштабов, с укреплением связей межрегиональных и международных экстремистских организаций. Особую опасность представляет националистический экстремизм среди молодежи. Современный молодежный экстремизм характеризуется увеличением организованности, формированием идеологических и боевых структур в группировках, а также использованием передовых технологий для распространения своих идей.

Наиболее часто встречаемыми проявлениями являются распространение экстремистской литературы, провокационные выступления и призывы



к межнациональной вражде в интернете. Несмотря на это, число преступлений насильственного характера по мотивам экстремизма пока остается невелико.

Одним из основных методов распространения информации экстремистского характера является создание фейковых новостей, продвижения их в массы с помощью социальных медиа. Проблема распространения фейков очень актуальна как в России, так и во всем мире.

В разных странах вводятся законы, предусматривающие ответственность за распространение фейковой информации. Речь идет о России, Германии, Казахстане, Китайской Народной Республике. В мире сейчас остро стоит проблема противодействия распространению ложной информации вокруг ситуации с коронавирусом. Поэтому фейки необходимо изучать, классифицировать и разрабатывать меры противодействия их распространению.

Понятие «фейки» классифицируется в двух категориях: материальные и нематериальные. К материальным можно отнести создание подделок торговых марок, брендов, технологий и т. д. К нематериальным – фальшивые, заведомо ложные новости, намеренно распространяемые в социальных медиа, с помощью интернет-ресурсов и в некоторых средствах массовой информации. Именно нематериальные фейки могут носить экстремистский посыл.

В рамках этой статьи мы будем рассматривать нематериальную фейковую информацию или информационные фейки. В соответствии с принятыми изменениями в Закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и поправками в Кодекс об административных правонарушениях (КоАП) недостоверная общественно значимая информация (фейки) – это информация, распространяемая по различным каналам коммуникации в виде соответствующих действительности сообщений.

Таким образом, фейки могут угрожать жизни, здоровью граждан, провоцировать массовые беспорядки, создавать препятствия для работы жизненно важных объектов (транспортных, промышленных, энергетических объектов, объектов социальной инфраструктуры и связи и др.).

Примером того, как работает распространение фейковой информации может послужить ситуация, которая складывалась в стране в связи с мобилизацией граждан. В феврале 2022 года, после объявления частичной мобилизации в России, возникло огромное количество ложных новостей о том, что вскоре будет объявлена всеобщая мобилизация. Это спровоцировало большие волнения среди людей, произошел отток населения, в сети интернет появились записи, призывающие к революции, массовая критика властей. Именно фейки стали причиной массовых беспокойств и беспорядков. Позже власти опровергли ложные новости, и всеобщей мобилизации, действительно, не произошло.

Для борьбы с распространением фейковых, заведомо ложных новостей, были приняты изменения в Закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и поправки в Кодекс об административных правонарушениях (КоАП). Штрафы в соответствии с поправками в КоАП грозят как за распространение фейковых новостей в СМИ, так и в интернете. При этом штрафы различаются в зависимости от тяжести последствий, которые наступили в результате распространения дезинформации.

За первое распространение информации, создавшее угрозу причинения вреда жизни и здоровью граждан, имуществу, угрозу массовых беспорядков, угрозу нарушения функционирования объектов жизнеобеспечения штраф может составить:

- для граждан от 30 тыс. до 100 тыс. рублей;
- для должностных лиц – от 60 тыс. до 200 тыс. рублей;
- для юридических лиц – от 200 тыс. до 500 тыс. рублей [1].

Повторное совершение либо распространение в СМИ и в интернете заведомо недостоверной общественно значимой информации под видом достоверных сообщений, повлекшее создание помех функционированию объектов жизнеобеспечения, транспортной или социальной инфраструктуры, связи, кредитных организаций, объектов энергетики или промышленности может наказываться штрафами:

- для граждан — от 100 тыс. до 300 тыс. рублей;
- для должностных лиц — от 300 тыс. до 600 тыс. рублей;
- для юридических лиц — от 500 тыс. до 1 млн рублей [1].

Наконец, в случае если распространение фейковой информации повлекло за собой «смерть человека, причинение вреда здоровью человека или имуществу, массовое нарушение общественного порядка и (или) общественной безопасности, прекращение функционирования объектов жизнеобеспечения, транспортной или социальной инфраструктуры, связи, кредитных организаций, объектов энергетики или промышленности», штрафы будут составлять:

- для граждан — от 300 тыс. до 400 тыс. рублей;
- для должностных лиц – от 600 тыс. до 900 тыс. рублей;
- для юридических лиц – от 1 млн до 1,5 млн рублей [1].

Председатель Комитета по государственному строительству и законодательству Павел Крашенинников подчеркнул, что основная цель данных штрафов – профилактическая, с этим и было связано их увеличение при доработке законопроекта.

Несмотря на наличие законов, запрещающих подобную деятельность, проблема фейков не может полностью исчезнуть. Нами был проведен опрос среди студентов, на тему «Понимаете ли вы, как отличить ложную новость от правдивой» с целью изучить, насколько актуальным является распространение инструкций по тому, как человек может самостоятельно бороться с

фейковыми новостями. На рисунке 1 представлены результаты данного опроса [2].



Рис. 1. Результаты студенческого опроса «Отличаете ли вы фейки от правды»

В результатах проведения анкетирования было выявлено, что более 50% опрошенных сталкиваются с поднятой нами проблемой. Существуют способы идентификации заведомо ложных новостей, которыми могут воспользоваться пользователи интернета и читатели СМИ в повседневной жизни:

- обратить внимание на источник (многие сайты стараются копировать названия, логотип или внешний вид авторитетных СМИ, а также имеют малоизвестные домены в адресе; если домен сайта вызывает сомнения, а источник не является авторитетным, известным, проверенным, новость может быть ложной);
- внимательно прочитать всю статью (журналисты часто используют сенсационные названия статей для привлечения внимания, однако содержание не содержит в себе заявленной информации);
- проверить, указан ли автор (у статей вообще может не быть авторства или указано ненастоящее имя, что должно насторожить – делают это для снятия ответственности; такое может быть присуще фейковой новости);
- проверить, есть ли данная новость в других, проверенных СМИ (сенсационная новость, как правило, публикуется сразу в нескольких источниках, если крупные издания проигнорировали какое-либо крупное событие, вероятно, оно не имеет подтверждений и не является правдой);

- обратить внимание на дату публикации (информационные агентства нередко перерабатывают устаревший материал и выдают его за новый, чтобы делать видимость добавления контента на сайт);

- проверить фотографию (каждая статья сопровождается изображением – оно могло быть грубо отредактировано, что сразу выдает подделку, нередко в редакциях склеивают 2 совершенно разных снимка, чтобы сыграть на невнимательности читателя, либо фото вовсе не соответствует написанному; можно нажать на фотографию и найти ее в поисковике, возможно, у нее совершенно иное происхождение);

Существуют и другие признаки фейка [3], которые можно найти в самом тексте:

- провокационный, двусмысленный заголовок, при прочтении чувствуется противоречие и непонимание написанного;

- текст не соответствует названию;

- материал подается однобоко, прослеживается лишь одна точка зрения, очень радикальная, искажающая факты и не предполагающая альтернативного мнения;

- игра на эмоциях (например, видна провокация на тему острого социального конфликта, или прямым текстом говорится, что все очень плохо).

Фейковые новости являются современным методом распространения экстремизма, способным посеять панику, спровоцировать отрицательные движения в обществе. Необходимо тщательно изучать информацию, размещенную в интернете, чтобы способствовать спокойной жизни внутри страны и не допускать нарушения мира.

#### Список использованных источников

1. Что такое фейковые новости и как за них будут наказывать? // Официальный сайт Государственной Думы РФ. URL: <http://duma.gov.ru/news/29982/> (дата обращения: 20.04.2024).

2. Анкетирование студентов 1 курса СПбГУТ. URL: <https://docs.google.com/forms/d/1CeVy5zUXf6bo2Bm846PZuUejrL7uO8UFmaUCHzvT4/edit> (дата обращения: 14.04.2024).

3. Гридчин А. А. Коммуникативные технологии регулирования региональных конфликтов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 7: Философия, социология и социальные технологии. Волгоград, 2009. № 1 (9). С. 105–109.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом политических наук,  
доцентом кафедры социально-политических наук СПбГУТ Кульназаровой А. В.*

УДК 821.521

**В. А. Никитина** (студент группы ЗР-22, СПбГУТ),  
[tori\\_himesama@mail.ru](mailto:tori_himesama@mail.ru)

## **АКУТАГАВА РЮНОСКЭ: СТРАНИЦЫ БИОГРАФИИ И ЛИТЕРАТУРНОГО ТВОРЧЕСТВА**

*Япония – страна, традиционно вызывающая интерес к своей культуре. Особое внимание уделяется этой стране в последнее время на фоне развития массовой культуры, вышедшей далеко за пределы японских островов. Но элитарная культура, а в частности, классическая литература, заслуживает особого внимания. В настоящее время в неазиатских странах не так много известно о японской литературе, о значимых писателях и поэтах, что делает данную работу, посвященную Акутагаве Рюноскэ, писателю-новеллисту, знаменитому в самой Японии и странах Восточной Азии, актуальной для заинтересованной аудитории в нашей стране.*

*Япония, Акутагава Рюноскэ, японская литература*

**Nikitina V.** Akutagawa Ryunosuke: Pages of Biography and Literary Work.

*Japan is a country that traditionally arouses interest in its culture. Particular attention has been paid to this country recently against the backdrop of the development of mass culture, which has gone far beyond the Japanese islands. But elite culture, and classical literature in particular, deserves special attention. At present, not much is known in non-Asian countries about Japanese literature, about significant writers and poets, which makes this work dedicated to Akutagawa Ryunosuke, a short story writer famous in Japan itself and in East Asian countries, relevant for an interested audience in our country.*

**Key words:** Japan, Akutagawa Ryunosuke, Japanese literature

К числу знаковых деятелей японской литературы без сомнений можно отнести Акутагаву Рюноскэ, писателя-модерниста, известного своими новеллами, поэзией и публицистикой.

Как показывает исторический опыт, часть людей, способных оставить след в культуре, рождается в кризисное время переломов. И Акутагава, конечно же, не был исключением. Прожив, хоть и немного (всего лишь 35 лет), на рубеже XIX-XX веков, когда Япония претерпевала модернизацию и масштабные изменения привычного образа жизни, он на себе ощутил последствия реставрации Мэйдзи, последствия отхода Японии от длительной политики самоизоляции. Ориентация на культуру Западной Европы и США, несмотря на то что она оказывала значительное влияние на каждую сферу жизни, все же не смогла полностью изменить японцев. Стиль письма Акутагавы похож на привычный стиль европейцев – и это весьма заметно. Но тем не менее в его работах находит отражение истинный японский взгляд на жизнь.

Акутагава родился 1 марта 1892 года в семье молочного коммерсанта Ниихара. Его родители были уже немолоды: матери было за 30, отцу – за 40. В то время в Японии рождение позднего ребенка считалось плохой приметой, поэтому родители Рюноскэ сделали вид, что его им подкинули. Вскоре после рождения сына у матери появились признаки психического расстройства на фоне смерти старшей дочери, и ее положили в психиатрическую лечебницу, где она свела счеты с жизнью. Эта трагедия сильно отразилась на самом Рюноскэ и нашла отголосок в его творчестве: он с ранних лет боялся сумасшествия и не раз обращался к теме психических расстройств в своих новеллах.

Когда Рюноскэ было девять месяцев, родители отправили его жить в семью старшего брата матери Митиаки Акутагавы, у которого не было детей. Именно его фамилию в последствии Рюноскэ принял и прославил. Хотя обстановка в семье дяди и была доброжелательной, однако, как признавался в последствии сам Акутагава, ему все-таки не хватало материнской любви [1].

В 1913 году Акутагава поступил в Токийский Императорский университет на отделение английской литературы. В 1914 году в университетском журнале «Синсите» («Новое течение»), который Рюноскэ издавал вместе с друзьями, впервые был опубликован его рассказ «Старик». В строках этого рассказа уже видны способности молодого писателя к тонкому пониманию чувств человека. Но если этот рассказ остался незамеченным, то рассказ «Ворота Расемон» [2], написанный в 1915 году, принес писателю известность. Сюжет этого рассказа, как и некоторых других относящихся к периоду раннего творчества, был заимствован из средневекового сборника легенд «Кондзяку моногатари» [1]. Главный герой, незнатный самурай, оставшись без хозяина, видит свой единственный способ выжить в воровстве, однако внутренние моральные установки не дают ему решиться на шаг, который станет для него, как для человека, последним. Но вид старухи, срывающей волосы с голов трупов, чтобы потом продать сделанные из них парики, ее слова о том, что она делает это поневоле, всего лишь пытаюсь не умереть с голоду, что не является чем-то плохим, заставляют героя забыть о тех жалких остатках человечности, которые еще недавно хранила его душа, и стать вором, точно таким же, каких он презирал. Это история о безысходности и огромной силе обстоятельств, заставляющих человека отвергать свои моральные принципы.

Изучение на факультете филологии главных течений западной литературы, увлечение такими авторами как В. Гюго, Г. де Мопассан, Ю. Стриндберг, Ф.М. Достоевский, Н.В. Гоголь отразилось в новеллах писателя. К произведениям, которые затрагивают противостояние японских и европейских традиций, можно отнести рассказы «Носовой платок» и «Табак и дьявол», написанные в 1916 году, а в рассказе «Вальдшнеп» главными героями становятся И.С. Тургенев и Л.Н. Толстой.

С 1919 года Акутагава работал в газете «Осака майнити симбун», а в 1921 году, решив отдохнуть и восстановить расшатанное здоровье, он в качестве специального корреспондента отправился на четыре месяца в Китай. Однако пребывание в Поднебесной не принесло никаких плодов желаемого улучшения: писатель вернулся усталым и продолжал жаловаться на бессоницу и головные боли. Однако стоит отметить, что именно к этому периоду относится написание его лучших произведений, одним из которых стал новаторский рассказ «В чаше», датируемый 1922 годом [3]. Сюжет снова был взят из «Кондзяку моногатари»: в его основу лег конфликт между тремя действующими лицами – самураем, его женой и разбойником, а также три события: смерть самурая, изнасилование его жены и поимка разбойника [1]. Но особенность и интерес рассказа заключаются в том, что герои описывают произошедшее преступление совершенно по-разному, при этом противоречат друг другу. Концовка остается открытой, а ответ на вопрос, кто же настоящий убийца, так и не найден. Финал остается на усмотрение самого читателя. На основе этого произведения и вышеупомянутого рассказа «Ворота Расемон» был снят фильм «Расемон», режиссером которого является известный режиссер Акира Куросава. Эта экранизация фактически открыла японский кинематограф западному зрителю и еще больше усилила интерес к Стране восходящего солнца.

Дальнейшая судьба Акутагавы складывается очень трагично: истощенный нервно и физически, мучимый бессонницей и так или иначе проявлявшимися психическими расстройствами, погрязший в депрессии и суицидальных мыслях, он стал зависим от препарата барбитал. Жизнь писателю казалась «еще большим адом, чем сам ад». Рассказ «Зубчатые колеса», как и «Жизнь идиота» наиболее полно раскрывает внутренний мир Рюноскэ в последние месяцы, и, вероятно, годы его жизни. Пронизанный мрачной безысходностью, вечной тревогой и ощущением смерти, рассказ является автобиографичным. Жуткие картины зубчатых колес, которые с периодической постоянностью видит главный герой, пугают его и сводят с ума. Окруженный страшными предзнаменованиями и галлюцинациями, он приходит к выводу, что такая жизнь сродни мукам. «Неужели не найдется никого, кто бы задушил меня, пока я сплю?» [2] – этими словами заканчивается рассказ, а вместе с ним и жизнь самого Рюноскэ. Еще большую мрачность этим словам придает тот факт, что они были опубликованы уже посмертно: 24 июля 1927 года Акутагава покончил с собой, приняв смертельную дозу барбитала.

В 1935 году по инициативе Кикуги Кана издательством «Бунгэй сундзю» в память о погибшем писателе была учреждена премия Акутагавы. Это самая престижная литературная премия Японии, которая вручается дебютантам.

Акутагава Рюноскэ удивительный человек с непростой судьбой. Боясь сумасшествия, он в итоге сам постепенно сходит с ума. Разве это не похоже на трагедию? Он по праву считается классиком: за свою короткую жизнь он

оставил глубочайший след не только в литературе своего времени, но и в различных проявлениях современной массовой культуры. Образ этого писателя фигурирует в манге и снятому по ней аниме «Великий из бродячих псов» (другое название «Бродячие псы: литературные гении»), а также в оригинальном аниме «Литераторы и алхимики: шестерни судьей».

**Список используемых источников:**

1. Чегодарь Н. И. Акутагава Рюноскэ. М.: Вост. лит., 2004. 222 с.
2. Акутагава Рюноскэ. Ворота Расемон: [сборник] / Рюноскэ Акутагава; [перевод с японского Н. Фельдман]. М.: Издательство АСТ, 2022. 576 с.
2. Акутагава Рюноскэ. В стране водяных: [сборник] / Рюноскэ Акутагава; [перевод с японского]. М.: Издательство АСТ, 2022. 512 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом исторических наук,  
заместителем декана факультета СЦТ СПбГУТ по научной работе Гехтом А. Б.*



УДК 94

В. А. Никитина (студент группы ЗР-22, СПбГУТ),  
[tori\\_himesama@mail.ru](mailto:tori_himesama@mail.ru)

## ПРИНЦИПАТ КАК НОВАЯ ПОЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДРЕВНЕГО РИМА

*Изучение процесса становления политической системы Древнего Рима является важным объектом исследовательского интереса политологов. Принципат — одна из важнейших политических систем в истории Древнего Рима, оказавшая значительное влияние на развитие римского общества и государства. Анализ его становления позволяет сформулировать общие законы и принципы развития политической теории западных стран, а также позволяет лучше понять истоки современных политических систем и институтов. Поэтому показанные в данной работе предпосылки становления в Риме принципата как нового в истории права способа правления государством актуальны для понимания структуры и механизмов действия современных политических систем.*

*история права, принципат, Цезарь, Октавиан Август, римская политическая система, монархия, Римская республика*

**Nikitina V.** Principate as a New Political System of Ancient Rome.

*The study of the process of formation of the political system of Ancient Rome is an important object of research interest for political scientists. The Principate is one of the most important political systems in the history of Ancient Rome, which had a significant impact on the development of Roman society and the state. The analysis of its formation allows us to formulate general laws and principles of development of the political theory of Western countries, and also allows us to better understand the origins of modern political systems and institutions. Therefore, the prerequisites for the formation of the Principate in Rome as a new way of governing the state in the history of law, shown in this work, are relevant for understanding the structure and mechanisms of action of modern political systems.*

**Key words:** history of law, Principate, Caesar, Octavian Augustus, Roman political system, monarchy, Roman Republic

Принципат (лат. principatus, от princeps – «первый сенатор, сенатор, открывающий заседание») – термин в исторической литературе, которым обозначают сложившуюся в Древнем Риме в период ранней империи политическую систему, сочетавшую в себе одновременно республиканские и монархические элементы.

Эта система возникла как ответная реакция на стремительное развитие и расширение Рима в I в. до н. э. – I в. н. э. Как заметил просветитель Ш. Монтескье, чем больше территория государства, тем больше риск деспотического типа правления [1]. Диктатура Суллы была направлена на восстановление высокого положения аристократов сенатского сословия и окончательно похоронила демократию республиканского Рима, но при этом централизация

власти как таковая не получила особого правового статуса. Дух республиканского прошлого той эпохи резко изменить было нельзя. За устранение последствий Сулланской диктатуры и реорганизацию системы взялся Гай Юлий Цезарь, чью политику позднее подхватил его племянник и наследник Октавиан Август, который сделал власть монарха в некотором смысле неограниченной, хотя Сенат и трибуны все еще имели формальное значение и могли выполнять некоторые функции, пускай и с ограничениями. Примерно так происходит становление принципата, если говорить совсем кратко. Однако не стоит забывать, что у каждого политического явления есть свои «подводные камни», которые требуют подробного рассмотрения.

Прежде чем говорить о самой системе, необходимо обратиться к историческому фону. Предпосылки становления принципата можно найти в народовластии и консулате Луция Брута (ок. 540 года до н. э.). В его правление прослеживается ограничение монархической власти: единоличная диктатура допускается исключительно на короткий срок, власть децемвиров длится не дольше двух лет, консульские полномочия военных трибунов сильно ограничиваются по времени [2].

Гай Юлий Цезарь сохранил республиканские традиции и все свои нововведения узаконил народным голосованием, но участие граждан в законотворчестве стало уже, по сути, формальным, поскольку всеми делами теперь заведовал единолично монарх. Сенату Цезарь предоставил роль государственного совета, предварительно обсуждающего законы и публикующего их. Кроме того, сохранялись магистраты Рима: должности консулов, преторов, эдилов, трибунов, квесторов не были отменены, однако их значение уже не было прежним. Республика, согласно основному ее принципу, воплощалась в Риме, поэтому должностные лица, имевшие изначально отношение только к управлению городом, стали государственными чиновниками. Теперь же они снова становились чиновниками городского управления столицы и избирались по-прежнему народом, однако это не мешало Цезарю отстранять тех, которых он находил непригодными [3].

Новая система оформилась при Октавиане Августе, оказавшемся победителем в гражданской войне, вспыхнувшей в Риме после убийства Цезаря заговорщиками. На заседании Сената, проходившем 13 января 27 г. до н. э., он заявил о желании сложить с себя полномочия в виду ухудшения здоровья. Но за этим, казалось бы, внезапным решением стоял продуманный политический ход: Октавиан знал, что Сенат поддержит его и попросит остаться, поскольку после чистки большинство мест в нем занимали его сторонники. Все случилось так, как Август и ожидал: присутствовавшие стали умолять его не уходить в тяжелое для государства время. Он поначалу делал вид, что склонен отказаться, но в итоге "уступил" мольбам и согласился остаться у власти. Попросив себе дополнительные полномочия, он получил звания, привилегии и соответствующие им полномочия, которые закрепили за ним верховную власть. Таким образом Октавиан сумел решить непростую политическую задачу: он сохранил республиканские институты, существенно изменив их, при этом получил всю полноту

власти, не называясь монархом, и создал новые учреждения, развитие которых завершало укрепление созданной им системы. Вот что пишет о становлении новой системы римский историк Тацит: «...для истощаемой раздорами родины не оставалось иного спасения, кроме единовластия; но, устанавливая порядок в государстве, он не присвоил себе ни царского титула, ни диктатуры, а принял наименование принцепса» [2]. Чтобы не подчеркивать самодержавный характер своего правления, Август принял должность принцепса.

Сенат при Августе формально оставался высшим органом государства, однако Октавиан оказывал значительное влияние на всю его деятельность. Используя свои цензорские полномочия, он мог исключать неугодных ему людей из Сената и вводить туда своих сторонников. Будучи народным трибуном, он мог предлагать законопроекты и вместе с этим накладывать вето на решения Сената. Будучи принцепсом, Август первым высказывался по каждому вопросу и определял направление работы Сената. Народные собрания по-прежнему собирались несмотря на то, что их законодательная функция к тому времени уже перешла к Сенату. За ними оставалось право избирать должностные лица, однако кандидаты должны были быть рекомендованы Августом.

Немаловажной особенностью сложившейся политической системы также является сакрализация фигуры личности принцепса, что привело к сакрализации самой должности императора: титул Августа означал особую близость к божеству, а с 12 г. до н.э. он носил титул верховного понтифика, а потому мог осуществлять верховный контроль над римским религиозным культом, что приводит впоследствии к сакрализации самой фигуры принцепса вне каких-либо претензий к нему нравственного характера.

Фактически были созданы предпосылки для объединения и контроля над законодательными республиканскими институтами, монархического (имперского) типа правления в исполнительной ветви власти, включая контроль над военной силой государства, и сакрального основания власти древних легендарных царей.

Таким образом, становление принципата происходило постепенно. Эта система благодаря политике императоров соединила в себе монархию и республику и имела огромное значение в истории Рима, по мере пространственного расширения империи все больше шедшего в сторону складывания жесткой вертикали единоличной власти.

#### **Список используемых источников**

1. Ш. Монтескье. О духе законов. М.: Издательство АСТ. 2022. 864 с.
2. Корнелий Тацит. Анналы. Книга I. М.: Издательство Родина. 2023. 448 с.
3. Т. Моммзен. История Рима. М.: Издательство АСТ. 2023. 480 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом философских наук,  
доцентом кафедры СПН СПбГУТ Селиверстовым В. Л.*