

2022

76 РЕГИОНАЛЬНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

# СТУДЕНЧЕСКАЯ ВЕСНА

## СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

ТОМ 1



[APINO.SPBGUT.RU/STUD-VESNA](http://APINO.SPBGUT.RU/STUD-VESNA)

СПбГУТ)))

УДК 061.3(082)  
ББК 74.58

**76-я Региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Студенческая весна – 2022»** : сб. науч. ст. / Под ред. А. В. Шестакова; сост. А. А. Нестеров, Е. А. Аникевич, Задорожня А. А. Т. 1. СПб. : СПбГУТ, 2022. 182 с.

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

Издание изготовлено оргкомитетом конференции при участии редакции сетевого издания «Информационные технологии и телекоммуникации», [www.itt.sut.ru](http://www.itt.sut.ru)

Корректура и верстка Е. М. Аникевич  
Подписано в печать 01.11.2022.

Вышло в свет 30.11.2022. Формат 60×90 1/8.  
Уст. печ. л. 11.38. Заказ № 090-ИТТ-2022.  
пр. Большевиков, д. 22, корп. 1,  
Россия, Санкт-Петербург, 193232

#### ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

##### Председатель

Ивасишин С. И. – и. о. первого проректора – проректора по учебной работе

##### Ответственный секретарь

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

##### Члены организационного комитета

Зарубин А. А. – проректор по цифровой трансформации

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

Григорян Г. Т. – начальник управления маркетинга и рекламы

Васильева Л. А. – начальник учебно-методического управления

Пономарева Е. Ю. – начальник редакционно-издательского отдела

#### ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

##### Председатель

Машков Г. М. – доктор технических наук, профессор, и. о. ректора

##### Заместители председателя

Шестаков А. В. – доктор технических наук, старший научный сотрудник, проректор по научной работе

Алексенко И. А. – кандидат педагогических наук, проректор по воспитательной работе и связям с общественностью

##### Ответственный секретарь

Елагин В. С. – кандидат технических наук, доцент, директор научно-исследовательского института «Технологии связи»

##### Члены программного комитета

Кирик Д. И. – кандидат технических наук, доцент, декан 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

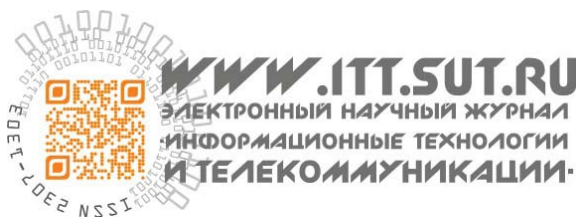
Владыко А. Г. – кандидат технических наук, доцент, декан факультета фундаментальной подготовки

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

Шутман Д. В. – кандидат политических наук, доцент, декан гуманитарного факультета

Гирш В. А. – начальник военного учебного центра

Неисключительные права на все материалы, опубликованные в данном издании, принадлежат СПбГУТ. Все материалы, авторские права на 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: [ittsut@gmail.com](mailto:ittsut@gmail.com). 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) / аналогичное; видеосистема встроенная; дополнительное ПО: Adobe Reader версия от 7.X или аналогичное. Защита от незаконного распространения: реализуется встроенными средствами Adobe Acrobat.



© СПбГУТ, 2022

### Инфокоммуникационные сети и системы

- 5 **Агоштинью П. С.** Моделирование одноканальной ВОСС с когерентным приемом и модуляцией DP-16-QAM
- 10 **Бессонова Е. Д.** Оптические сети доступа следующего поколения (NG OAN)
- 13 **Былин А. Р., Гоменица В. А.** Моделирование и исследование интегрально-оптического разветвителя на связанных волноводах
- 17 **Былин А. Р., Николаенко А. О.** Управляемый переменный аттенуатор на основе эффекта Фарадея
- 22 **Гераськин В. К.** МЭМС В оптических сетях
- 26 **Григоренко И. К.** Исследование методов несанкционированного доступа в PON
- 30 **Гульятеева Л. А.** Моделирование и исследование оптического двухсердцевинного волокна с одномодовыми сердцевинами, изолированными внутренними оболочками
- 35 **Дубовиков Л. О., Серебряный И. Е., Юклотов Д. А.** Технологии передачи данных в системах умного дома
- 40 **Елфимов А. В.** Исследование уязвимостей смарт-контрактов и подходы к их устранению
- 45 **Ермолаев Е. Е.** Оптические логические элементы
- 49 **Жаворонкова В. В., Костылева Д. Д., Лошкарев В. А., Хорахордин А. И.** Исследование принципов функционирования и нормативной базы технологии Li-Fi
- 54 **Запека В. Г., Сысак С. С.** Механизмы контроля привилегированных пользователей, уменьшающие информационные риски организации
- 58 **Запека В. Г., Сысак С. С.** Оценка рисков на предприятии, использующем волоконно-оптические линии связи
- 62 **Киричек Р. В., Маршев Д. В.** Система «умный дом»: элементы и основные производители на рынке России
- 67 **Коваленко В. Н., Мутханна А. С. А.** Перспективные технологии для снижения нагрузки на базовую сеть, применяемые на границе с сетью радиодоступа
- 73 **Корнюшкин Д. А.** Современные автоматизированные системы управления промышленным предприятием
- 78 **Лыков Г. Р.** Исследование солитонного режима распространения импульсов в одномодовом волокне с аномальной дисперсией
- 84 **Медведев И. Н.** Исследование вариантов организации протяженных участков транспортных сетей связи
- 89 **Мороз Н. В.** Анализ методов ввода оптического излучения в полимерные планарные волноводы оптико-электронных шин передачи данных
- 94 **Омельченко М. И., Савельева А. А.** Основные тренды развития инновационных сервисов и услуг инфокоммуникаций
- 97 **Поздняков А. А., Свинтуховский П. В.** Волоконно-оптические датчики давления
- 102 **Умаралиев И. В.** Обзор возможностей восстановления человеко-ориентированного описания машинного кода

### Информационные системы и технологии

- 106 **Баягантаева Е. В.** Метод генерации визуального образа книжных изданий на базе нейронных сетей
- 111 **Бояшова Е. П., Высоцкий Г. И., Зюриков М. А.** Методы и технологии визуализации как способа наглядного представления данных
- 117 **Веснин Д. В., Прощенков В. М., Тищенко И. В.** Парсинг сайта ФИПС с автоматическим выявлением тем и поиском семантически схожих документов
- 121 **Гвоздков И. В., Кильдяев И. В.** Восстановление сквозной коммутации благодаря методам обхода NAT в глобальных сетях
- 125 **Елисеев Н. К.** Метод взаимодействия пользователя с интерактивным медиаконтентом посредством мобильного приложения дополненной реальности
- 129 **Жемчугова Е. В.** Разработка мобильного приложения по поиску необходимых инструкций в случае чрезвычайной ситуации
- 133 **Зюриков М. А., Пинегина И. В.** Проектирование информационной системы футбольного клуба
- 138 **Котлова М. В., Кулаков А. С.** Разработка информационной системы сопровождения деятельности магазина товаров для творчества
- 143 **Котлова М. В., Митченкова Е. Д.** Проектирование информационной системы по созданию интерьера жилых помещений
- 145 **Лакомкина Е. А.** Исследование комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой
- 148 **Марченкова Е. А.** Сравнительный анализ четырех крупнейших провайдеров по вычислению, обработке, хранению и работе с Big Data в облаке

- 153 Михеева А. А.** Анализ систем хранения и обработки метеоданных в реальном времени относительно дальнейшего использования их для обучения нейронных сетей
- 157 Осипова А. Ю.** Роль SEO-оптимизации в процессе UX/UI проектирования пользовательского интерфейса
- 160 Осипова А. Ю.** Расчет рентабельности инвестиций в SEO-продвижение сайта
- 163 Романова А. А.** Разработка автоматизированной системы анализа и учёта реестра объектов физической культуры и спорта
- 168 Сергиенко С. С.** Факторы влияющие на разработку методики создания виртуального музея
- 172 Чабдарова Д. Ю.** Формирование набора данных для кластеризации пользователей на основании предпочтений в изобразительном искусстве
- 177 Щербатюк А. Д.** Виртуальная реальность в художественном образовании

УДК 621.39

П. С. Агоштиню (студент гр. ИКТУ-87, СПбГУТ)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОКАНАЛЬНОЙ ВОСС С КОГЕРЕНТНЫМ ПРИЕМОМ И МОДУЛЯЦИЕЙ DP-16-QAM

В данной работе проводилось исследование когерентного приема цифровых оптических сигналов с помощью имитационного моделирования одноканальной ВОСС со скоростью передачи полезной информации  $V = 100$  Гбит/с. Было использовано помехозащищенное кодирование, которое увеличивает реальную скорость в линии до  $V = 112$  Гбит/с.

волоконно-оптическая система связи, формат модуляции, кодирование, квадратурная амплитудная модуляция, когерентный прием, энергетический прием.

### Цель работы

Современные волоконно-оптические системы связи (ВОСС) для магистральных и транспортных сетей используют плотное мультиплексирование в волновой области (DWDM) и новые форматы модуляции и кодирования [1, 2, 3]. Для углубленного изучения студентами телекоммуникационных вузов физических и информационных процессов в таких ВОСС удобно использовать имитационное моделирование в программе OptiSystem [4]. Программа экспериментальных исследований и их результаты могут быть использованы при разработке методических указаний к виртуальной лабораторной работе.

Схема моделирования. В данной работе проводилось имитационное моделирование одноканальной ВОСС со скоростью передачи информации  $V = 100$  Гбит/с. Использование помехозащищенного кодирования (FEC) увеличивает эту скорость до  $V = 112$  Гбит/с. Схема для моделирования показана и исходные данные моделируемой ВОСС показаны на рис. 1.

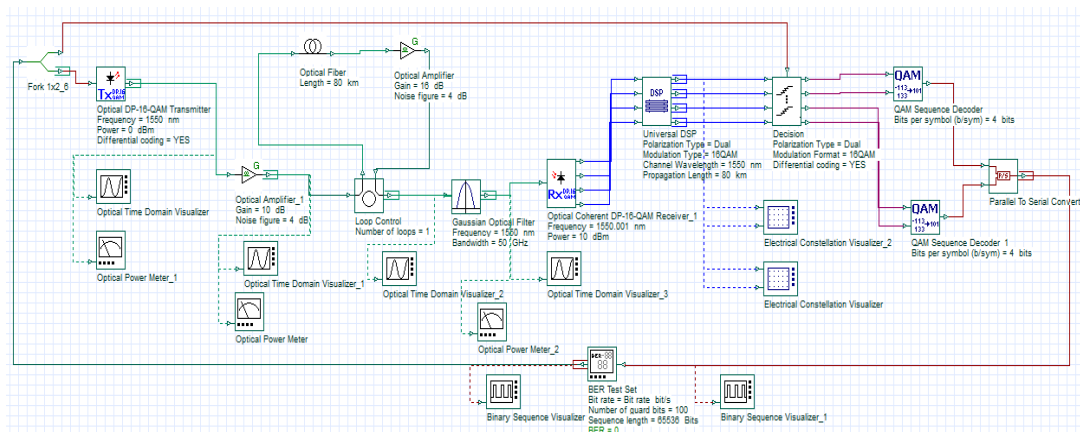


Рис. 1. Схема одноканальной ВОСС с когерентным приемом с модуляцией DP-16-QAM

Моделируемая схема одноканальной ВОСС может содержать много пролетов. Она работает в режиме тестирования (*Back-to-Back*). Входную бинарную последовательность импульсов в формате NRZ формирует анализатор ошибок (*BER Test Set*) на своем выходе. На его вход поступает восстановленная последовательность после прохождения через всю моделируемую ВОСС. Побитовое сравнение двух последовательностей в *BER Test Set* позволяет определить количество битовых ошибок и рассчитать коэффициент ошибок (BER). В нашем случае  $BER = 0$ .

Описание работы. Тестовая последовательность (рис. 2а) поступает на вход оптического передатчика (*Optical DP-16-QAM*), схема которого показана на рис. 2б, и включает лазерный диод (ЛД), два поляризационных расщепителя (ПР1 и ПР2) и два модулятора (М1 и М2). ПР1 формирует 2 оптических пучка с ортогональными линейными поляризациями и одинаковой мощностью. Каждый из пучков модулируется в модуляторах независимыми сигналами со скоростями  $B_x = B_y = B/2 = 56$  Гбит/с. В каждом канале используется 16-уровневая QAM, каждый символ модулированной последовательности несет 4 бита. Таким образом, символьная скорость составляет 14 Гбод с учетом FEC.

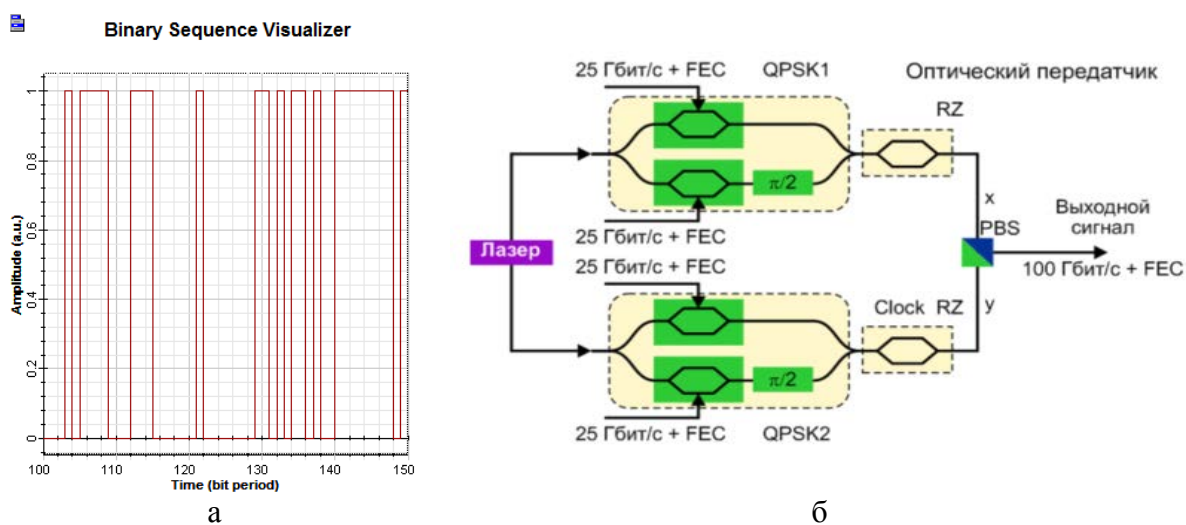


Рис. 2. Тестовые последовательности на входе и выходе ВОЛТ (а) и схема передатчика ВОСС (б)

На выходе передатчика установлен оптический усилитель (ОУ) мощности, который может работать в режиме постоянного усиления или постоянной мощности. На рис. 3а показан сигнал одной поляризации на выходе передатчика. Видно, что длительность символа в 8 раз превышает длительность бита, что соответствует символьной скорости 14 Гбод.

Волоконно-оптический линейный тракт (ВОЛТ) состоит из каскадного соединения усилительных участков (УУ), состоящих из одномодового оптического волокна (ОВ) и линейного ОУ, коэффициент усиления которого

равен затуханию в ОВ. Количество УУ можно изменять с помощью элемента схемы Loop Control. Для подавления шумов усиленного спонтанного излучения (УСИ), возникающих в ОУ, используется полосовой оптический фильтр (ОФ), настроенный на несущую частоту сигнала и имеющий полосу пропускания  $\Delta\nu$ . На рис. 3б показан сигнал на выходе полосового ОФ, который трудно интерпретировать до его обработки сигнальным процессором.

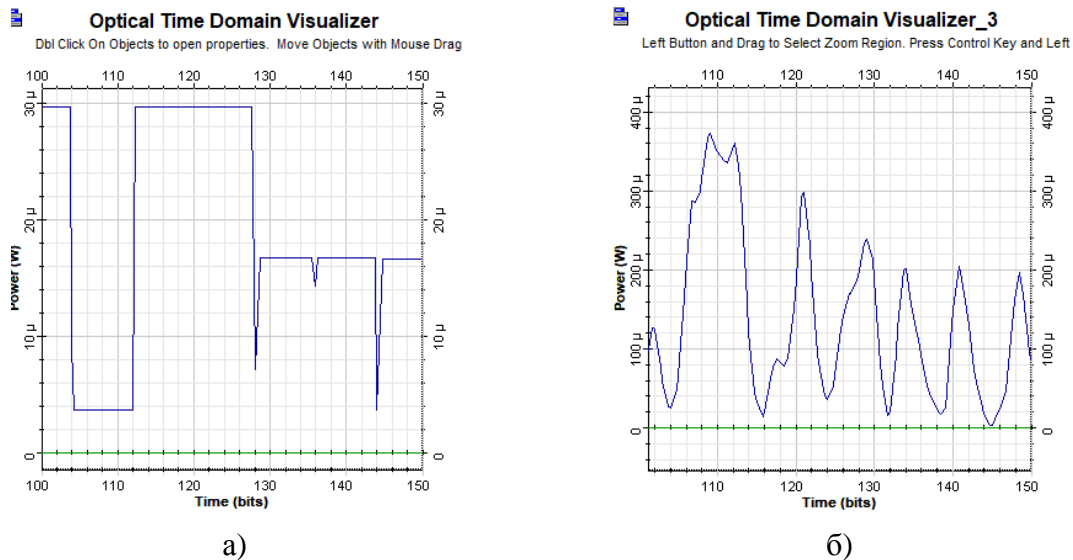


Рис. 3. Оптические сигналы на выходе передатчика (а) и на выходе линейного тракта после полосового ОФ (б)

Схема оптического интрадинного приемника (RX) показана на рис. 4а. Она включает два поляризационных расщепителя (ПР1 и ПР2) для излучения сигнала, пришедшего из ВОЛТ, и излучения оптического гетеродина – лазерного диода (ЛДг), два  $90^\circ$  гибрида, и четыре балансных фотоприемника БП<sub>1x</sub>, БП<sub>2x</sub>, БП<sub>1y</sub> и БП<sub>2y</sub> с усилителями фототока (УФТ).

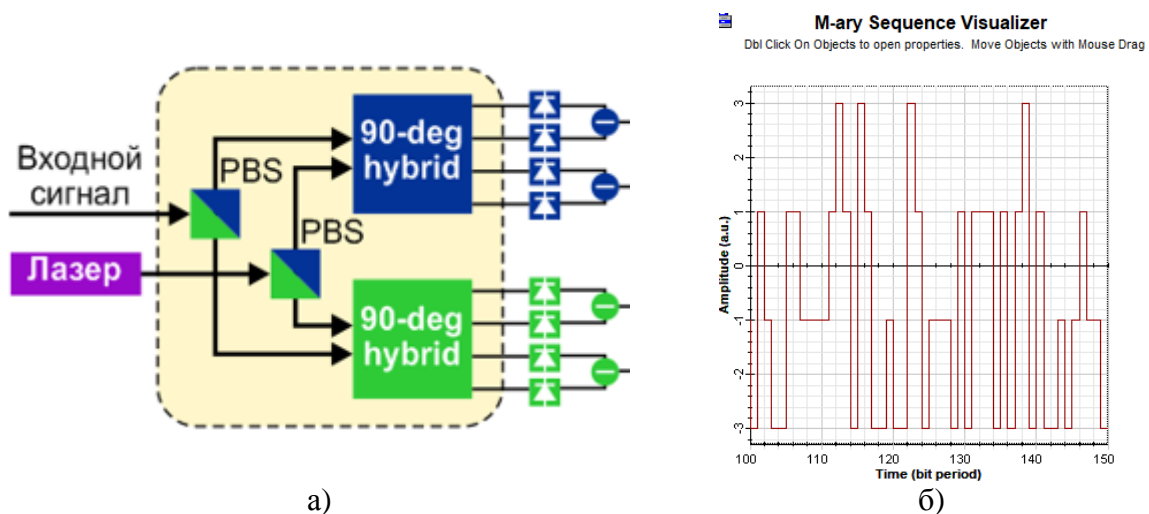


Рис. 4. Схема интрадинного ФПУ (а) и 4-х уровневый выходной сигнал после DSP (б)

ПР разделяют излучения сигнала и гетеродина на две ортогональные линейные поляризации.  $90^\circ$  оптические гибриды выполняют функции смешивания излучений сигнала и гетеродина с одинаковым состоянием поляризации и формирования синфазной и квадратурной составляющих на 4-х оптических выходах по 2 противофазных выхода для каждой из составляющих.

Эти сигналы преобразуются в параллельный цифровой код с помощью сверхбыстродействующих АЦП, поступают на входы цифрового сигнального процессора (DSP) и проходят цифровую обработку сигналов (ЦОС) с помощью специальных алгоритмов. На рис. 4б показан 4-х уровневый сигнал одной поляризации после обработки в DSP и прохождения через решающее устройство, который для наглядности преобразован в аналоговую форму с помощью цифроаналогового преобразования (ЦАП). Далее 4-х уровневые сигналы с помощью двух декодеров QAM преобразуются в бинарные сигналы для каждой поляризации, которые с помощью преобразователя двух параллельных кодов в один последовательный код (рис. 2а).

Для контроля за качеством связи используют приборы для регистрации сигнальных созвездий для каждой поляризации (рис. 5а).

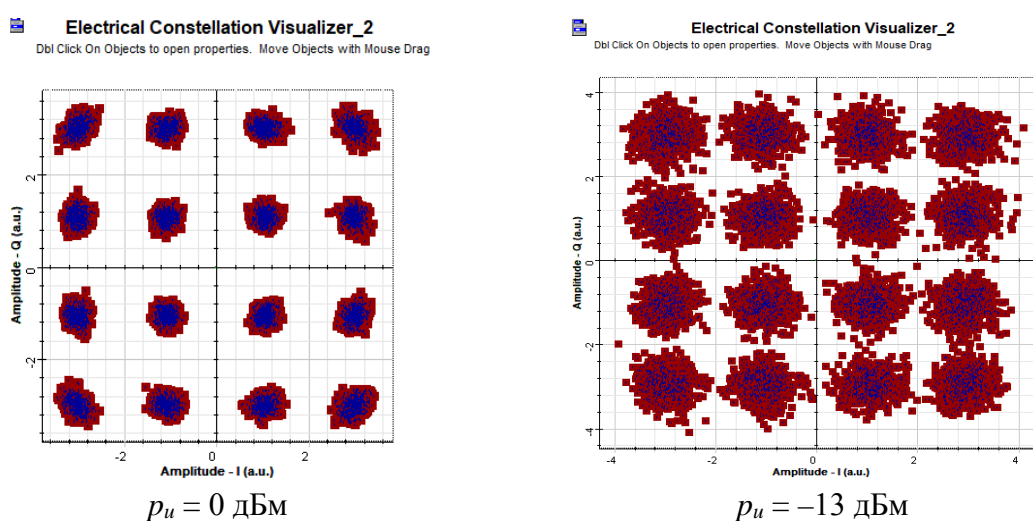


Рис. 5. Сигнальные созвездия на входе решающего устройства DSP при двух уровнях выходного сигнала ЛД передатчика

Исследование зависимости качества связи от выходной мощности ЛД. Уточним некоторые исходные данные для исследования ВОСС с когерентным приемом: дифференциальное кодирование; стандартное ОВ; длина одного пролета ВОСС  $l = 80$  км; длина волны  $\lambda = 1550$  нм; мощность гетеродина  $p_g = 10$  дБм; линейный усилитель с коэффициентом усиления и шума  $G = 16$  дБ,  $NF = 4$  дБ; p-i-n ФД с чувствительностью  $S_{ph} = 1$  А/Вт и спектральной плотностью теплового шума  $S_T = 100 \cdot 10^{-24}$  Вт/Гц; усилитель мощности (бустер) с коэффициентами усиления  $G = 10$  дБ и шума,  $NF = 4$  дБ; режим бустера «game control».



Результаты измерений приведены в таблице 1. Изменялся уровень входной мощности излучателя передатчика  $p_u$ , дБм, а измерялись: средние мощности на входе  $p_0$ , дБм и выходе  $p_1$ , дБм УУ, оптические отношения сигнала к шуму на входе  $OSNR_{in}$  и выходе  $OSNR_{out}$  УУ, а также коэффициент ошибок BER. Регистрировались сигнальные созвездия.

ТАБЛИЦА 1. Результаты измерений

№ п/п	Установлен. величина		Измеренные – величины				
	$p_u$ , дБм	Кол-во УУ	$p_0$ , дБм	$p_1$ , дБм	$OSNR_{in}$ , дБ	$OSNR_{out}$ , дБ	BER
1	0	1	-4,31	-2,72	39	33	0
2	-3	1	-6,89	-4,30	36	29	0
3	-10	1	-11,36	-6,23	29	22	0
4	-13	1	-12,46	-6,5	26	19	0,0013
5	0	2	-4,31	-5,1	38	28	0

## Заключение

1. Исследования показали, что высокоскоростные ВОСС с когерентным приемом обеспечивают высокое качество связи. При изменении уровня мощности источника излучения передатчика в однопролетной ВОСС от  $p_u = 0$  до почти  $-13$  дБм коэффициент ошибок BER = 0, а при  $p_u = -13$  дБм скачком возникают ошибки. При этом уровень мощности сигнала на входе в ФПУ уменьшается с  $-2,7$  до  $-6,5$  дБм, а  $OSNR_{out}$  уменьшается от 33 до 19 дБ для исследуемой ВОСС.

2. Сигнальные созвездия для  $p_u = -13$  дБм приведены на рис. 5б. По сигнальным созвездиям (рис. 5) можно на качественном уровне следить за ухудшением качества связи при уменьшении уровня входного сигнала. Видно, что шумы возрастают, а отношение электрического сигнала к шуму уменьшается.

3. При увеличении длины ВОСС в 2 раза качество связи оказалось достаточно высоким, но  $OSNR_{out}$  уменьшился на 5 дБ.

4. Исследования будут продолжены.

## Список использованных источников

1. Трещиков В. Н., Листвин В. Н., DWDM – системы. М. : Техносфера, 2021. 420 с.
2. Былина М. С., Глаголев С. Ф., Дюбов А. С. Сравнительный анализ методов энергетического и когерентного приема цифровых информационных оптических сигналов. Часть 2. Когерентный прием // Труды учебных заведений связи. 2017. Том 3. № 4. С. 21–28.
3. Наний О. Е., Трещиков В. Н., Убайдуллаев Р. Р. Дальность работы и пропускная способность когерентных систем связи // Вестник связи. 2013. № 9. С. 13–19.

4. OptiSystem. Tutorials. Vol 1. Version 13. URL: <https://optiwave.com>

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

**УДК 681.7.068**

**Е. Д. Бессонова** (студентка, СПбГУТ)

## **ОПТИЧЕСКИЕ СЕТИ ДОСТУПА СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ (NG OAN)**

*Наш мир развивается со скоростью света, люди вечно куда-то торопятся и не умеют ждать. Желание получить все здесь и сейчас охватывает все сферы нашей жизни и в первую главную роль в этом «все здесь и сейчас» играют коммуникации. Мы хотим получить услугу – все в одном, с невероятной скоростью и точностью при передаче информации. Средства связи постоянно меняются, включают в себя все, что можно включить и позволяют нам получить, то качество связи, которое соответствует современности. Рассмотрим инновации на примере оптической связи.*

*коммуникации, оптические сети связи, оптические сети связи следующего поколения, NGN, PON.*

Связь – это нервная система государства. Для того, чтобы страна развивалась, двигалась, и просто жила, самой главной задачей является обеспечение связи каждого уголка. Связь – в любой точке мира – это слишком идеальная модель сети связи, и даже возможно недостижимая, или с трудом достижимая, но это не значит, что мы не должны пытаться. Посмотрим, как попытки улучшить сеть и услуги, предоставляемые ее, отразились на оптической сети доступа (OAN).

Поскольку использование Интернета продолжает развиваться, абонентский спрос на пропускную способность стремительно растет. Решающим толчком в развитии является доступность широкого спектра все более сложных оконечных устройств каждый из которых демонстрирует различные особенности в подключении. Широкомасштабное внедрение новых технологий не только открывает огромные возможности для роста, но также создает значительные проблемы [1].

Современный мир смело смотрит в будущее и уже сейчас мы внедряем в нашу жизнь такую технологию, как NGN – от англ. *next generation networks* – сеть следующего поколения – концепция построения сетей связи, обеспечивающих неограниченное количество «гибких» услуг, т. е. появляется возможность управлять, подстраивать под себя (персонализировать), а также создавать новые услуги [2].

OAN – от англ. optical access networks – оптические сети доступа – группа технологий, обеспечивающих широкополосный доступ к мультимедийным услугам и использующих в качестве среды передачи оптоволоконный кабель [3]. Это прежде всего пассивные оптические сети PON, использующие сетевые топологии технологии FTTx.

Сеть доступа является тем участком сети связи, на который возлагается функция доставки всех видов услуг, организованных в ядре сети. Перспективна сеть OAN должна соответствовать следующим требованиям [4]:

- мультисервисность;
- широкополосность;
- мультимедийность;
- интеллектуальность.

Желаемые характеристики оптической сети доступа:

- высокий уровень масштабируемости;
- модульное расширение;
- высокая скорость доступа;
- независимость скорости доступа от расстояния до абонентского терминала;
- высокое качество связи;
- поддержка оборудования разных производителей [4].

На мой скромный взгляд начинающего инженера оптических линий передач, таким требованиям и характеристикам соответствует технология NGPON2.

NGPON2 – это многоканальная система PON, которая увеличивает доступную емкость в волокне в 4 раза, также поддерживает настройку модулей оптических сетей (ONU) клиентов, используя при этом методы мультиплексирования с разделением по времени и длине волны (TWDM).

Таким образом эта технология объединяет несколько сигналов в одном оптическом канале связи, используя разные длины волн, а затем разбивает передачу на временные интервалы, чтобы увеличить емкость.

Из-за этого принципа работы имеет ряд ключевых преимуществ по отношению к другим технологиям PON:

- Скорость. NGPON2 обеспечивает общую пропускную способность 40 Гбит/с, которая создается за счет четырех сигналов по 10 Гбит/с каждый. Так же в будущем есть возможность реализовать удвоение существующей пропускной способности, для достижения 80 Гбит/с нисходящего потока и 20 Гбит/с восходящего потока.
- Симметричная пропускная способность восходящего / нисходящего потока. 40/40 Гбит/с (80/80 Гбит/с – в будущем).
- Поддержка бесшовных обновлений сервиса с использованием настраиваемой оптики.

- Поддерживает «разделение волокон», что позволяет поставщикам услуг назначать длины волн.
- Предоставляет конвергентную сеть, которая обеспечивает поддержку любых услуг, включая: бизнес-услуги, транспортные и бытовые услуги.
- Стоимость. Этот стандарт способен ужиться с GPON и NGPON1 и пользуется уже с существующими внешними установками PON [5, 1].

Технология NG-PON2 включает сети с несколькими службами в одну оптическую распределительную сеть. Это фактор влияет на адаптивность стандарта, стоимость, а также развертывания новых архитектур [1].

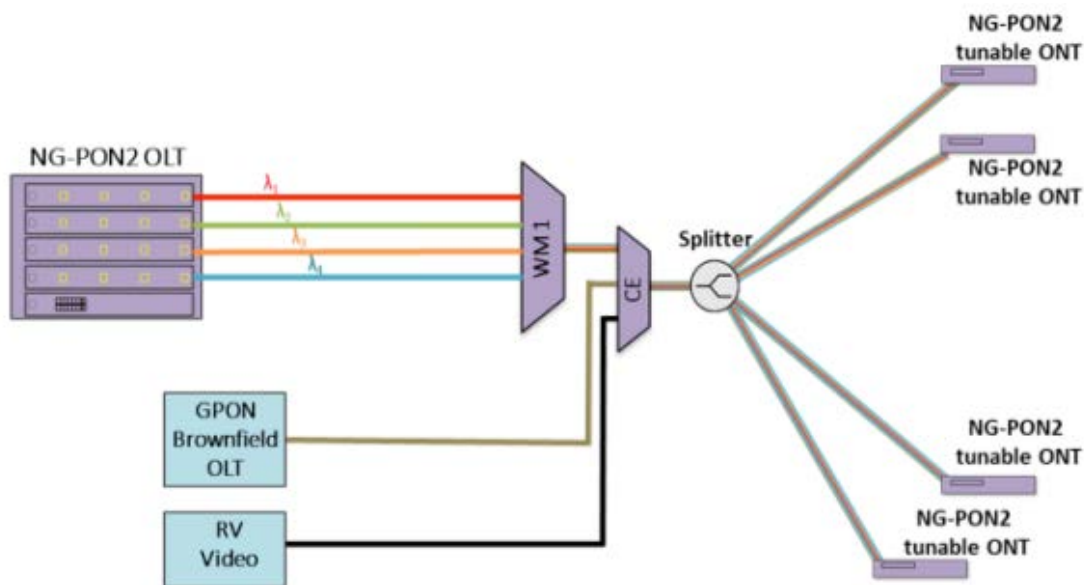


Рис. 1. Архитектуру сети NGPON2(основные строительные блоки)

Optical Line Terminals (OLT) – оптический линейный терминал – предназначен для преобразования, кадрирования и передачи сигналов для сети PON, а также в координации мультиплексирования оптических сетевых терминалов для поделенной восходящей передачи [6].

Optical Networking Units (ONU) – оптический сетевой блок – промежуточный пункт между поставщиком услуг и абонентов, преобразует оптические сигналы в электрические. Эти электрические сигналы затем доходят до абонентов. Обычно между ONU и помещением конечного пользователя существует удаленная или отличная сеть доступа. Кроме того, ONU выполняет функцию связующего звена между абонентом-провайдером: отправляет, агрегирует и обрабатывает различные типы данных [6].

Wavelength Multiplexer (WM1) – волновой мультиплексор – это устройство, которое объединяет 4 длины волн NG-PON2 в одном волокне (в будущем 8 длин волн) [1].

Co-existence Element (CE) –устройство конвергенции различных технологий доступа в одном волокне [1].

Таким образом, технология NG PON 2 использует несколько длин волн для передачи клиентского трафика, используя технологию TWDM, что и с одной стороны просто (клиентский трафик не требует никаких сложных архитектур) и с другой стороны это легко масштабируемая сеть, а это одно из главных требований, которые предъявляется к современным сетям связи.

#### Список использованных источников

1. Будущее технологии PON: от GPON к NG-PON2 // LanMarket™. URL: <https://lan-market.ua/stats/budushchee-tekhnologii-pon-ot-gpon-k-ng-pon2/>
2. Лекции «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей». СС-СК. 2021. Google Диск.
3. Технологии группы OAN. Технологии абонентского доступа // studwood.ru. URL: [https://studwood.net/710064/ekonomika/tehnologii\\_gruppy](https://studwood.net/710064/ekonomika/tehnologii_gruppy)
4. 2\_glava\_ngn.ppt // [сайт] google.com.
5. Почему GPON нужно менять – представляем NGPON2 // [сайт] ppc-online.com.
6. PON Сеть: Понимание OLT, ONU, ONT и ODN | FS Сообщество.

*Статья представлена научным руководителем, преподавателем Резниковым Б. К.*

#### УДК 681.7

**А. Р. Былин** (ведущий инженер-программист каф. ФиЛС, СПбГУТ)

**В. А. Гоменица** (студент гр. ИКФ-81, СПбГУТ)

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ НА СВЯЗАННЫХ ВОЛНОВОДАХ

*В работе рассмотрен интегрально-оптический разветвитель, состоящий из двух связанных волноводов с прямоугольным поперечным сечением, размещенных на общей подложке. Моделирование разветвителя проведено в программе COMSOL Multiphysics. Исследована зависимость коэффициента разветвления мощности от соотношения длин волноводов. Показано, что, изменяя длину волноводов можно получать различные коэффициенты разветвления.*

*интегрально-оптический разветвитель, волновод прямоугольного сечения, связанные волноводы, коэффициент разветвления, моделирование.*

Оптические разветвители используются в волоконно-оптических сетях связи для разделения и объединения потоков оптического излучения. Работа оптического разветвителя может быть основана на различных физических

принципах. Наилучшими параметрами в настоящее время обладают разветвители в интегрально-оптическом исполнении.

Разветвитель, имеющий  $m$  входов ( $i = 1..m$ ) и  $n$  выходов ( $j = 1..n$ ), можно характеризовать коэффициентами разветвления, которые определяются для каждой пары вход/выход [1]:

$$K_{ij} = P_i / P_j, \quad (1)$$

где  $P_i$  – мощность излучения на входе  $i$ ,  $P_j$  – мощность излучения на выходе  $j$ .

Существует два вида интегрально-оптических разветвителей – на основе ветвящихся и связанных волноводов (рис. 1).

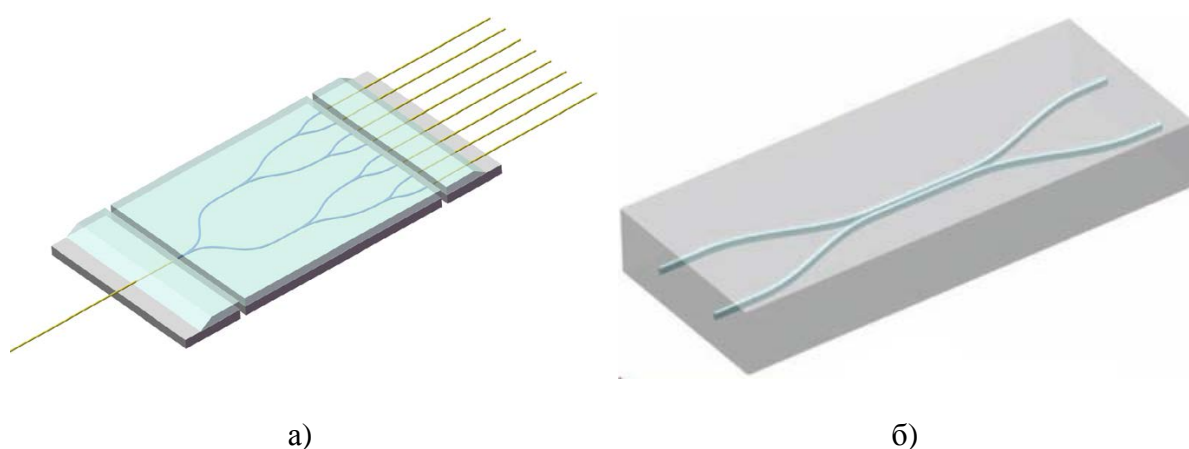


Рис. 1. Интегрально-оптические разветвители:  
а) разветвитель 1×8 на основе ветвящихся волноводов,  
б) разветвитель 2×2 на основе связанных волноводов

Разветвители на основе ветвящихся волноводов обычно представляют собой системы из Y-образных конструкций, подобных показанной на рис. 1а. В такой конструкции волноводная мода входного волновода на расширяющемся участке постепенно трансформируется в две моды выходных волноводов. По подобной технологии обычно создаются разветвители с равномерным делением мощности между выходными портами. Однако, по-разному комбинируя Y-образные элементы, можно создать и разветвитель с неравномерным делением.

В разветвителе на связанных волноводах два или несколько волноводов располагают в непосредственной близости друг от друга. В результате между ними возникает связь, приводящая к перетеканию энергии излучения из одного волновода в другой. Данная работа посвящена моделированию и исследованию разветвителя на связанных волноводах.

В качестве связанных могут использоваться как традиционные волноводы прямоугольного поперечного сечения с сердцевинной, изготовленной из материала, оптически более плотного по сравнению с оболочкой, так

и щелевые волноводы, с сердцевинной из материала с пониженным по отношению к оболочке показателем преломления. Если ширина щели достаточно мала, электромагнитное поле концентрируется в ней, причем его интенсивность может быть даже выше, чем в обычных волноводах, имеющих сердцевину с повышенным по отношению к оболочке показателем преломления [1, 2]. На рис. 2 представлено распределение амплитуды напряженности электрического поля в поперечном сечении обычного и щелевого волновода.

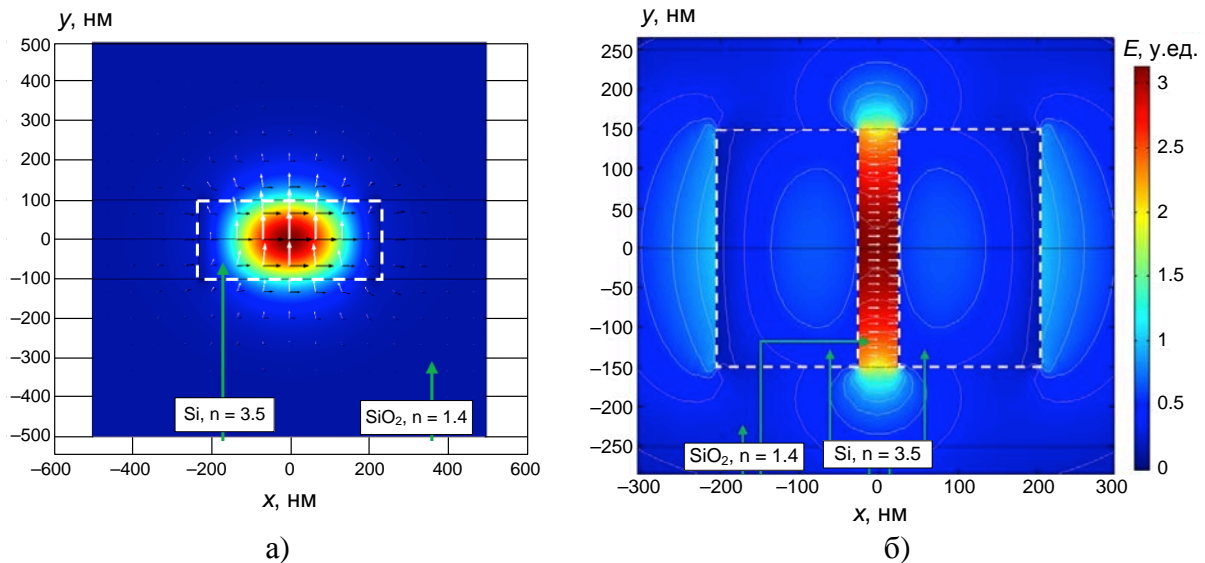


Рис. 2. Распределение амплитуды напряженности электрического поля в волноводе с прямоугольным поперечным сечением: а) обычный волновод, б) щелевой волновод

Из рис. 2 видно, что электрическое поле, большей частью сосредоточенное в сердцевинах волноводов, частично распространяется в их оболочках, чем и объясняется возникновение связи с другим волноводом, находящимся в непосредственной близости.

В данной работе моделировался разветвитель на основе двух традиционных оптических волноводов, поперечное сечение которого представлено на рис. 3. На кварцевой подложке сформировано два волновода с кремниевыми сердцевинами размером  $300 \times 300$  нм. Расстояние между сердцевинами составляет 225 нм. Оболочка изготовлена из оксинитрида кремния. Длины волноводов были приняты равными 10 мкм. Показатели преломления материалов приведены на рис. 3 [3].

Для исследования использовалось программное обеспечение COMSOL Multiphysics, в котором была создана 3D модель разветвителя [4].

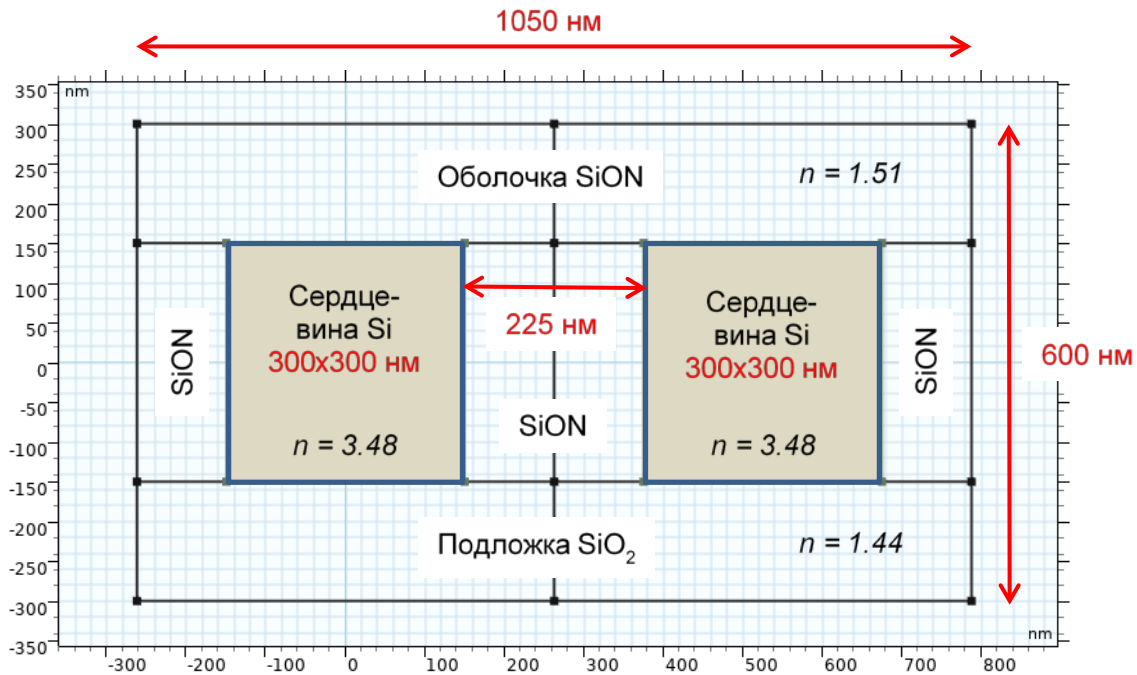


Рис. 3. Поперечное сечение моделируемого разветвителя

Излучение на входе разветвителя вводилось только в один из двух сформированных волноводов (рис. 4).

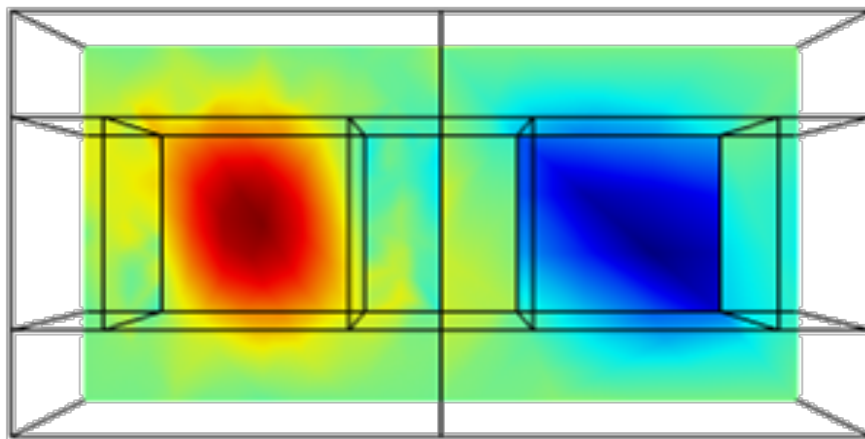


Рис. 4. Распределение амплитуды напряженности электрического поля на входах волноводов

На рис. 5 представлены результаты моделирования – распределение амплитуды напряженности электрического поля вдоль волноводов. Из рис. 5 видно, что излучение перетекает из одного связанного волновода в другой и обратно.

Из рис. 5 следует, что, изменяя длины волноводов, можно получить любое соотношение между мощностями излучения на выходах разветвителя и входной мощностью, то есть получить любые коэффициенты разветвления.



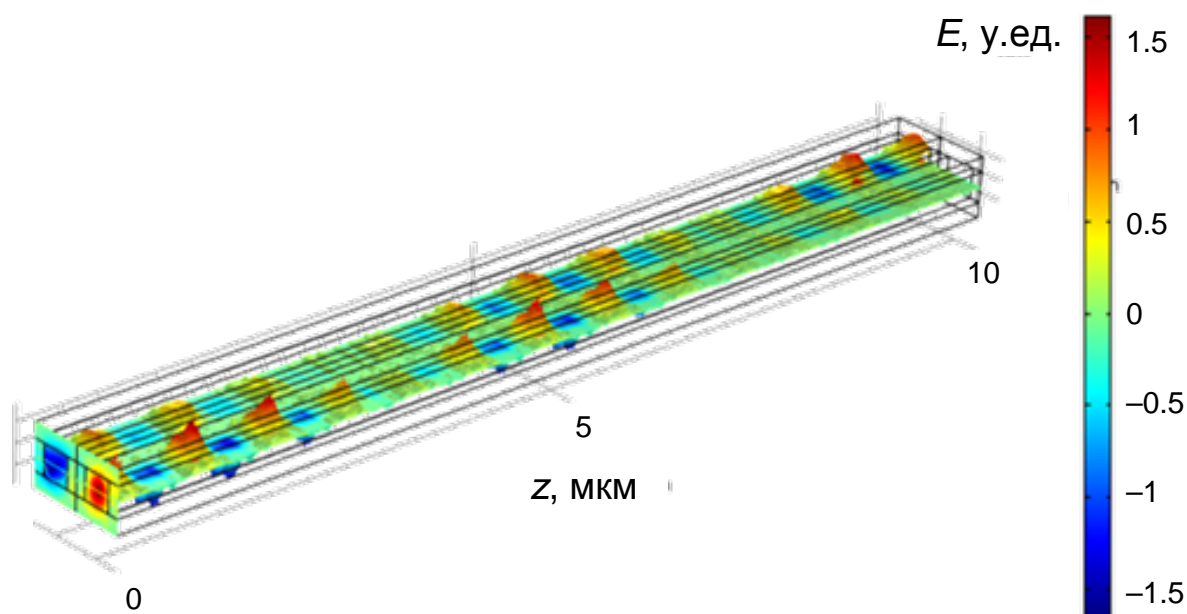


Рис. 5. Распределение амплитуды напряженности электрического поля вдоль связанных волноводов

#### Список используемых источников

1. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы. 2-е изд., перераб. и доп. / Сб. статей под ред. С. А. Дмитриева и Н. Н. Слепцова. М. : ООО «Волоконно-оптическая техника», 2005. 576 с.
2. Pal, Uttam. Silicon Photonics: Designing and Prototyping Silicon Waveguides. – Blog Comsol. 2017. URL: <https://www.comsol.com/blogs/silicon-photonics-designing-and-prototyping-silicon-waveguides/>
3. Полянский М. База данных показателей преломления оптических материалов Refractive index database // Санкт-Петербургский государственный университет. URL: <https://refractiveindex.info/>
4. Программное обеспечение COMSOL Multiphysics. URL: <https://www.comsol.ru/>

УДК 621.39

**А. Р. Былин** (ведущий инженер-программист каф. ФиЛС, СПбГУТ)

**А. О. Николаенко** (студент гр. ИКТФ-06м, СПбГУТ)

### УПРАВЛЯЕМЫЙ ПЕРЕМЕННЫЙ АТТЕНЮАТОР НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ

*Рассмотрены принципы действия, конструкции и параметры управляемых оптических аттенюаторов с переменным затуханием. Для анализа выбрана конструкция, подобная конструкции оптического поляризационно-зависимого изолятора. Основным элементом конструкции является ячейка Фарадея, поле в которой создается не пост-*

янным магнитом, а соленоидом, через который может пропускаться ток разной величины. При изменении тока происходит изменение напряженности магнитного поля, а значит и угла поворота плоскости поляризации проходящего излучения, от которого зависят потери излучения в аттенюаторе. Проведено исследование зависимости затухания от угла поворота плоскости поляризации проходящего излучения в ячейке Фарадея.

волоконно-оптическая система связи, переменный оптический аттенюатор, *Variable Optical Attenuator*, вносимые потери, эффект Фарадея.

Переменные оптические аттенюаторы (*Variable Optical Attenuator*, VOA) применяются для управления мощностью излучения в волоконно-оптических системах связи (ВОСС), например, для исключения перегрузки фотоприемных устройств или выравнивания мощностей в разных спектральных каналах в ВОСС с применением технологии плотного спектрального мультиплексирования (*Dense Wavelength Division Multiplexing*, DWDM) [1, 2].

Работа VOA может быть основана на различных физических принципах. В [2, 3] рассмотрены VOA, затухание в которых изменяется с помощью микроэлектромеханической системы (*Micro-Electro-Mechanical System*, MEMS). Существуют также микрооптические VOA, использующие перестраиваемые фильтры различной конструкции [3].

В данной работе исследуется микрооптический VOA, основанный на схеме поляризационно-независимого изолятора, которая представлена на рис. 1. Основным отличием схемы VOA от схемы изолятора является ячейка Фарадея (ЯФ) с перестраиваемым углом  $\theta$  поворота плоскости поляризации проходящего излучения.

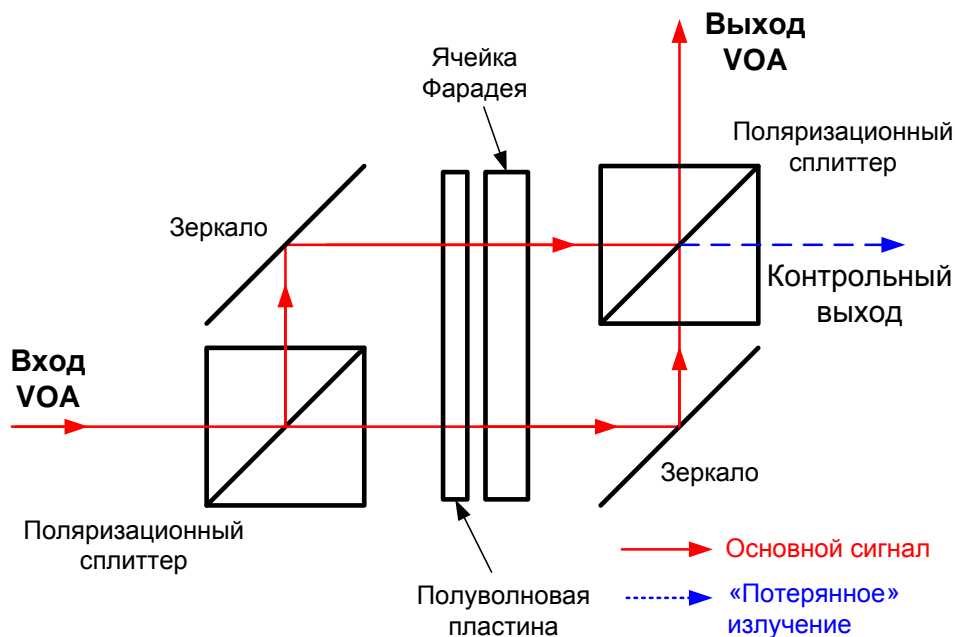


Рис. 1. VOA на основе конструкции поляризационно-независимого изолятора

Входной луч поступает на первый поляризационный сплиттер, который разделяет его на два луча с ортогонально ориентированными линейными поляризациями  $s$  и  $p$ . Поляризация  $p$  проходит через сплиттер без изменения направления распространения, а поляризация  $s$  отражается. С помощью левого зеркала луч  $s$ -поляризации изменяет направление и оказывается параллельным лучу  $p$ -поляризации.

Оба луча проходят через полуволновую пластину и ЯФ. Полуволновая пластина поворачивает плоскости поляризации обоих лучей на  $+45^\circ$ . В ЯФ плоскости поляризации обоих лучей поворачиваются на угол  $\theta$ .

Если  $\theta = -45^\circ$ , то состояние поляризации обоих лучей возвращается к исходному: верхний луч сохраняет поляризацию  $s$ , а нижний луч – поляризацию  $p$ . Правое зеркало направляет нижний луч на второй поляризационный сплиттер. Во втором поляризационном сплиттере нижний луч ( $p$ -поляризация) проходит без изменения направления распространения, а верхний луч ( $s$ -поляризация) – отражается. В результате оба луча складываются на выходе VOA.

Если  $\theta \neq 45^\circ$ , то верхний и нижний лучи приобретут состояние поляризации, которое можно представить в виде линейной комбинации поляризаций  $s$  и  $p$ . Составляющие  $s$ -поляризации в верхнем луче и  $p$ -поляризации в нижнем луче будут складываться на выходе VOA, а ортогонально поляризованные составляющие в верхнем и нижнем луче – на контрольном выходе. Излучение на контрольном выходе можно использовать для измерения и управления величиной затухания, вносимого VOA.

Поворот плоскости поляризации в ЯФ обусловлен магнитооптическим эффектом. Угол поворота  $\theta$  определяется выражением:

$$\theta = \beta \cdot H \cdot l, \quad (1)$$

где  $\beta$  и  $l$  – постоянная Верде и длина магнитооптического кристалла,  $H$  – напряженность магнитного поля. В изоляторах поле в ЯФ создается постоянным магнитом. Для изменения  $\theta$  постоянный магнит нужно заменить на электромагнит, позволяющий управлять напряженностью магнитного поля в ЯФ.

Для расчета вносимых таким VOA потерь воспользуемся матричным методом Джонса. В данном методе поляризация оптического излучения описывается двухкомпонентным вектором Джонса, который для линейно поляризованного излучения с азимутом поляризации  $\varphi$ , падающего на вход VOA, имеет вид [4]:

$$a_{in} = \begin{pmatrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Для учета преобразования поляризации излучения при прохождении через оптический компонент используют матрицу Джонса  $J$  размером  $2 \times 2$ , связывающую вектора входного  $a_{in}$  и выходного  $a_{out}$  излучения [4, 5]:

$$a_{out} = J \cdot a_{in}. \quad (3)$$

Матрицы Джонса поляризационного сплиттера для  $p$  и  $s$  поляризаций имеют вид [5]:

$$J_{PSP} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, J_{PSS} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Матрица Джонса идеальной полуволновой пластины имеет вид [5]:

$$J_{HP}(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos 2\alpha & \sin 2\alpha \\ \sin 2\alpha & -\cos 2\alpha \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Матрица Джонса ЯФ, осуществляющая поворот поляризации на угол  $\theta$ , имеет вид [5]:

$$J_F(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Затухание (вносимые потери) VOA можно рассчитать по выражению:

$$A = 10 \cdot \lg \frac{I_{in}}{I_{out}}, \quad (7)$$

где  $I_{in}$  и  $I_{out}$  – интенсивности излучения на входе и выходе VOA.

Для оценки  $A$  будем использовать вместо абсолютных значений интенсивностей излучений нормированные. Для нормированной интенсивности излучения, описываемого вектором Джонса  $a$ , справедливо:

$$\hat{I} = I/I_m = \sqrt{a_0^2 + a_1^2}, \quad (8)$$

где  $I_m$  – максимальное значение интенсивности,  $a_0$  и  $a_1$  – компоненты вектора  $a$ .

На рис. 2 представлены результаты расчета по (2)–(6), (8) зависимостей нормированной интенсивности излучения на основном и контрольном выходах аттенуатора от угла  $\theta$ .

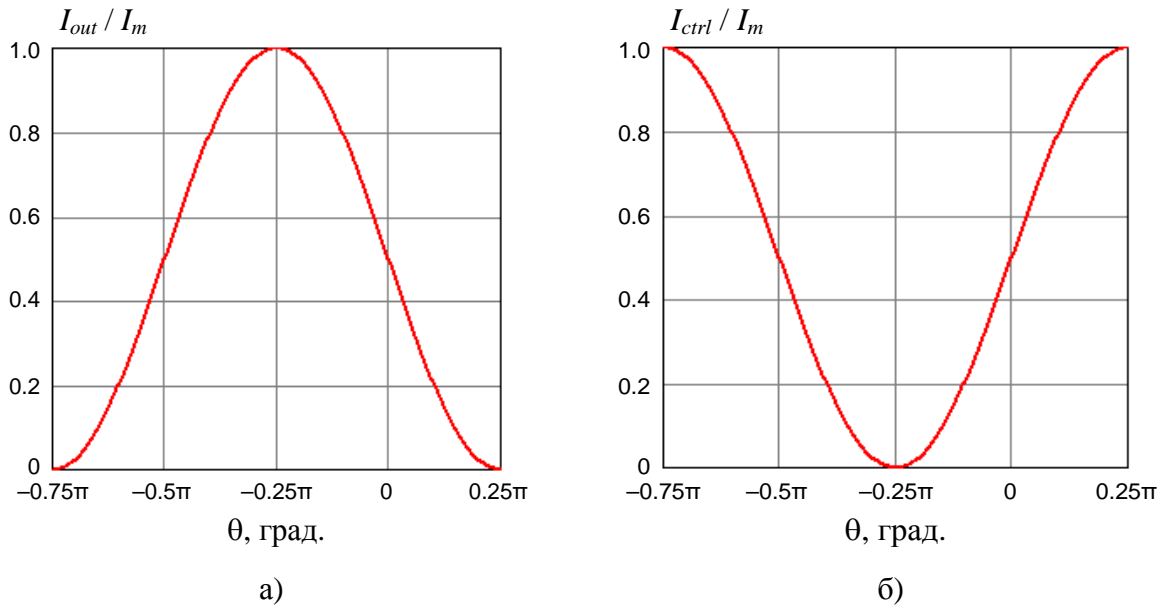


Рис. 2. Интенсивность излучения на основном (а) и контрольном (б) выходах VOA

Видно, что при  $\theta = -45^\circ$  интенсивность излучения на основном выходе максимальна. Если все компоненты сплиттера идеальны (не вносят потерь), затухание VOA в этом случае будет равно 0.

На рис. 3 представлена зависимость вносимых потерь VOA от угла  $\theta$ , рассчитанная по выражению (7). Из рис. видно, что данный VOA может перестраивать затухание в диапазоне от минимального значения, обусловленного потерями в компонентах схемы, до 35–40 дБ.

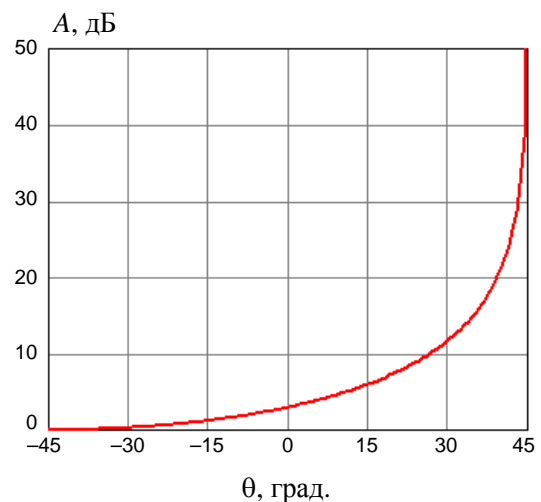


Рис. 3. Вносимые VOA потери

#### Список использованных источников

1. Трещиков В. Н., Листвин В. Н. DWDM-системы. М.: Техносфера, 2021. 420 с.
2. Былина М. С., Купина Е. А., Николаенко А. О. моделирование и исследование активного оптического аттенуатора с переменным затуханием // Сб. материалов VI Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки в современном мире» (Уфа, июнь 2021). Уфа: НИЦ Вестник науки, 2021. С. 41–45.
3. Liu, Ai-Qun. Photonic MEMS Devices Design, Fabrication and Control / Ai-Qun Liu. Boca Raton: CRC Press, 2009. 502 p.
4. Азам, Р., Башара, Н. Эллипсометрия и поляризованный свет. М.: Мир, 1981. 584 с.
5. Коротаев В. В. Поляризационные приборы: учебное пособие. СПб., 2012. 104 с.

УДК 004.71

В. К. Гераськин (студент гр. ИКТГ-14м, СПбГУТ)

## МЭМС В ОПТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

*На сегодняшний день в центрах обработки данных широко используются Ethernet коммутаторы вместе с Optical-Electrical-Optical коммутаторами для возможности передачи крупных объемов данных по оптоволокну с большей пропускной способностью. Однако требования к пропускной способности продолжают расти, и данное сочетание коммутаторов уже не справляется с требованиями. В данном докладе рассмотрено использование технологии MEMS в оптических сетях коммутации.*

*коммутаторы, мемс, микрзеркала, ОЕО, ООО, микроэлектромеханические системы.*

### MEMS (микроэлектромеханические системы)

MEMS или микроэлектромеханические системы – это метод объединения электрических и механических компонентов на чипе для создания системы миниатюрных размеров

MEMS – это технология точных устройств, которая объединяет механические элементы и электронику на общей кремниевой подложке с помощью технологии микропроизводства.

### MEMS в оптике

Микроэлектромеханические системы (*MEMS*) с их уникальной способностью интегрировать электрические, механические и оптические элементы на одном чипе продемонстрировали высокий потенциал для реализации оптических компонентов и систем в компактной и недорогой форме.

В волоконно-оптических сетях на микронном уровне коммутаторы на основе MEMS направляют свет от одного волокна к другому. Такой подход позволяет создать полностью основанную на свете сеть передачи данных [1], поскольку коммутация больше не требует преобразования световых сигналов в цифровые электронные сигналы, а затем обратно в оптические (*optical-electrical-optical*, ОЕО).

Функционал, разработанный для оптических сетей, обычно связан с «микрзеркалами» на основе MEMS. «Микрзеркала» являются основными микромеханическими компонентами оптических *cross connect* коммутаторов [1], которые коммутируют световые частоты с одного набора волокон на другой. Этот процесс включает порт ввода/вывода, актуатор и зеркальную поверхность. Когда на исполнительный механизм подается напряжение, он заставляет зеркало двигаться и направлять свет на определенный выходной порт. Затем зеркало остается статичным до тех пор, пока не потребуется перенаправить путь света.

## MEMS коммутаторы

MEMS-коммутаторы бывают как механическими, так и микрожидкостными. Механические коммутаторы, которые в настоящее время являются наиболее надежным и гибким вариантом, основаны на массиве микромеханических зеркал, количество которых варьируется от сотен до тысяч на одном чипе [2].

Эти зеркальные коммутаторы также классифицируются как двухмерные, когда они перемещаются вверх и вниз или влево и вправо; или трехмерные, где они могут поворачиваться в широком диапазоне (рис. 1).

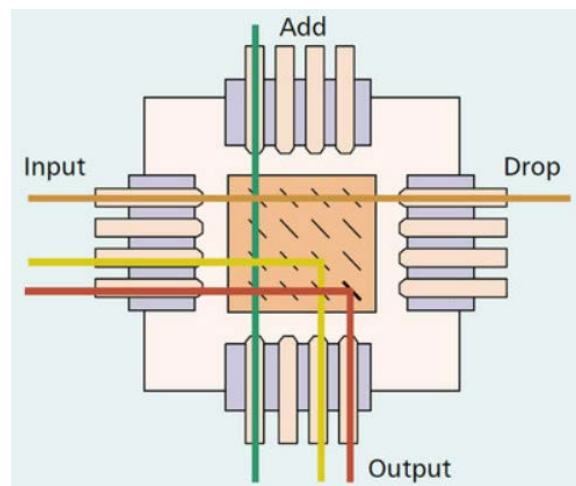


Рис. 1. 2-D MEMS оптический коммутатор

Трехмерные MEMS-коммутаторы были использованы для поддержки крупномасштабных оптических устройств кросс-коммутации [2]. Этот тип коммутатора собирается с использованием двухмерных входных и выходных оптоволоконных массивов с коллиматорами (рис. 2).

Два «слоя» независимых массивов двумерных «микрзеркал» используются для управления оптическими лучами в трех измерениях.

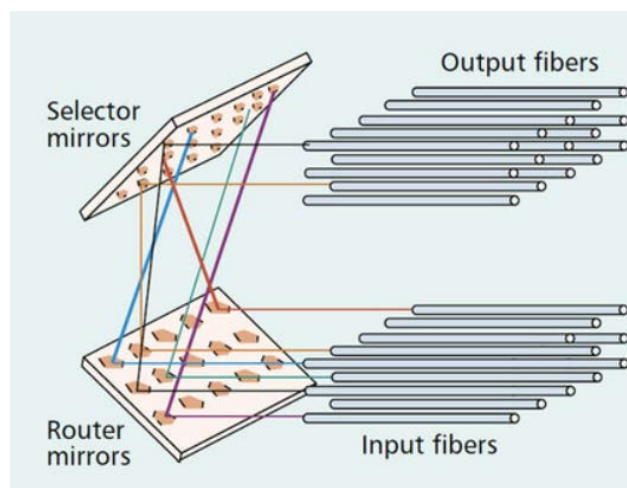


Рис. 2. 3-D MEMS оптический коммутатор

## Использование оптического MEMS коммутатора в центрах обработки данных

Из-за роста центров обработки данных и новых облачных сервисов создаются очень большие потоки данных. Рост объёма трафика в центрах обработки данных ставит операторов перед необходимостью соединять растущее число серверов и перемещать между ними большие объёмы данных. Масштабировать соединения серверов с каждым днем становится все труднее, а неэффективное масштабирование потоков данных сдерживает рост центра обработки данных [3].

Из-за увеличения числа пользователей и увеличения количества серверов каналы между серверами требуют большей пропускной способности для преодоления переполнения буфера. Маршрутизаторы Ethernet и традиционные коммутаторы Optical-Electrical-Optical (ОЕО) больше не могут соответствовать требованиям пропускной способности центра обработки данных.

Сетевая архитектура центра обработки данных модернизируется путем замены коммутаторов TOR (*Top of the Rack*) промежуточными коммутаторами Ethernet вместе с OCS (оптическими кросс-коммутаторами) [3, 4]. Как показано на рис. 3 зелеными линиями, между TOR-1 и TOR-4 установлено соединение для передачи массива данных. Если поток данных становится настолько большим, что буфер пакетного коммутатора становится переполнен, он отправляет сообщение на панель управления о том, что требуется большая пропускная способность для передачи данных. Рис. 4 показывает перегруженный канал красным пунктиром, а сообщение, полученное панелью управления, мелким пунктиром.

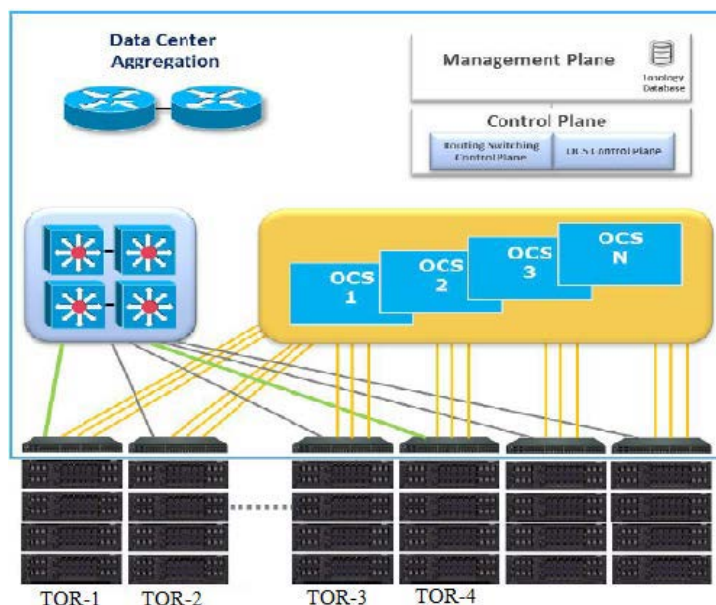


Рис. 3. Центр обработки данных, взаимодействие между TOR-1 и TOR-4



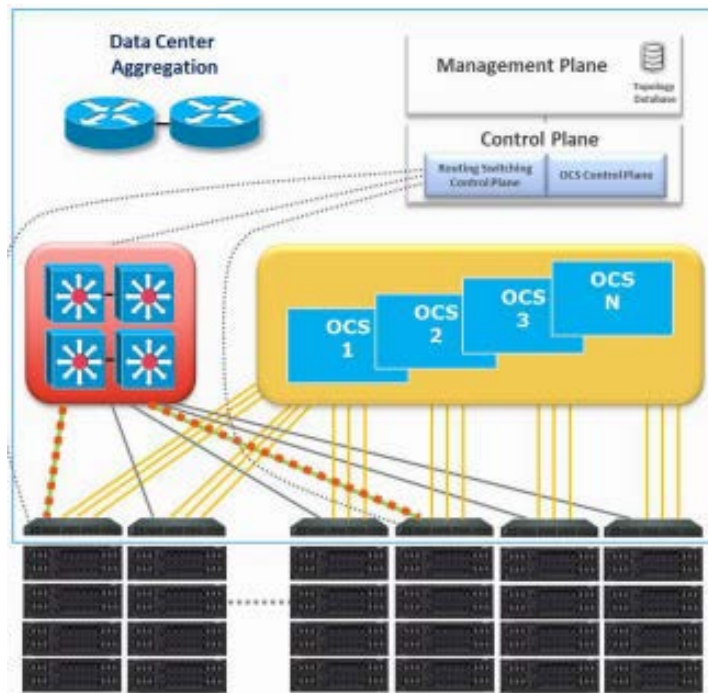


Рис. 4. Центр обработки данных, переполнение буфера данных

Панель управления определяет потребность в дополнительном канале и отправляет соответствующую команду на OCS для установления канала между TOR-1 и TOR-4. Как показано на рис. 5, два типа оптических и пакетных коммутаторов работают одновременно. Таким образом можно поддерживать поток данных в центре обработки данных и справляться с непредсказуемым или предсказуемым ростом объема данных.

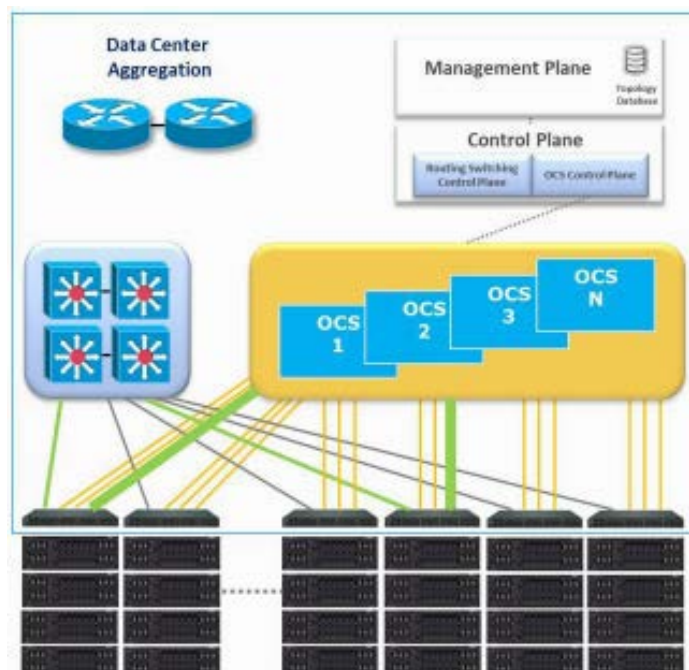


Рис. 5. Открытие нового канала между TOR-1 и TOR-4

**Список использованных источников**

1. Hussam Kloub An Introduction to MEMS Technology : Lambert Academic Publishing, 2016. 252 p.
2. MEMS for optical networking / Sapna Rajawat, Sushant Panhale, Meenal Prabhakar, Nathaly Ishii Munhoz / Technical Report. 2017. 23 p.
3. Photonic switching in high performance datacenters / Qixiang Cheng, Meisam Bahadori, Sébastien Rumley, Keren Bergman // Optics Express Vol. 26, Issue 12, 2018, pp. 16022–16043.
4. Shibani Kishen Koul, Sukomal Dey Single-Pole Multithrow MEMS Switching Networks. : CRC Press. 2019.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук, доцентом Дюбовым А. С.*

**УДК 681.723.4**

**И. К. Григоренко** (студент гр. ИКМ-02з, СПбГУТ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА В PON**

*Огромное количество критически важной и конфиденциальной информации, передаваемой по оптоволокну в наши дни, подвергается воздействию злоумышленников. Этот огромный объем информации, передаваемой в PON, нуждается в практической и эффективной системе наблюдения, которая является ключевым фактором для дальнейшего развития этих сетей.*

*несанкционированный доступ, пассивная оптическая сеть (PON), гибридный метод, прослушивание, съём информации, защита информации.*

**Классификация методов съема информации в ВОЛС**

Дадим определение съему информации в ВОЛС. Под съёмом информации с ВОЛС подразумевается процесс выведения части оптического излучения с линии связи.

Методы съема информации с ВОЛС можно условно разделить на несколько категорий:

1. По способу регистрации – пассивные, активные и компенсационные.
2. По способу подсоединения – локальный и протяжённый.
3. По виду воздействия на ОВ – разрывный и безразрывный.
4. По принципу формирования канала утечки – нарушение полного внутреннего отражения, регистрация рассеянного излучения и параметрические методы регистрации проходящего излучения.

Суть пассивных методов основана на регистрации оптического излучения без физического воздействия на волокно. Такой метод трудно обнаружить, но он обладает низкой чувствительностью. К активным методам относятся: механический изгиб ОВ, оптическое туннелирование, подключение к ОВ фотоприемника с помощью направленного ответвителя и др. В активных методах съёма информации оптическое волокно подвергается внешнему воздействию для вывода части оптического излучения, создавая тем самым возможность регистрировать выходящее излучение. Активные более чувствительны, однако факт несанкционированного доступа может быть легко установлен путём рефлектометрического контроля. Компенсационные методы, помимо внешнего воздействия, предполагают ввод в ОВ излучения, которое компенсирует потери мощности при выводе информационного сигнала. Они включают в себя преимущества первых двух групп, однако тяжело реализуемы на практике.

Для локального способа характерно подсоединение к ВОЛС в одной точке, в то время как в протяжённом съём информации производится с достаточно протяжённого участка линии связи.

При использовании разрывного способа подключения происходит временный разрыв линии, подсоединение к линии и ее восстановление. Безразрывной метод не подразумевает разрыва основной линии связи. Так как разрывной метод предусматривает временное нарушение работ линии связи, то для маскировки несанкционированного доступа параллельно с подключением злоумышленник может осуществлять дополнительные повреждения кабеля.

Вывод части оптического излучения приводит к нарушению принципа полного внутреннего отражения, что позволяет сформировать канал утечки информации. Чтобы увеличить расстояние между участками ретрансляции, необходимо обеспечить высокую мощность входного сигнала. Высокие мощности входного светового потока создают значительное рассеяние на ближайших к ретрансляторам отрезках сети, что также дает возможность создания каналов утечки информации. Принцип параметрического метода регистрации проходящего излучения заключается в следующем. Оптическое излучение вызывает изменение свойств оптического волокна при прохождении через него. В зависимости от интенсивности световых импульсов модуляцию свойств оптического волокна можно регистрировать специальными высокочувствительными устройствами. В данном методе изменение параметров оптического волокна является основой для создания канала утечки информации. Существующая техника измерений позволяет регистрировать очень малые изменения свойств волокна. Так, использование спектроскопии потерь позволяет фиксировать незначительное изменение показателя поглощения, которое вызвано информационным потоком света [1].

## Эксперимент

Эксперимент включает в себя передачу видео через оптический Ethernet с одного компьютера на другой (рис. 1).

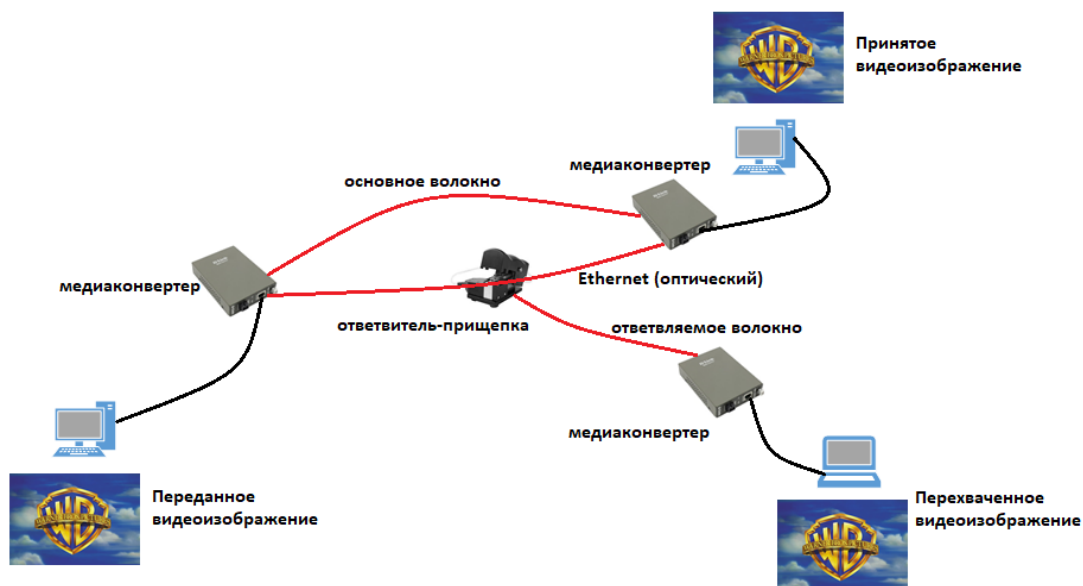


Рис. 1. Экспериментальная схема установки

Для потоковой передачи и воспроизведения видео было использовано программное обеспечение VLC, анализатор протоколов Wireshark для захвата пакетов и Chaosreader для восстановления видеоклипов из захваченных пакетов. Соединительное волокно было зачищено до оболочки и прижато ответвителем-прищепкой, которое в основном изгибает волокно, вызывая излучение некоторого количества света, что нарушает принцип полного отражения. Это устройство направляет захваченный свет на однонаправленный медиаконвертер Ethernet, после чего кадры Ethernet обрабатываются на третьем ПК для восстановления копии исходных видеок кадров. Wireshark преобразует кадры Ethernet и предоставляет такую информацию, как MAC-адреса отправителя и получателя. Он также обрабатывает полезную нагрузку кадра Ethernet и получает от него IP-пакеты. Информация, полученная из пакетов, включает IP-адреса, сообщения протокола сигнализации и биты полезной нагрузки. Захваченные таким образом пакеты сохраняются в файле формата \*.pcap (формат пакета перехваченных данных). Затем обрабатываем файл программным обеспечением Chaosreader, которое восстанавливает исходные файлы и создает индекс восстановленных файлов. При открытии этого файла в программном обеспечении VLC воспроизводится захваченная часть видеопотока [2].

Помимо воспроизведения видео, данная экспериментальная установка может использоваться для выполнения ряда операций по подслушиванию, таких как атака на IP-адреса, кража пароля, прослушивание VoIP-вызовов

и восстановление электронной почты с использованием различных программ.

### Гибридная схема обнаружения и локализации вредоносного воздействия

Гибридная схема обнаружения и локализации вредоносного воздействия представлена ниже (рис. 2).

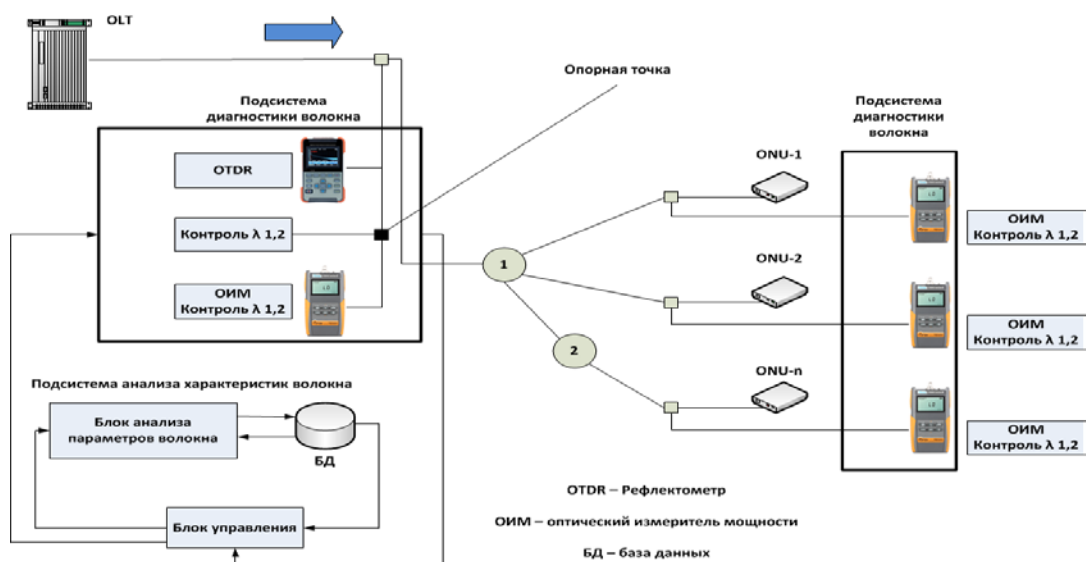


Рис. 2. Гибридная схема обнаружения и локализации

Алгоритм работы схемы обнаружения и локализации вредоносного воздействия представлен ниже (рис. 3).

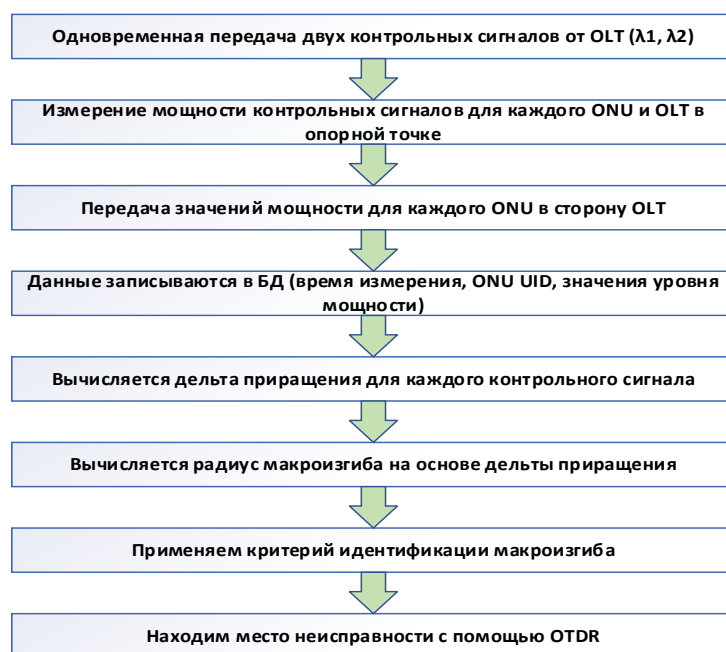


Рис. 3. Алгоритм схемы обнаружения и локализации

Критерий идентификации макроизгибов: из базы данных с помощью специального механизма маркировки необходимо найти функцию времени для приращения затухания контрольного сигнала и определить причину макроизгиба – является ли это злонамеренной атакой или может быть другим внешним фактором (например, замерзание воды в оптическом кабеле). Для вредоносного макроизгиба временная функция характеризуется значительным приращением затухания до постоянного уровня в течение очень короткого периода. В соответствии с алгоритмом работы системы можно найти ONU LLID и ответвленное волокно соответственно [3].

## **Заключение**

В данной статье была дана классификация способам съема информации с ВОЛС, продемонстрирован эксперимент, позволяющий захватить часть оптического излучения для восстановления информации злоумышленником и предложен алгоритм нахождения вредоносного воздействия в ВОЛС.

## **Список использованных источников**

1. Горбунов А. В. Волоконно-оптический ответвитель-прищепка для съема информации в волоконно-оптических линиях связи: учеб. пособие. Таганрог : ТТИ ЮФУ, 2009. 54 с.
2. Saltykov. A. R. Malicious attacks in PONs, T-Comm Телекоммуникации и Транспорт [Paper]. S-Pb: Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, 2015.
3. Zafar M. Iqbal, H. Fathallah, Nasser-Eddine Rikli. Optical fiber tapping: Methods and precautions [Paper]. Pakistan: PSATRI Communication and Networks Research Lab, 2011.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук, доцентом Дюбовым А. С.*

**УДК 681.7.068.4**

**Л. А. Гульятеева** (студентка гр. ИКТФ-16м, СПбГУТ)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ДВУХСЕРДЦЕВИННОГО ВОЛОКНА С ОДНОМОДОВЫМИ СЕРДЦЕВИНАМИ, ИЗОЛИРОВАННЫМИ ВНУТРЕННИМИ ОБОЛОЧКАМИ**

*Применение многосердцевидных волокон позволяет увеличить пропускную способность тракта для передачи больших объемов данных. При разработке таких волокон одной из проблем является возникновение взаимных влияний – появление связи между*

соседними сердцевинами при их сближении. В данной работе было смоделировано оптическое волокно с двумя одномодовыми сердцевинами со ступенчатыми профилями показателя преломления и изолирующими оболочками и проведено исследование зависимости взаимных влияний от конструкции изолирующих оболочек. Результаты исследования позволили определить минимальное расстояние между сердцевинами.

многосердцевинное оптическое волокно, взаимные влияния, перекрестные помехи, одномодовая сердцевина, изолирующая оболочка, микроструктурированная изолирующая оболочка.

При построении линейной части оптических трактов систем связи широко используются схемы параллельной передачи с применением пространственного мультиплексирования. Одним из вариантов его реализации является применение многосердцевинных волокон (МСВ) [1].

МСВ представляет собой волокно с несколькими сердцевинами, объединенными общей оболочкой. Диаметр общей оболочки  $D$  кварцевого МСВ составляет 125 мкм, то есть равен диаметру оболочки обычного волокна с одной сердцевиной [2, 3]. Для уменьшения взаимных влияний между сердцевинами в МСВ могут использоваться изолирующие оболочки различной конструкции [1].

В данной работе проведено моделирование распределения напряженности электрического поля в поперечном сечении кварцевого МСВ с 2-мя одномодовыми сердцевинами со ступенчатыми профилями показателя преломления (рис. 1) в COMSOL Multiphysics.

На рис. 2 (см. ниже) представлены конструкции сердцевины исследуемого кварцевого МСВ. Диаметр каждой сердцевины был принят равным  $d = 8$  мкм. Каждая сердцевина окружалась изолирующей оболочкой.

Рассматривались две конструкции изолирующей оболочки: обычная оболочка, представляющая собой окружающий сердцевину слой материала с пониженным показателем преломления (рис. 2а); микроструктурированная оболочка, состоящая из окружающих сердцевину капилляров (рис. 2б).

Показатели преломления сердцевины и общей оболочки при моделировании были приняты равными 1,4457 и 1,4378. Показатель преломления обычной изолирующей оболочки составлял 1,4278. Микроструктурированная оболочка полагалась состоящей из 8-ми капилляров диаметром 2 мкм, заполненных воздухом.

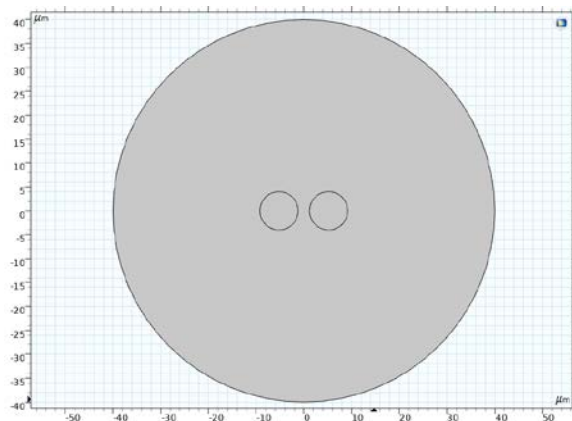


Рис. 1. Конструкция моделируемого МСВ с двумя сердцевинами

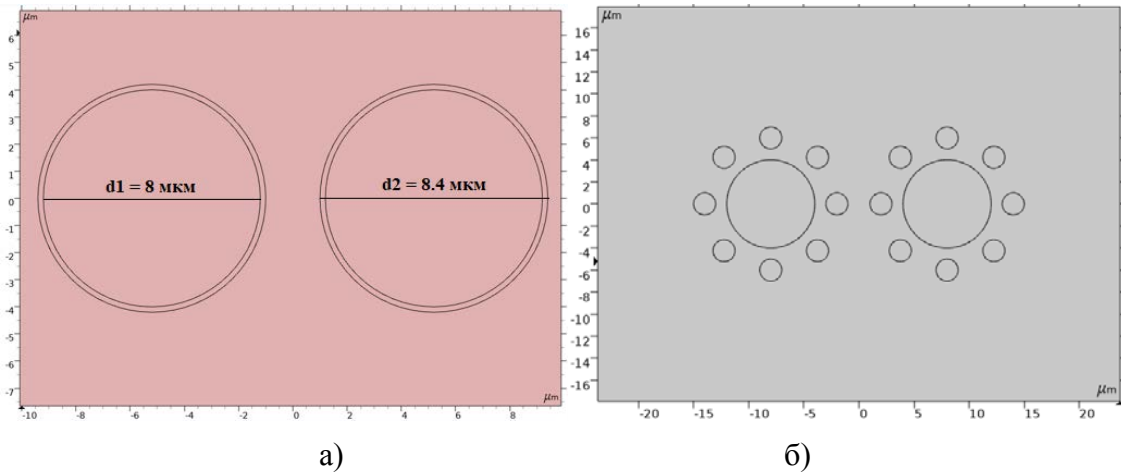


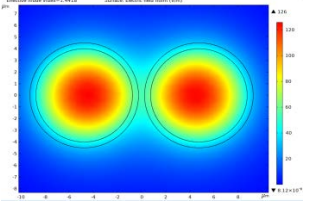
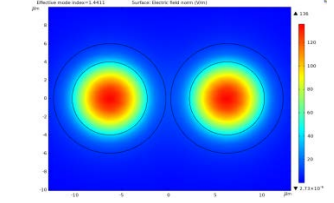
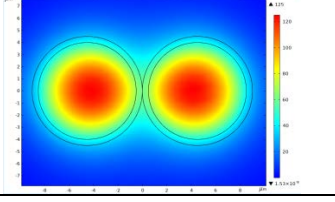
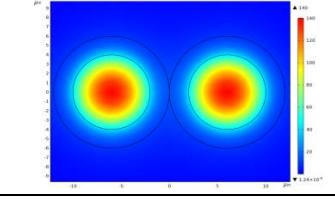
Рис. 2. Конструкция двух сердцевин в МСВ:  
 а) с обычной оболочкой; б) с микроструктурированной оболочкой

Распределения напряженности электрического поля в поперечном сечении МСВ, полученные при моделировании волокна с двумя сердцевинами в обычных оболочках разной толщины, представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Результаты моделирования напряженности электрического поля в сердцевинах с обычной оболочкой толщиной 0,5 и 2 мкм при различных расстояниях между ними

Расстояние между сердцевинами, мкм	Сердцевины с оболочкой 0,5 мкм	Сердцевины с оболочкой 2 мкм
20		
12		
10		
9		



Расстояние между сердцевинами, мкм	Сердцевины с оболочкой 0,5 мкм	Сердцевины с оболочкой 2 мкм
8,5		
8 (сердцевины соприкасаются)		

На рис. 3 представлены зависимости напряженности электрического поля  $E$  посередине между двумя сердцевинами от расстояния  $l$  между сердцевинами, для обычных изолирующих оболочек разной толщины.

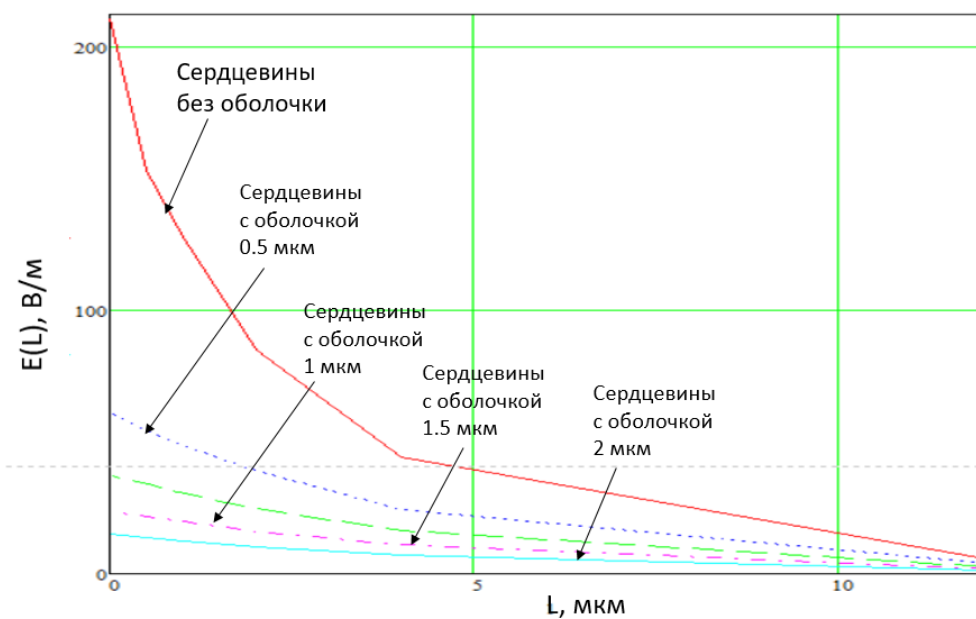


Рис. 3. Зависимость взаимных влияний от расстояния между сердцевинами в МСВ при увеличении толщины изолирующих оболочек

Из таблицы 1 и рис. 3 видно, что увеличение толщины изолирующей оболочки до 2 мкм приводит к существенному снижению уровня излучения в общей оболочке.

На рис. 4 представлены результаты моделирования МСВ с двумя сердцевинами в микроструктурированной оболочке. Видно, что такая изолирующая оболочка также снижает уровень излучения в общей оболочке.

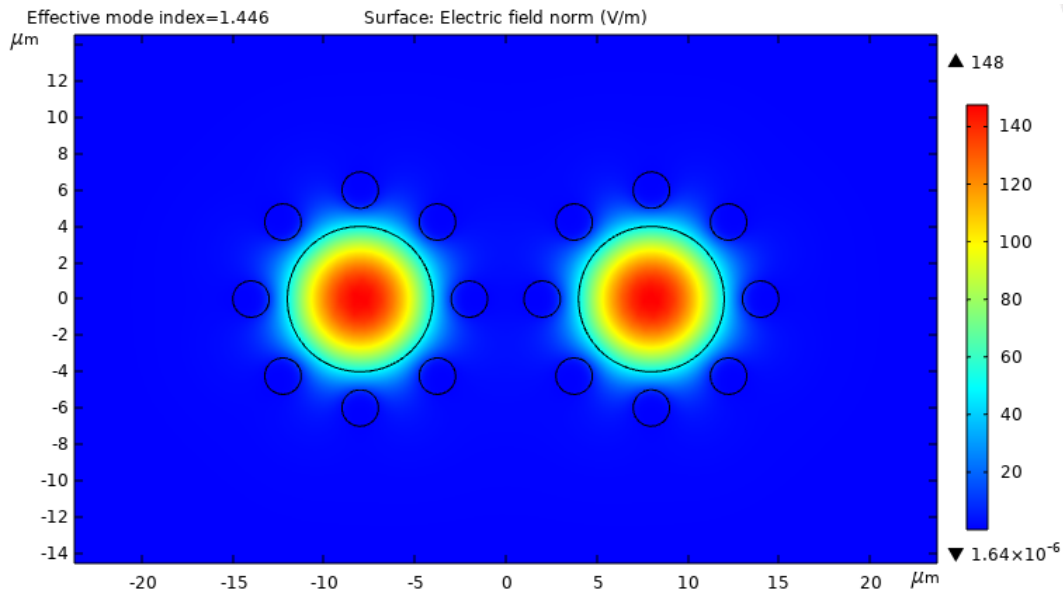


Рис.4. Результаты моделирования напряженности электрического поля в МСВ с микроструктурированной оболочкой

Для определения минимального допустимого расстояния между сердцевинами оценим перекрёстные помехи по следующей методике. Примем за эталонное распределение напряженности электрического поля в волокне с одной сердцевиной. Перекрестной помехой будем считать разность распределения напряженности электрического поля в одной из сердцевинок двухсердцевинного волокна и эталонного распределения.

Затухание перекрестной помехи будем рассчитывать по выражению:

$$A = 10 \lg(P_{\text{эталон}}/P_{\text{помеха}}),$$

где  $P_{\text{эталон}}$  и  $P_{\text{помеха}}$  – мощности эталонного распределения и помехи соответственно. Задав допустимый уровень затухания помехи  $A = 25$  дБ, можно определить допустимое расстояние между сердцевинами. Данные, полученные с помощью этого критерия, приведены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Результаты оценки перекрестных помех

Конструкция изолирующей оболочки	Допустимое расстояние между сердцевинами, мкм
Без оболочки	> 13
Обычная оболочка толщиной 0,5 мкм	> 10
Обычная оболочка толщиной 2 мкм	Любые расстояния
Микроструктурированная оболочка	> 9

Как видно из результатов, при использовании оболочки 2 мкм сердцевины можно располагать вплотную друг к другу. Допустимое расстояние

у сердцевин с микроструктурированными оболочками рассмотренной конструкции оказалось меньше, чем у сердцевин с оболочкой 0,5 мкм.

#### Список использованных источников

1. Былина М. С., Гульятеева Л. А. Новые типы многосердцевинных волокон для центров обработки данных // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2020). Региональная научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; сборник лучших докладов конф. / Сост. Н. Н. Иванов. СПб.: СПбГУТ, 2021. С. 175–179.

2. Фокин В. Г., Ибрагимов Р. З. Оптические системы с терабитными и петабитными скоростями передачи: учебное пособие. Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики; каф. многоканальной электросвязи и оптических систем. 2015. 161 с.

3. Портнов Э. Л. Новые типы оптических волокон в телекоммуникациях и их применение // Т-Comm. 2013. № 8. С. 96–98.

4. Дианов Е. М., Семёнов С. Л., Буфетов И. А. Новое поколение волоконных световодов // Квантовая электроника. 2016. № 1. С. 1–10.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук, доцентом, зав. кафедрой Былиной М. С.*

#### УДК 004.71

**Л. О. Дубовиков, И. Е. Серебряный**  
**Д. А. Юклутов** (студенты гр. ИКТС-01, СПбГУТ)

#### ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ УМНОГО ДОМА

*В настоящее время системы «умный дом» становятся все более популярными. В связи с этим происходит развитие технологий передачи данных в этих системах. Немаловажным фактором являются физические каналы передачи (в т. ч. направляющие среды), посредством которых обеспечивается передача данных между компонентами систем «умный дом». В данной статье рассматриваются направляющие среды, некоторые технологии передачи информации, а также протоколы передачи данных.*

*витая пара, оптическое волокно, симметричный кабель, Twisted Pair, Optical fiber, Power Line Communication, PLC, Power Over Ethernet, POE, "Умный дом", Power Line Communication, Power over Ethernet, Wi-Fi, HTTP – HyperText Transfer Protocol, SSH – Secure SHell, CAN.*

## Введение

21 июля 2020 года Президент подписал Указ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г.», который определяет стратегические направления развития страны, ориентированные на увеличения численности населения и повышения уровня жизни граждан.

## 1 Направляющие среды в системах умного дома

### *Симметричный кабель*

К симметричным кабелям связи относятся кабели, осуществляющие прием, передачу цифровых и аналоговых сигналов. В конструкцию данного кабеля входят изолированные проводники, которые могут быть скручены попарно или с помощью другой – четверочной скрутки. Благодаря такому конструкторскому расположению связь между жилами симметричного кабеля усиливается, а электромагнитные помехи напротив уменьшаются. Передаваемые сигналы на прибор в таком кабеле, характеризуются широким спектром частот [1].

### *Витая пара*

Витая пара достаточно широко используется в телекоммуникационной сфере. Данный кабель является основополагающим элементом кабельных систем структурированного типа соединений. Наименование он получил из-за использования в структуре кабеля скрученных проводников, скручивание проводников в кабеле дает возможность уменьшить степень влияния электромагнитных помех и усилить сигнал. В витой паре можно выделить два вида кабелей: экранированные и неэкранированные. Экранирование кабелей этого типа используют для избежания помех. Самый распространенный тип витой пары на данный момент – UTP CCA [2].

### *Оптическое волокно*

Оптический кабель состоит в структуре компонентов ВОЛС (Волоконно-оптическая линия связи). Кабель имеет несколько элементов: внешняя защитная оболочка, внутреннее защитное покрытие и сердечник. При помощи муфты сегменты кабеля объединяются между собой. Световой поток в кабеле используется для передачи сигнала по каналу связи. Он генерируется лазером, а далее трансформируется электрическим регенератором и фотоприемником в конце линии связи.

В основе устройства кабеля из оптоволокна лежат стеклянные световоды. Это своеобразные трассы служащие транспортировкой лучей света от источника до приемника. Для отправки светового сигнала применяется лазер, луч которого направлен в сердцевину кабеля [3].

## 2 Технологии передачи данных

*Power Line Communication* (Связь по линиям электропередач) – это новая технология, основанная на использовании силовых электрических сетей для высокоскоростного информационного обмена. Эта технология открывает новые возможности при построении «Умного дома», где вся бытовая электроника была бы объединена в единую информационную сеть с возможностью централизованного управления. Электрическая сеть – идеальная среда передачи управляющих сигналов между бытовыми приборами, работающих в сети 110/220В. Основой технологии является использование частотного разделения сигнала, при котором высокоскоростной поток данных разбивается на несколько низкоскоростных потоков, каждый из которых передается на отдельной поднесущей частоте с последующим их объединением в один сигнал. Перед тем как отдельные поднесущие частоты будут объединены в один сигнал, они проходят через фазовую модуляцию, каждая своей последовательностью бит. После этого все проходят через PowerPacket engine и собираются в один информационный пакет, который еще называют OFDM-symbol [4].

*Power over Ethernet* – это технология, которая позволяет сетевым кабелям передавать электроэнергию.

### Типы устройств

1. Endspan – сетевой коммутатор или инжектор, который обеспечивает подачу электропитания от конца кабельной линии.

2. Midspan – это устройство (PoE инжектор), которое обеспечивает питание PoE из середины кабельной линии, и находится между сетевым коммутатором и устройством PD.

3. PD (*Powered device*) – запитываемое устройство.

4. Подача питания по технологии PoE не оказывает никакого влияния на качество передачи данных, т. к. данная технология использует физический уровень Ethernet.

### Принцип работы технологии: подача питания на линию

1) определение устройства, является ли оно запитываемым;

2) устройство PSE (*power sourcing equipment*) подает импульс 2,7–10 В и определяет, пришел ли ответ от запитываемого оборудования. Если ответ пришел, то выполняется третий шаг, в ином случае попытка определения повторяется через некоторое время;

3) классификация. Нужна для определения диапазона мощности, которую может потреблять PD. Классификация осуществляется путём введения в линию напряжения от 14,5 до 20,5 В и последующем измерении тока. Полученный ответ говорит о классе PoE. **Классификация для PoE+. PSE**

с поддержкой PoE+ подаст второй импульс для проверки устройства на соответствие PoE+. После прохождения всех шагов питающее устройство подает в линию необходимое напряжение и осуществляет постоянный контроль за корректностью работы PD и током перегрузки [5].

*Wi-Fi* – технология беспроводной передачи информации и подключения устройств через беспроводное соединение. Без Wi-Fi не обойтись в IP-камерах, телевизорах, аудио/медиа-плеерах и другой технике для передачи видеосигнала. Базовый принцип, по которому ведется учет передачи данных Wi-Fi – метод случайного доступа с прослушиванием каналов. Он работает так: когда необходимо передать данные, устройство прослушивает беспроводной канал, и если он занят, то устройство ждет, пока канал освободится. Устройств, находящихся в режиме ожидания, может быть несколько. Устройства выбирают случайное число и ждут время, пропорциональное этому числу. То устройство, которое выбрало меньшее время, начинает передавать данные первым. Если передача прошла успешно, то принимающее устройство отправляет в ответ кадр подтверждения. Если этого не произошло, то попытка повторяется [6].

### 3 Протоколы передачи данных

#### **HTTP – HyperText Transfer Protocol**

Протокол передачи гипертекста (HTTP) является основой всемирной паутины и используется для загрузки веб-страниц с использованием гипертекстовых ссылок. HTTP – это протокол прикладного уровня, предназначенный для передачи информации между сетевыми устройствами и работающий поверх других уровней стека сетевых протоколов. Типичный поток через HTTP включает в себя клиентскую машину, делающую запрос к серверу, который затем отправляет ответное сообщение [7].

#### **SSH – Secure SHell**

SSH или Secure Shell – это сетевой коммуникационный протокол, который позволяет двум компьютерам взаимодействовать и обмениваться данными. Чтобы установить SSH-соединение, необходимы два компонента: SSH-сервер и SSH-клиент. Сервер прослушивает определенный порт и при успешной аутентификации дает доступ пользователю. Все команды, которые используются на SSH-клиенте, отправляются через защищенный канал связи на SSH-сервер, на котором они выполняются и откуда отправляют результат работы обратно клиенту [8, 9, 10].

#### **CAN**

Протокол CAN (*Controller Area Network*) – сеть контроллеров – стандарт ISO в сфере последовательной передачи данных. Протокол Controller Area Network может быть описан приведенными тезисами:

- физический уровень данного протокола позволяет использовать дифференциальную передачу данных по витой паре;
- каждое передаваемое сообщение протокола CAN содержит числовое значение, которое может служить идентификатором содержимого данного сообщения;
- продуманная схема обработки ошибок, которая обеспечивает повторную передачу сообщений протоколом CAN, если они не были получены должным образом изначально;
- имеются эффективные средства, которые служат для защиты от сбоев и удаления сбойных узлов [11].

## Заключение

Изучив направляющие среды, некоторые технологии передачи информации, а также протоколы передачи данных в «Умном доме», можно разработать схему подключения компонентов системы «Умный дом» таким образом, чтобы пользователь при планировании «Умного дома» мог бы выбрать подходящий для его запросов технологии передачи информации, направляющие среды и протоколы передачи данных.

## Список использованных источников

1. <http://stendalgroup.ru/magazin/folder/kabel-simmetrichnyy-vysokochastotnyy-i-nizkochastotnyy>
2. <https://www.avs-el.ru/blogs/blog/Chto-takoe-vitaya-para-LAN-kabel>
3. <https://help-wifi.ru/tekh-podderzhka/optovolokno-eh-to/>
4. [https://network.xsp.ru/5\\_5.php](https://network.xsp.ru/5_5.php)
5. [https://moxa.ru/tehnologii/ethernet\\_network/poe/](https://moxa.ru/tehnologii/ethernet_network/poe/)
6. <https://postnauka.ru/faq/154648>
7. <https://blog.skillfactory.ru/glossary/http/>
8. <https://habr.com/ru/post/215117/>
9. <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/HTTP/Overview#вывод>
10. <https://blog.skillfactory.ru/glossary/ssh/>
11. <https://www.micromax.ru/solution/theory-practice/articles/2160/>

*Статья представлена научным руководителем,  
преподавателем Резниковым Б. К.*

УДК 004.056.2

А. В. Елфимов (студент гр. ИКТЗ-11М, СПбГУТ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ СМАРТ-КОНТРАКТОВ И ПОДХОДЫ К ИХ УСТРАНЕНИЮ

В статье представлено исследование потенциальных уязвимостей смарт-контракта технологии Ethereum. Смарт-контракты позволяют выполнять определенные действия, в частности проводить финансовые операции, при достижении заранее заданных условий в автоматическом режиме, что определяет важность обеспечения безопасности их функционирования. Анализ основных уязвимостей позволяет сгруппировать их в две группы. К одной группе относят уязвимости, связанные с программным кодом контрактов, к другой – связанные с ошибками в архитектуре. В статье также приведены рекомендации по проведению тестирования смарт-контрактов. Рассмотрены некоторые инструменты тестирования и предложены подходы к устранению уязвимостей в смарт-контрактах при их разработке.

смарт-контракт, Ethereum, Solidity, уязвимость.

В настоящее время большой популярностью пользуются смарт-контракты. С их помощью можно осуществлять финансовые операции при достижении определенных условий. Поэтому обеспечение безопасности, а также правильное выполнение работы контракта являются важными задачами. Проведение анализа существующих уязвимостей, в дальнейшем позволит включить необходимые механизмы безопасности, для корректной работы смарт-контракта.

Смарт-контракт-компьютерный протокол, содержащий в себе набор функций и данных, автоматическое выполнение которого прописано в программном коде, при достижении определенных условий. Принцип работы смарт-контракта представлен на рис. 1.



Рис. 1. Принцип работы смарт-контракта

В технологии Ethereum, смарт-контракты разрабатываются на языке программирования Solidity, так как он ориентирован на программирования



самовыполняющихся контрактов [1]. Код простого смарт-контракта представлен на рис. 2.

```

1
2 contract AWallet {
3     address owner;
4     mapping (address=>uint) public outflow;
5     function AWallet() {owner=msg.sender; }
6
7     function pay(uint amount, address recipient) returns (bool) {
8         if (msg.sender!=owner || msg.value!=0) throw;
9         if (amount>this.balance) return false;
10        outflow[recipient]+=amount;
11        if (!recipient.send(amount)) throw;
12        return true;
13    }
14 }

```

Рис. 2. Простой смарт-контракт

Однако, существует набор уязвимостей, которые могут подвергнуть смарт-контракты к проблемам обеспечения безопасности. Их можно разделить на следующие две категории:

– Уязвимости при разработке программного кода. Эта уязвимость напрямую связана с человеческим фактором. Разработчик, обладающий недостаточным опытом разработки смарт-контрактов способен допустить ряд синтаксических ошибок, которые могут привести к уязвимостям кода и подвергнуть безопасности программной составляющей контракта.

К этой категории, можно отнести уязвимость временных меток. При создании блока, нод может записывать временную метку, какую захочет. Это может оказать некое влияние на выполнение смарт-контракта, ориентирующийся на временную метку. Пример кода с уязвимостью временной метки представлен на рис. 3.

```

1 uint somevariable=now+1;
2 if (now%2==0) {
3
4 }
5 if ((somevariable-150)%2==0) {
6     |
7 }

```

Рис. 3. Уязвимость по временной метке

Как видно из рис. 3 функция `now` зависит от функции `somevariable`. Благодаря этой уязвимости, майнер может манипулировать меткой, тем самым изменяя вывод средств в свою пользу.

Такая уязвимость возникает, если эту функцию используют непосредственно при критическом контроле компонентов контракта. Так что логичным решением будет не использовать данную функцию для проверки, а использовать другие функции.

Также возможной уязвимостью, связанной с проблемой программного кода является так называемое «состояние гонки». Эта уязвимость связана с возможностью повторного вызова внешнего кода вовремя выполнения кода контракта. Таким образом это может привести к негативному воздействию на корректное выполнение контракта. Пример кода с уязвимостью повторного вызова представлен на рис. 4.

```

1 mapping (address=>uint) private userBalances;
2
3 function withdrawBalance() public {
4     uint amountToWithdraw=userBalances[msg.sender];
5     require(msg.sender.call.value(amountToWithdraw()));
6     userBalances[msg.sender]=0;
7 }

```

Рис. 4. Уязвимость повторного вызова

В строке 5 (рис. 4) видно, что код вызова выполняется, а вызов функции `withdrawBalance` может осуществляться снова, так как баланс пользователя в строке 6 не был установлен в 0. Операция вызова других функций будет производиться без помех и тем самым отменит операцию сброса баланса. Подобная атака с кражей монет с Ethereum произошла с DAO [2]. Возможным решением данной проблемы состоит в замене функции `call.value` на функцию `send`, тем самым ограничить любое выполнение внешнего кода.

– Уязвимости, связанные с ошибками при построении архитектуры смарт-контракта. Также как уязвимости при разработке программного кода, человеческий фактор может влиять на построение архитектуры смарт-контракта. Реализация классических процессов, с учетом законодательства, может приводить к искажениям процессов, а также выбор определенного метода реализации способен привести к инфраструктурным уязвимостям.

К этой категории можно отнести так называемую уязвимость «King of the Ether Throne» [3] или DDOS-атака с возможностью возврата средств. Суть процесса заключается в том, что при отправке некоторого количества средств на контракт, участник становится лидером, при этом комиссия выплачивается предыдущему лидеру. Уязвимость состоит в ошибке, при которой комиссия предыдущему лидеру не выплачивается и смены лидера не происходит. Таким образом, злоумышленник может стать лидером, и сменить его станет затруднительно. Пример реализации уязвимости «King of the Ether Throne» показан на рис. 5.

```

1 contract King of the Ether Trone {
2     address public future_leader;
3     uint public price = 50;
4     address owner;
5
6     function sweepCommission(uint amount) {
7         owner.send(amount);
8     }
9     function() {
10        if (msg.value < price) revert;
11        uint compensation = calculateCompensation();
12
13        future_leader.send(compensation);
14        future_leader = msg.sender;
15        price = calculateNewprice();
16    }
17 }

```

Рис. 5. Уязвимость «King of the Ether Throne»

Для предотвращения такой угрозы рекомендуется создавать реестр средств всех участников, и осуществлять возврат только по запросу участника. Пример корректного контракта с возможностью возврата только по запросу представлен на рис. 6.

```

1 contract King of the Ether Trone {
2     address public future_leader;
3     uint public price = 50;
4     address owner;
5
6     function sweepCommission(uint amount) {
7         owner.send(amount);
8     }
9     function NewKing() public payable returns (bool) {
10        if (msg.value > price) {
11            creditedFunds[richest] += msg.value;
12            future_leader = msg.sender;
13            return true;
14        }
15        else {
16            return false;
17        }
18    }
19    function withdraw() public {
20        uint amount = creditedFunds[msg.sender];
21        pendingWithdrawals[msg.sender] = 0;
22        msg.sender.transfer(amount);
23    }
24 }

```

Рис. 6. Корректный контракт с возможностью возврата только по запросу

Помимо данной уязвимости существует еще одна DDOS атака с ограничением газа Ethereum. Газ-внутренняя валюта Ethereum, используемая для вызова смарт-контракта пользователем. Может возникнуть ситуация, когда исчерпан весь лимит газа, тогда транзакции выполняться не будут, тем самым ограничится выполнение контракта. Решить данную проблему можно, прописать в коде функцию проверки лимита газа при вызове внешних функций. Решение проблемы связанной с ограничением газа Ethereum представлена на рис. 7.

```
1 struct client {  
2     address addr;  
3     uint price  
4 }  
5 client clients[];  
6 uint nextclient_number;  
7 function payout() {  
8     uint i=nextclient_number;  
9     while(i<clients.length && msg.gas>200000) {  
10         clients[i].addr.send(clients[i].value);  
11         i++  
12     }  
13     nextclient_number=i;  
14 }
```

Рис. 7. Проверка лимита газа при вызове внешних функций

Для того, чтобы снизить возможные ошибки при проектировании смарт-контракта нужно строго следовать техническому заданию, и осуществлять тестирование на каждом этапе разработки. Также для минимизации описанных угроз можно воспользоваться методами тестирования смарт-контрактов. К примеру, для тестирования на уязвимости повторного вызова и временной метки можно использовать ContractFuzzer [4]. Программа генерирует на вход контракта нечеткие данные на основе спецификаций ABI смарт-контрактов для выявления подобных уязвимостей.

Для обнаружения уязвимостей, связанных с газом можно использовать GasFuzzer [5]. С помощью данного ПО можно осуществлять тестирование угроз ограничения лимита газа, и выявлять те компоненты, которые потребляют больше газа.

Также необходимо учесть, что разработкой смарт-контрактов должны заниматься квалифицированные специалисты, обладающие необходимыми навыками программирования, а также обеспечить доступ к актуальным библиотекам при разработке и дальнейшей эксплуатации системы смарт-контрактов.

**Список использованных источников**

1. Боровик В. и др. К вопросу о безопасности смарт-контрактов // Вестник Чувашского университета. 2018. № 1. С. 79–81.
2. Алиев И. А. Уязвимости смарт-контрактов блокчейн-платформы ethereum // Научные записки молодых исследователей. 2019. № 3. С. 53–55.
3. Atzei N., Bartoletti M., Cimoli T. A survey of attacks on Ethereum smart contracts (SoK), 2017, pp. 15–16.
4. Jiang B., Liu Y., Chan W. ContractFuzzer : Fuzzing smart contracts for vulnerability detection, 2018, pp. 4–6.
5. Ashraf I., Ma X., et al. GasFuzzer: Fuzzing Ethereum Smart Contract Binaries to Expose Gas-Oriented Exception Security Vulnerabilities, 2020.

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

**УДК 004.71**

**Е. Е. Ермолаев** (студент гр. ИКТГ-14М, СПбГУТ)

**ОПТИЧЕСКИЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

*На всем протяжении развития интернет-технологий, сохраняется потребность в более высокой пропускной способности, стремясь достичь предела скорости электронных устройств. Полный переход на оптическую обработку сигналов все еще требует решения целого списка задач. В настоящее время из лабораторий продолжают выходить прототипы полностью оптических логических элементов с высокой пропускной способностью. Однако, при обработке оптических сигналов цифровые логические элементы имеют сложное и громоздкое электрооптическое преобразование.*

*ООО, логические элементы, оптические логические элементы, оптические вычисления.*

Для создания полностью оптических систем необходимо, чтобы все составляющие алгоритма работы, используемые в оптических сетях, такие как мультиплексирование ввода-вывода, синхронизация пакетов, восстановление тактовой частоты, распознавание адреса, регенерация сигнала и т. д., выполнялись полностью оптическими элементами. Для осуществления данной задачи основным требованием являются оптические логические элементы. Они являются ключевыми элементами для реализации полностью оптических функций [3].

Все оптические логические элементы можно поделить на два основных типа, которые в свою очередь делятся на большое множество подтипов, отличающихся принципами действия, материалами исполнения, рабочими параметрами и множеством других факторов: с применением SOA и без него (рис. 1).

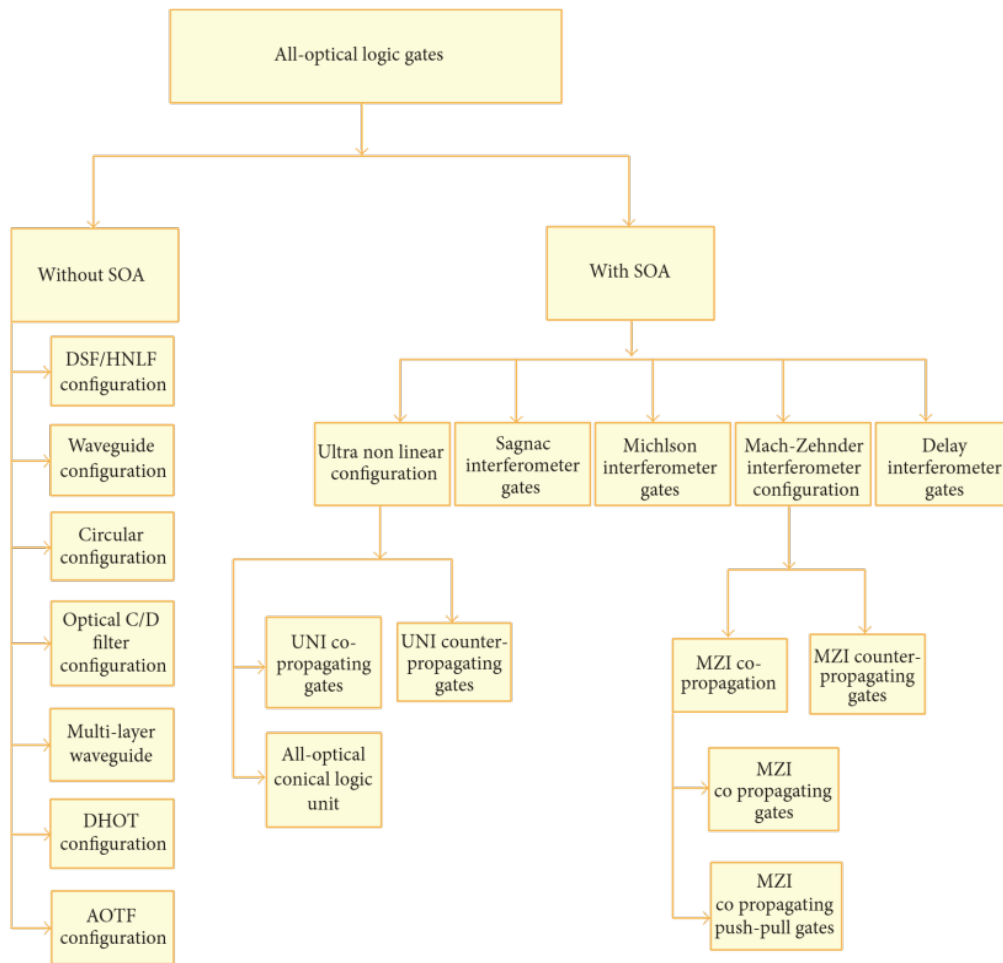


Рис. 1. Классификация оптических логических элементов

SOA (полупроводниковый оптический усилитель) – это полупроводниковый элемент, усиливающий свет. Противоотражающая обработка применяется к обеим граням полупроводникового лазера для устранения структуры резонатора. Когда свет попадает извне в полупроводник, он усиливается за счет вынужденного излучения.

SOA используется для усиления оптического сигнала. SOA включены в модули оптических приемопередатчиков, используемых для связи между центрами обработки данных, для усиления оптического сигнала в диапазоне 1,3 мкм, используемого для связи Ethernet, чтобы компенсировать потери при передаче [2].

Оптические логические элементы без применения SOA можно поделить на данные категории:

- Волокно со смещенной дисперсией/высокое нелинейное волокно (*Dispersion Shifted Fiber/High Nonlinear Fiber*).
- Конфигурация волновода (*Waveguide Configuration*).
- Циркулятор (*Circulator*).
- Оптический фильтр отбрасывания каналов (*Optical Channel-Dropping Filter*).

- Многослойный волновод (*Multilayer Waveguide*).
- Оптический тиристор с двойной гетероструктурой (*Double Heterostructure Optical Thyristor*).
- Акустооптический настраиваемый фильтр (*Acousto Optical Tunable Filter*).

В свою очередь оптические логические элементы на базе SOA делятся на:

- Ультранелинейный интерферометр (*Ultranonlinear Interferometer*).
- Интерферометр Саньяка (*Sagnac Interferometer (SI) Gates*).
- Интерферометр Майкельсона (*Michelson Interferometer (MI) Gates*).
- Конфигурация интерферометра Маха-Цендера (*Mach-Zehnder Interferometer (MZI) Configuration*).
- Интерферометр с задержкой (*Delayed Interferometer (DI) Gates*).

Все эти вариации исполнения оптических логических элементов отличаются друг от друга. Не все основные типы логических элементов исполнены в каждой категории (табл. 1, 2).

ТАБЛИЦА 1. Сравнение оптических логических элементов, не использующих SOA

Reported gates category	Reported gates	Contrast ratio/extinction ratio	Operating speed	Modulation type	Nonlinear element	Polarization sensitivity	Integration capacity
HNLF/DSF	XOR/OR/NOT/ AND/NXOR/ NOR/XNOR	20/24.25/30/1 6.5 dB	40 G/10 Gb/s	FWM/XPM /SPM/NPR	DSF/ HNLF- DSF/ DSF	More	Bad
Waveguide configuration	XOR/NOR/ NOT/NAND/ AND	30/20 dB	40 G/100 Mb/s	FWM/TFA	FP Chip/ waveguide	More	Moderate
Circulator	NOR/NOT	—	10 Gb/s	Gain modulation	FP-LD	More	Moderate
Optical channel-Dropping filter	AND/OR	—	—	Dark-bright solitons	OCDF	No	Moderate
Multibranch waveguide	AND/OR	—	—	Localized optical non-linearity	Multibranch non-linear media	More	Compact
Double heterostructure optical thyristor	AND/OR	50 dB	—	—	VCL-DOT	No	Compact
AOTF	AND/OR	—	300 Gb/s	SPM	AOTF	More	Compact

ТАБЛИЦА 2. Сравнение оптических логических элементов, использующих SOA

Reported gates category	Reported gates	Extinction ratio (dB)	Operating speed (Gb/s)	Modulation type	Nonlinear element	Polarization sensitivity	Integration capacity
UNI copropagating	XOR/AND/NOR/ OR/NOT/ XNOR/NAND	8/10/11	5/10/20/40	XGM, FWM	SOA	More	Compact

UNI counterpropagating	AND/NOR/OR/X NOR	6.5	10	XGM, FWM	SOA	More	Compact
Sagnac interferometer	XOR/NOT/AND/ OR	21.12/14.7/22	10/40/100	XGM	SOA	No	Moderate
Michelson Interferometer	XOR	11	10	XGM	SOA	No	Compact
MZI configuration	XOR/XNOR/AND /NAND/OR/ NOR	15/18/30	10/20/40/80	XGM, XPM	SOA	No	Compact
MZI Push-pull Configuration	XOR/OR	7.8/11/12	10/20/40	XGM, XPM	SOA	No	Moderate
MZI counter Propagating	XOR/NOR/ XNOR	8/9.22/30	10/40	XGM, XPM	SOA	No	Compact
DI configuration	OR/NOR/ XOR	13.9	40	XGM, XPM	SOA	No	Moderate

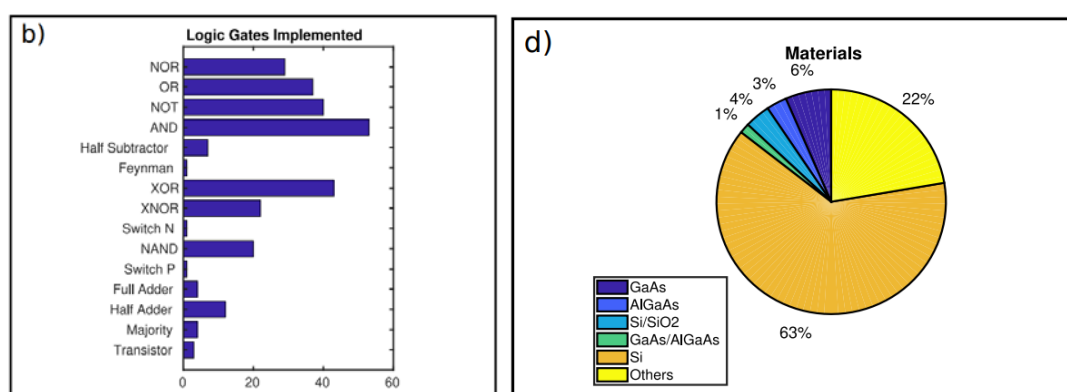


Рис. 2. Статистика типов и материалов исполнения разработанных элементов

Если посмотреть статистику исследований и прототипов оптических логических элементов, то можно заметить, что больше всего прототипов сделано для элементов И, исключаящее ИЛИ, НЕ, ИЛИ, отрицающее ИЛИ. Связано это с тем, что данные элементы проще в реализации и более востребованы по сравнению с остальными. Также в статистке можно увидеть, на базе каких материалов создаются такие элементы (рис. 2). Так на первом месте по частоте использования стоит Si кремний с огромным отрывом, после него по популярности идет GaAs (Арсенид галия) и AlGaAs (Арсенид алюминия-галия). Связано это также с сложностью работы с материалами и относительно недавнем появлении данных материалов в этой отрасли [4].

Полностью оптические логические элементы различных конструкций имеют свою полезность, но все же конкурентами являются их цифровые аналоги, которые компактны и просты в подключении. Если говорить о скорости, лидируют оптические элементы, но в случае коэффициента ослабления (ER) цифровые по-прежнему превосходят. В разных конструкциях для



создания модуляций используются разные нелинейные элементы. В таблицах 1 и 2 различные конструкции сравниваются в соответствии с поляризационной чувствительностью и интегрирующей способностью.

Некоторые конфигурации оптических элементов, таких как HNLF/DSF, интерферометр Саньяка и интерферометр задержки, больше по размеру, что делает их неудобными по сравнению с цифровыми аналогами. Известно, что некоторые элементы, использующие циркуляторы, оптические фильтры с пропуском канала, тиристор и акустический настраиваемый фильтр, имеют меньшее количество реализованных логических элементов, но все же они компактны по размеру. Конструкция структуры волновода с параллельным распространением MZI позволяет реализовать все основные типы логических элементов с высокой скоростью работы и хорошим коэффициентом затухания, что делает их более предпочтительней других [1].

#### Список использованных источников

1. Sousa, J. R. R., Filho, A. F. G. F., Ferreira, A. C., Batista, G. S., Sobrinho, C. S., Bastos, A. M., Lyra, M. L., Sombra, A. S. B.: Generation of logic gates based on a photonic crystal fiber Michelson interferometer. *Opt. Commun.* 322, 143–149 (2014).
2. Jasim, M. A., Aldalbahi, A.: Design of XOR photonic gate using highly nonlinear fiber. *Elect.* 8, 1–11 (2019).
3. Pashamehr, A., Zavvari, M., Alipour-Banaei, H.: All-optical AND/OR/NOT logic gates based on photonic crystal ring resonators. *Front. Opto-Elect.* 9, 578–584 (2016).
4. Luis E. Pedraza Caballero and Omar P. Vilela Neto. A Review on Photonic Crystal Logic Gates, *Journal of Integrated Circuits and Systems*, vol. 16, n. 1, 2021.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук, доцентом Дюбовым А. С.*

**УДК 004.716**

**В. В. Жаворонкова, Д. Д. Костылева, В. А. Лошкарев,  
А. И. Хорахордин** (студенты, СПбГУТ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ТЕХНОЛОГИИ LI-FI**

*В данной работе рассмотрены требования к системам связи в видимом свете на примере технологии Li-Fi. Исследованы стандарты IEEE 802.3, IEEE 802.11 и IEEE 802.15.7, касающиеся функционирования сети, ее частотных диапазонов и скоростей передачи данных. Сделаны выводы об использовании данной технологии для реализации систем локальных сетей и сетей абонентского доступа.*

*VLC, Li-Fi, физический уровень, РНУ.*

## Введение

Термин Li-Fi был придуман немецким физиком Харальдом Хаасом (*Harald Haas*) в 2011 году. Он выдвинул идею, что лампочки можно будет использовать в качестве беспроводных маршрутизаторов. Li-Fi использует свет для отправки данных, преобразуя электрический сигнал в ИК луч и на обратной стороне процедура повторяется в обратном порядке.

Максимальная скорость, определенная в стандарте IEEE 802.15.7, составляет 96 Мбит/с. Однако из-за прекращения работы рабочей группы этого стандарта, повышение скорости на данный момент не предвидится.

На данный момент разработкой и стандартизацией Li-Fi ведется рабочей группой IEEE 802.11bb, которая работает над улучшением эффективности модуляции сигнала и предлагают использование различные стеки протоколов для добавления модели каналов и защиты от интерференции.

## 1 Принципы функционирования технологии Li-Fi

В основе принципа работы системы лежит передача данных через световой канал – будь это видимый спектр света, или инфракрасное излучение. В общем случае канал связи организовывается между передатчиком (источником света или излучения) и фотодетектором. Скорость передачи данных будет полностью зависеть от используемой технологии освещения и цифровой модуляции сигнала. В качестве технологий освещения в первую очередь представляют LED лампы (они же светодиоды), RGB лазеры и диоды (диоды инфракрасного излучения) [2].

В качестве основных LED ламп применяются голубые диоды с фосфорным напылением, галлия-нитридные микросветодиоды, RGB цветные лампы. Под цветными лазерами подразумеваются излучатели, оптоэлектронные компоненты, включающие в себя полупроводниковые лазерные диоды и лазерные модули со встроенными схемами управления.

Принцип работы инфракрасного излучения не сильно меняется. Мы все еще имеем передатчик и приемник, а также систему кодирования информации. Классическим методом передачи информации считается передача данных через инфракрасный порт – группу стандартов, описывающую протоколы передачи данных с использованием инфракрасного излучения (IrDA). Однако это далеко не единственный способ. Также имеется способ передачи данных при удаленном управлении устройством в пространстве, если речь идет об управлении НПА. Однако такой способ не будет являться эффективным при работе на дальних расстояниях из-за физических и оптических свойств среды и самого излучения. Голубые LED лампы состоят из синего светодиода высокой яркости с фосфористым покрытием, которое преобразует синий свет в желтый, которые при объединении показывают, свечение диода становится белым. На сегодняшний день это самый экономичный способ получения белого света, однако материал для преобразования цвета

люминофора замедляет частотный отклик, то есть более высокие частоты сильно ослабляются. Следовательно, полоса пропускания этого типа светодиодов находится только в области 2 МГц. Применение такого способа фильтрации света помогает достичь скорости передачи данных до 1 Гбит в секунду. Более продвинутые цветные RGB (красного, зеленого и синего) светодиоды освещения обеспечивают скорость передачи данных до 5 Гбит/с, поскольку в них белый свет получается путем смешивания базовых цветов вместо химического преобразования цвета. Были продемонстрированы скорости передачи данных с одним микросветодиодом 8 Гбит/с и было показано, что достижение 100 Гбит/с возможно с лазерным освещением.

## 2 Стандарт 802.15.7

В протоколе 802.15.7 определены физический уровень (PHY) и подуровень управления доступом к среде (MAC) для оптической беспроводной связи малой дальности (OWC) в оптически прозрачных средах с использованием длин волн света от 10 000 до 190 нм [1]. Стандарт способен обеспечивать скорость передачи данных, достаточную для поддержки мультимедийных аудио и видео сервисов, а также учитывает мобильность оптического канала, совместимость с различными световыми инфраструктурами, помехи из-за шума и помех от источников, таких как окружающий свет, и подуровень MAC, который учитывает уникальные потребности видимых каналов, а также других целевые длины волн света [7]. Он также может обеспечивать оптическую связь для камер, где передающие устройства включают источники света, а приемники представляют собой цифровые камеры с объективом и датчиком изображения. Стандарт соответствует применимым правилам безопасности для глаз.

Связь в видимом свете (VLC) – это новая технология, которая позволяет передавать данные в видимом свете между 400 и 800 ТГц. VLC рассматривается как дополнение и приемник радиочастотной (RF) связи, и он имеет ряд преимуществ по сравнению с ней. Первым преимуществом VLC является использование электромагнитной длины волны (от 430 до 770 ТГц), которая является свободным слотовым спектром, поскольку она не использовалась в качестве среды для передачи данных (бесплатная лицензия) [8]. Во-вторых, с помощью VLC светодиод, который обычно используется только для освещения, может одновременно использоваться для подключения одного или нескольких персональных компьютеров к источнику Интернета. В-третьих, VLC использует физические свойства световых волн, которые не способны проникать через большую часть твердого материала, следовательно, связь может поддерживаться только в одной комнате. Это может оптимизировать аспекты удобства пользователя и безопасности созданной сети. Кроме того, технология VLC, способная использоваться в закрытых помещениях, где радиочастотные линии связи не всегда могут

пробиться, например, в больнице, в свободной электромагнитной зоне или в салоне самолета.

### 3 Стандарт 802.11

В стандартизации Li-Fi, принимала участие группа разработки IEEE 802.11, основной деятельностью которой является Wi-Fi [4]. Группа внедряет свои стандарты в дополнение к радиочастотному спектру для положительного развертывания на массовом рынке. Один из таких форматов: OFDMA, который используется как в Wi-Fi, так и в Li-Fi. Таблица 1 иллюстрирует сравнение технологий Li-Fi и Wi-Fi.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение Wi-Fi и Li-Fi (ист. 6)

	Li-Fi	Wi-Fi
Тип связи	световой	радио
Стандарт IEEE	802.15.7	802.11
Функционирование	Li-Fi передает данные используя свет с помощью LED.	Wi-Fi передает данные с помощью радиоволн Wi-Fi маршрутизатора.
Препятствия	Не конфликтует с другими точками доступа.	Будут проблемы с помехами от близлежащих маршрутизаторов.
Достоинства (преимущества)	Появление шума маловероятно.	Большая вероятность появления шумов.
Конфиденциальность	В Li-Fi, свет блокируется стенами и, следовательно, обеспечивает более безопасную передачу данных.	В Wi-Fi радиочастотный сигнал не может быть заблокирован стенами и, следовательно, необходимо использовать методы для обеспечения безопасной передачи данных.
Скорость передачи данных	Около 1 Гбит/с	200 Мбит/с
Частота работы	193,1 ТГц	2,4 ГГц, 4,9 ГГц и 5 ГГц
Расстояние покрытия	Около 10 метров	Около 32 метров (WLAN 802.11 b / 11g), варьируются в зависимости от мощности передачи и типа антенн.
Системные компоненты	Модулятор, LED (лампа) и фотодетектор представляют собой	Точка доступа, роутер, наружные и внутренние антенны, сетевые адаптеры.

	Li-Fi	Wi-Fi
	полную систему Li-Fi.	

Скорее всего, полного вытеснения Wi-Fi технологией Light Fidelity не произойдет, обе эти технологии будут использоваться в комбинации друг с другом. Это обусловлено наличием проблем как с одной, так и, с другой стороны. Wi-Fi менее помехоустойчив и менее защищен, а Li-Fi, сложно применять на улице [3, 5].

## Заключение

Данный способ связи существенно расширяет границы возможностей передачи данных. На сегодняшний день активно проходят исследования касающиеся применения Li-Fi технологий в подводной сфере деятельности человека. К сожалению, по большей части все эксперименты являются закрытыми и доступа к их результатам практически нет. Опираясь на информацию в открытых источниках, был сделан вывод, что данная технология могла бы быть применена при создании систем автономного использования, а также в корпоративных сетях, где большое количество стационарных абонентских терминалов. Плюс также очевидное применение в системах опроса датчиков, где очень важна электромагнитная совместимость (Wi-Fi в этом плане плох, так как излучает радиоволны).

## Список использованных источников

1. IEEE 802.15: Целевая группа 7: Связь с помощью видимого света [Электронный ресурс] / Википедия. Свободная энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.15#Целевая\\_группа\\_7:\\_Связь\\_с\\_помощью\\_видимого\\_света](https://ru.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15#Целевая_группа_7:_Связь_с_помощью_видимого_света)
2. N. Serafimovski, V. Jungnickel, J. L. Qiang IEEE 802.11 Light Communication TIG [Электронный ресурс] / IEEE802. URL: [https://www.ieee802.org/11/Reports/lctig\\_update.htm](https://www.ieee802.org/11/Reports/lctig_update.htm)
3. IEEE 802.11-17/0962r2 : considering LiFi as complemAn overview on high speed optical wireless/light communications [Электронный ресурс] / Mentor, July 2017 URL: <https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/17/11-17-0962-02-00lc-an-overview-on-high-speed-optical-wireless-light-communications.pdf>
4. IEEE 802.11 : considering LiFi as complement to WiFi [Электронный ресурс] / The Techblog, July 2017. URL: <https://techblog.comsoc.org/2017/08/10/ieee-802-11-considering-lifi-as-complement-to-wifi/>
5. J. Lendino What is 802.11ac Wi-Fi, and how much faster than 802.11n is it? [Электронный ресурс] / Extremetech URL: <https://www.extremetech.com/computing/160837-what-is-802-11ac-and-how-much-faster-than-802-11n-is-it>
6. Wafa S. M. Elbasher , Amin B. A. Mustafa , Ashraf A. Osman A Comparison between Li-Fi, Wi-Fi, and Ethernet Standards [Электронный ресурс] / International Journal of Science and Research (IJSR). URL: <https://www.ijsr.net/archive/v4i12/NOV151778.pdf>

7. 802.15.7-2018 - IEEE Standard for Local and metropolitan area networks--Part 15.7: Short-Range Optical Wireless Communications [Электронный ресурс] / Revision of IEEE Std 802.15.7-2011. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8697198/metrics#metrics>

8. S. Fuada, T. Adiono, F. Ismail, E. Setiawan Prototyping the Li-Fi System Based on IEEE 802.15.7 PHY.II.1 Standard Compliance [Электронный ресурс] / Journal of Communications Vol. 15, No. 6, June 2020. URL: <http://www.jocm.us/upload-file/2020/0512/20200512052734537.pdf>

*Статья представлена научным руководителем,  
преподавателем Резниковым Б. К.*

**УДК 004.056.53**

**В. Г. Запека, С. С. Сысак** (студенты гр. ИКТВ-84, СПбГУТ)

## **МЕХАНИЗМЫ КОНТРОЛЯ ПРИВИЛЕГИРОВАННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ, УМЕНЬШАЮЩИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РИСКИ ОРГАНИЗАЦИИ**

*В данной статье рассматривается вопрос об уменьшении информационных рисков, основанный на механизмах контроля привилегированных пользователей с помощью специализированных систем. Показаны перспективы применения данных систем для крупного и среднего бизнеса.*

*привилегированные пользователи, контроль, информационные риски.*

Эффективная работа компании и ее конкурентоспособность непосредственно зависит от того, в какой степени защищены ее активы, поэтому информационная безопасность играет здесь определяющую роль. В последние несколько десятилетий подходы к ее обеспечению поменялись, возникла необходимость изучить новые подходы к обеспечению информационной безопасности и уменьшению рисков.

С целью обеспечения информационной безопасности в автоматизированных системах управления, построения эффективной системы защиты информации, мало обнаружить каналы утечки информации, провести анализ возможных угроз, последствия их реализации и оценить потери. Следует хорошо представлять образ нарушителя и выяснить причины деструктивных действий. Нарушителями в рамках этой статьи являются привилегированные пользователи.

Чтобы понять, кого необходимо контролировать, ознакомимся с понятием «привилегированный пользователь».

Привилегированный пользователь – пользователь, обладающий расширенными правами доступа к системе, называемый администратором или root. Он может иметь права на доступ к любому файлу и на выполнение любой программы.

Причинами деструктивных действий привилегированного пользователя могут быть:

– Финансовые мотивы. Внутренние пользователи по финансовым причинам могут красть конфиденциальную информацию с целью продажи их заинтересованным третьим лицам.

– Любопытство или желание доказать, на что он способны. Не все внутренние пользователи считают свои действия «вредоносными». Многие расценивают их как брошенный вызов – возможность продемонстрировать свой опыт, терпение, а также сочетание стратегического и тактического мышления.

– Мечь. Некоторые сотрудники могут инициировать атаки, подталкиваемые жадной мести, испытывая враждебные чувства по отношению к своим коллегам, а не к целой организации. Действия таких людей в особенности неприятны и опасны, так как они хладнокровны и видят перед собой конкретную задачу. В эту группу чаще всего попадают бывшие сотрудники, считающие, что их уволили незаслуженно.

Однако реальные возможности нарушителя существенно определяются тем, как организована информационная безопасность: состоянием объекта защиты, наличием потенциальных каналов утечки информации, качеством средств защиты информации.

От степени надежности системы защиты информации зависят и возможные действия нарушителя для достижения своих целей. Он в любом случае прикладывает определенные усилия и тратит некоторые ресурсы, и, если степень информационной безопасности будет достаточно высока, его затраты будут соответственно велики, и он вероятнее бросит свою затею. Поэтому следует определять показатель эффективности системы защиты информации вероятностью обнаружения и своевременной реакцией на любой тип нарушения.

Опираясь на сказанное выше, возникают следующие возможные риски, сопряженные с неправомерными действиями привилегированных пользователей, указанными в таблице 1.

Кроме отчетов о подключении внешних привилегированных пользователей, значительную обеспокоенность вызывает необходимость выдачи реальных административных паролей для целевой системы или даже класса систем (например, аккаунт root для Unix/Linux систем или аккаунт администратора для Windows Server) [1, 2].

Однако главной проблемой является то, что даже правильно настроенные отчеты на шлюзе удаленного доступа и на целевой системе, не способны сопоставлять одни данные с другими в режиме реального времени.

ТАБЛИЦА 1. Потенциальные неправомерные действия привилегированных пользователей

Привилегированные пользователи	Активы	Неправомерные действия
1. Системные администраторы. 2. Администраторы безопасности. 3. Руководители ИТ-службы.	Windows, Linux, Unix и мэйнфреймы	1. Чтение, копирование и изменение данных. 2. Изменение настроек безопасности. 3. Создание и удаление учетных записей. 4. Разрешение и запрет общего доступа к файлам. 5. Запуск программ.
1. Администраторы безопасности. 2. Руководители ИТ-службы.	Каталоги служб	1. Чтение, копирование и изменение данных пользователей. 2. Добавление и удаление пользователей. 3. Изменение полномочий пользователей. 4. Разрешение удаленного доступа.
1. Администраторы приложений. 2. Разработчики приложений. 3. Веб-мастера 4. Внештатные разработчики.	Уровни приложений	1. УЗ для обслуживания. 2. Файлы конфигурации 3. Выполнение приложений под указанной учетной записью. 4. Подключение к БД.
1. Администраторы БД. 2. Разработчики приложений. 3. Администраторы приложений. 4. Внештатные разработчики.	Базы данных	1. Чтение и изменение строк БД. 2. Доступ к транзакционным данным. 3. Изменение конфигурации и схемы БД. 4. Добавление и изменение хранимых процедур.
1. Сетевые администраторы. 2. Администраторы безопасности.	Устройства защиты сети	1. Изменение настроек. 2. Изменение политик безопасности и качества обслуживания. 3. Разрешение и запрет доступа к сети. 4. Доступ к каналам данных. 5. Включение и выключение мониторинга.
1. Системные администраторы. 2. Операторы резервного копирования. 3. Сетевые администраторы.	Инфраструктура резервного копирования и обслуживания.	1. Потеря каталога резервного копирования и потеря сохраненных данных. 2. Нарушение целостности данных.



Зная информацию о всех происходящих подключениях к сети (отчет о соединении) или даже какие команды выполнялись в течение сессии, нет возможности оперативно посмотреть действия пользователя на целевой системе, т. к. администратор может скрыть следы нахождения в системе, и наоборот, по отчетам целевой системы нельзя вычислить пользователя и место подключения. По итогу может получиться несколько типов отчетов, которые необходимо будет сравнивать друг с другом.

Сопоставление полученных данных из нескольких отчетов в любом случае непростая задача. Данных процесс может сопровождаться некоторыми проблемами: время в системах может быть не синхронизировано, при огромном потоке данных отчеты становятся слишком объемными. Анализ логов вручную затягивается, и поэтому практически не используется при анализе действий пользователей.

В связи с вероятными рисками и трудоёмкостью проверки отчетности целесообразно применять системы контроля привилегированных пользователей и ряд других организационных и технических мероприятий, снижающих вероятность возникновения уязвимостей.

Системы контроля привилегированных пользователей (СКПрП) предназначены для централизованного управления учетными записями, паролями, правами доступа к информации и другими атрибутами в информационных системах. Это позволяет автоматизировать процессы управления правами, снизить риски информационной безопасности и оптимизировать затраты на администрирование ИТ-инфраструктуры.

Данная система предоставляет отчетность обо всех учетных записях и правах доступа привилегированных пользователей компании в интегрированных с системой КПрП информационных системах.

Данные системы выгодны руководству и привилегированным пользователям крупных организаций по нескольким причинам:

1) По результатам внутренней проверки можно однозначно указать, кто совершил ошибку и предъявить объективные доказательства не только техническим специалистам, но и остальным сотрудникам.

2) Данные системы повысят уровень ответственности администраторов различных систем, т. к. они будут знать, что производимые ими действия записываются в журнал событий.

3) Привилегированные пользователи смогут доказать свою невиновность, если при разборе конфликтной ситуации выяснится, что они все делали верно и в соответствии с нормативными документами.

Кроме того, привилегированные пользователи не смогут войти в систему со стороннего компьютера. Этому мешает контроль со стороны системы безопасности за исполнением требований политики и правил «раздачи» IP-адресов и регистрации компьютеров в AD.

Также в данных системах реализована от некоторых команд, при вводе которых система разрывает соединение и не дает ее выполнить. К таким командам, например, относятся команды создания пользователя в Cisco или Unix-сервере.

Такие системы позволяют выявить недостатки сопроводительной документации, инструкций. В них ведется протоколирование действий и сокращается время разбора инцидентов (не более 1 часа).

Тем не менее, такое решение достаточно дорогостоящее, поэтому перед применением системы следует хорошо оценить ее необходимость (данные системы являются отличным решением для организаций с большой ИТ-инфраструктурой). Также, прежде чем внедрять выбранную систему контроля привилегированных пользователей необходимо проверить ее на соответствие требованиям РОС (*Proof of Concept* – Проверка Концепции).

#### Список использованных источников

1. Прозоровский А. Управление привилегированными учетными записями [Электронный ресурс] // Информационное агентство bankir.ru: [сайт]. URL: <http://bankir.ru/publikacii/20140407/upravlenie-privilegirovannymi-uchetnymi-zapisyami-10004868/> (дата обращения 02.06.2022).

2. Стонеф Крис Общие сведения об управлении паролями привилегированных учетных записей [Электронный ресурс] // TechNet: сетевой журн. 2008. Сентябрь. URL: <https://technet.microsoft.com/ru-ru/magazine/2008.09.passwords.aspx> (дата обращения 05.06.2022).

*Статья представлена научным руководителем,  
ассистентом кафедры Редругиной Н. М.*

**УДК 004.056.53**

**В. Г. Запека, С. С. Сысак** (студенты гр. ИКТВ-84, СПбГУТ)

### **ОЦЕНКА РИСКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕМ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ**

*Нынешнее правовое и методологическое обеспечение информационной безопасности в оптоволоконной связи в основном включает военные и государственные структуры, не затрагивая личность и предпринимательство. Поскольку трафик через такие сети всегда конфиденциален, необходимо уделить должное внимание оценке рисков безопасности в компании, использующей оптоволоконные сети.*

*оценка рисков, оптоволокно, информационная безопасность, конфиденциальность.*

Инфраструктура оптических кабелей объекта информатизации включает в себя несколько типов сетей: локальную, телефонную связь, кабельное телевидение, системы видеонаблюдения, различные измерительные системы. Трафик, передаваемый по кабелю, является конфиденциальным и важным для функционирования объекта любого типа сети. Этот трафик может подвергаться таким опасностям, как нарушение конфиденциальности, целостности и доступности.

Конфиденциальным является как внутренний, так и внешний трафик, а также информация с ограниченным доступом в объекте информатизации, которая циркулирует в форме разговоров сотрудников или различных звуков оборудования.

Из этого следует, что информация, передаваемая по линиям оптоволоконной связи (далее – ВОЛС), подвергается двум основным угрозам безопасности:

- 1) Угроза перехвата трафика.
- 2) Угроза перехвата речевой информации.

Информация на предприятии может быть перехвачена, изменена или удалена при подключении к ВОЛС, что впоследствии принесет предприятию немалые денежные убытки.

Службе безопасности предприятия очень важно оценивать риски информационной безопасности. Эта оценка поможет проанализировать правильность выбранных методов защиты с экономической точки зрения.

Управление рисками – это последовательность согласованных действий для руководства и контроля компании в ситуации, связанной с риском. Оно также включает в себя систематическое выявление и оценку рисков, принятие необходимых мер и передачу информации о рисках всем сотрудникам компании.

Анализ рисков является обязательным требованием стандарта СТО-БР ИББС для обеспечения информационной безопасности в банковском секторе. При сертификации в соответствии с ISO/IEC 27001 эта процедура также необходима [1].

Наиболее известные методы оценки: качественный и количественный анализ.

Суть качественного анализа рисков заключается в оценке экспертами значений риска. Этот метод используется, когда сам риск не может быть измерен количественно и математически описан.

Количественный анализ может проводиться аналитически или графически. Он включает в себя численное определение размера отдельных рисков и риска проекта в целом. Количественная оценка рисков позволяет четко рассчитать и аргументировать инвестиции в безопасность, но это чрезвычайно трудоемко [2].

Экспертная оценка часто используется как качественный метод оценки риска информационной безопасности. Метод экспертных оценок риска – это

метод прогнозирования и анализа рисков, основанных на выводах опытных экспертов, ранее уже реализующих проекты.

Рассмотрим некоторые из существующих видов такой оценки, а также их методологию [3].

Первая группа экспертных оценок – это индивидуальные оценки. Данная группа включает в себя следующие методы.

1) Интервью. Эксперт и опрашиваемый находятся в непосредственном контакте. Необходимая информация извлекается в ходе беседы.

2) Анкетный опрос. Эксперту предлагается заполнить анкету, содержащую ряд вопросов, каждый из которых логически связан с центральной задачей исследования.

3) Аналитический метод. Эксперт проводит логический анализ какой-либо прогнозной ситуации, и результатом его деятельности является аналитическая докладная записка.

Вторая группа экспертных оценок – коллективные оценки. В эту группу входят следующие методы.

1) «Мозговой штурм». Метод является очень эффективной технологией генерирования новаторских идей. Отбирается группа квалифицированных экспертов, но оценки и выводы делаются в ходе заседания. Все эксперты делятся на две группы: первая генерирует идеи (выставляет оценки), а вторая – их анализирует.

2) Метод векторов предпочтений. Применяется, когда необходимо провести ранжирование объектов. Эксперт анализирует каждый из рассматриваемых объектов и выбирает предпочтительный в форме ранжирования.

3) Метод Дельфи. Последовательное анкетирование мнений экспертов по интересующей организаторов экспертизе проблеме. Метод предполагает серию опросов экспертов, не имеющих возможности вступать друг с другом в непосредственный контакт и получающих информацию о заключениях других лишь по их письменным отчетам. После чего определяется степень согласованности экспертов.

4) Дискуссия. Проводится как открытое коллективное обсуждение рассматриваемой проблемы, основной задачей которого является всесторонний анализ всех факторов, положительных и отрицательных последствий, выявление позиций участников.

К эксперту предъявляются следующие требования:

- 1) Стаж.
- 2) Креативность.
- 3) Эвристичность.
- 4) Интуиция.
- 5) Предикативность.
- 6) Независимость.
- 7) Всесторонность [4].

Проведя анализ методов экспертной оценки, можно сделать вывод о том, что так как сфера защиты волоконно-оптических коммуникаций пока не развита, то сложно будет остановиться на мнении одного эксперта, поэтому остановимся на выборе коллективной оценки. А именно на методе Делфи, так как такой опрос не требует личного присутствия эксперта, можно использовать электронную почту, а также нет доминирования мнения одного из экспертов.

Приведем пример анкеты для экспертов – определение вероятности реализации угрозы (табл. 1).

Угрозы:

- 1) Перехват трафика контактным методом с разрывом ОК.
- 2) Перехват трафика контактным методом с прямым доступом к ОК.
- 3) Перехват трафика контактным методом оптического туннелирования.
- 4) Перехват трафика дистанционным методом на основе параметрических методов.
- 5) Перехват трафика дистанционным методом путем регистрации побочных излучений.
- 6) Изменение параметров ОВ.
- 7) Перехват речевой информации в действующем ОК.
- 8) Перехват речевой информации в недействующем ОК.

Такая анкета выглядит следующим образом, где 1–8 соответствующие угрозы, описанные ранее:

ТАБЛИЦА 1. Пример анкеты экспертной оценки

Эксперты	Угрозы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Петров П. П.								
Сидоров С. С.								
...								

Эксперт оценивает вероятность реализации угроз на конкретном рассматриваемом объекте. Возможные варианты ответа:

- вероятность реализации угрозы высокая,
- вероятность реализации угрозы средняя,
- вероятность реализации угрозы низкая.

После этого проводится анализ всех оценок экспертов с целью выделения среднего и крайних значений оценок. Экспертам сообщаются результаты обработки первого тура опроса с указанием расположения оценок каждого эксперта. Если оценка эксперта сильно отклоняется от среднего значения, то его просят аргументировать свое мнение или изменить оценку.

После чего процедура повторяется [1]. Таким же образом проводятся последующие туры.

Таким образом, для оценки рисков организации целесообразно выбирать экспертную оценку, так как она обеспечивает наглядность и не требует больших затрат на организацию и проведение. Экспертные оценки помогут выявить наиболее вероятные угрозы системы информационной безопасности, касательно ВОЛС. На их основании можно сделать вывод о том, чему стоит уделить особое внимание и какие угрозы необходимо минимизировать в первую очередь.

#### Список использованных источников

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования. М. : Стандартинформ, 2008. 31 с. URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=129018> (дата обращения: 25.05.2022).

2. Зайцева Н. М. Количественный анализ информационных рисков // Материалы VI межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России» 14 мая 2015 года. СПб. : ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2015. 472 с.

3. Лукичёва Л. И., Егорычев Д. Н., Анискина Ю. П. Управленческие решения : учебник по специальности «Менеджмент организации». 4-е изд., стер. М. : Издательство «Омега-Л», 2009. 383 с.

4. Лаптева Н. А., Морозова Т. Ф. Оценка рисков при реализации инвестиционно-строительного проекта на примере бизнес-центра // Magazine of civil engineering. 2011. No 2. С. 48–51.

*Статья представлена научным руководителем,  
ассистентом кафедры Редругиной Н. М.*

**УДК 004.384**

**Р. В. Киричек** (д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой ПИиВТ, СПбГУТ)  
**Д. В. Маршев** (студент гр. ИКТ -15, СПбГУТ)

### **СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ»: ЭЛЕМЕНТЫ И ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ НА РЫНКЕ РОССИИ**

*Работа посвящена рассмотрению устройств системы «Умный дом» в России. В настоящее время на рынке России представлены разнообразные устройства, которые могут быть включены в систему умного дома. В работе представлена классификация устройств в зависимости от выполняемой функции, а также обзор наиболее популярных у заказчиков в России систем умного дома, их производители и стоимость элементов комплекта. Подробно рассматриваются функции системы безопасности,*

которые являются наиболее востребованными элементами системы умного дома среди заказчиков в России.

«Умный дом», производители системы «Умный дом», умные устройства.

В настоящее время система «умный дом» (УД) может включать в себя элементы умной бытовой техники, системы безопасности, системы управления и связи, домашние развлекательные системы, системы управления энергопотреблением, светом и созданием комфортной среды. Все элементы системы УД подключены к интернету проводным или беспроводным способом, и важным элементом является наличие возможности дистанционно отслеживать и управлять деятельностью отдельных устройств и системы в целом. Управление системой УД может осуществляться удалённо через интернет, смартфон, компьютер или через встраиваемые панели.

Согласно отчету, подготовленному НТЦ ФГУП «Главный радиочастотный центр» на основе материалов портала Statista, в 2020 г. в России насчитывалось 3 млн умных домов, что составила около 18 % от всех домохозяйств, при этом комплексные системы УД установлены лишь в 4 % домов [1]. В настоящее время россияне предпочитают установку отдельных умных компонентов.

Цель исследования заключается в попытке провести анализ устройств системы УД, представленных на рынке России. Актуальность работы обусловлена текущей ситуацией на рынке устройств УД, когда зарубежные производители покидают рынок России. В связи с этим были поставлены и решены следующие задачи: изучить и предложить классификацию устройств системы УД на основе выполняемой функции, а также сделать анализ устройств и их стоимости от основных производителей систем УД.

В таблице 1 представлена классификация устройств УД на основе выполняемой функции.

ТАБЛИЦА 1. Классификация устройств УД на основе функции

Функция	Устройства
<b>Безопасность (личная и инженерная)</b> Устройства с цифровым подключением и управлением для предотвращения краж и других проблем безопасности	Контроль доступа: Датчики движения, открытия, удара и наклона. Видеонаблюдение (внутренне, внешнее): видеорегистратор, камеры видеонаблюдения. Устройства предотвращения опасностей (защита от пожара, защита от протечек, защита от утечки газа): датчики воды или дыма. Дверные замки: умный замок.

Функция	Устройства
<b>Энергоэффективность</b> Устройства с цифровым подключением и управлением для энергосбережения: управление отоплением (электрическое или водяное), управление кондиционированием воздуха, управление вытяжкой и вентиляцией, управление теплым полом (электрическим и водяным)	Термостаты, элементы управления радиаторами, датчики температуры/ветра/ влажности и др., кондиционеры, увлажнители и осушители воздуха, ионизаторы, очистители воздуха, теплые полы
<b>Комфорт и освещение</b> Устройства с цифровым подключением и управлением для улучшения жилой атмосферы	Управление освещением: интеллектуальное освещение/лампочки, датчики на окна/двери, устройства затемнения. Устройства управления гаражными Воротами.
<b>Умная бытовая техника</b>	Крупная бытовая техника: холодильники, стиральные машины, посудомоечные машины, духовки. Мелкая бытовая техника: кофеварки, пылесосы, роботы-косилки, микроволновые печи и пр.
<b>Домашние развлекательные системы</b> Подключенные и управляемые устройства для развлекательных целей	Мультирумные развлекательные системы: стереосистема, домашний кинотеатр, аудиоплеер и т. п. Пульты дистанционного управления.
<b>Управление и связь</b> Шлюзы/хабы, способные управлять устройствами всех сегментов	Умные колонки с упором на управление и цифровые помощники. Управление электроприборами: «умные» розетки, «умные» реле включения и выключения. «умных» автоматических выключателей.

В таблице 2 представлены основные производители систем УД [2, 3, 4, 5, 6], в настоящее время представленные на рынке России, устройства систем и их примерная стоимость.

- «Умный» дом *Xiaomi* – одно из самых известных решений на рынке России. Китайская компания, образованная в 2010, в конце 2014 года представила систему домашней автоматизации, состоящую из умной розетки (*Mi Smart Power Plug*), камеры наблюдения (*Yi Camera*), умной лам-



почки (*Yeelight LED*) и инфракрасного блока управления бытовой техникой (*IR Remote Controller*). Сейчас у компании большое количество датчиков и других устройств, которые работают в едином приложении, а также умеют взаимодействовать с «умными» домами других производителей.

ТАБЛИЦА 2. Сравнительная таблица стоимости устройств системы УД

Производитель	Пример устройства и стоимость
<i>Xiaomi</i>	Управляющий хаб Xiaomi Aqara Hub – от Р 3000 Датчик движения Xiaomi Motion Sensor Mi – от Р 800 Датчик протечки воды Xiaomi Aqara Flood Sensor – от Р 1000 Датчик утечки газа Xiaomi Mi Honeywell – от Р 2700 «Умная» розетка Xiaomi Smart Plug – от Р 1100 «Умная» лампочка Xiaomi Mi Smart LED Bulb Essential – от Р 1500 «Умный» ночник Xiaomi Mi Bed Lamp 2 – от Р 3000 Робот-пылесос Xiaomi – от Р 15000
«Яндекс»	«Умная» лампочка Яндекса – от Р 1400 «Умный» пульт Яндекса – от Р 1300 Яндекс.Станция Мини – от Р 5000 «Умная» розетка Яндекса – Р 1200
<i>Rubetek</i>	Датчик дыма KR-SD02 – от Р 1500 Датчик температуры и влажности RC-3602 – от Р 2000 Лампа с датчиком движения и освещенности – от Р 620 Датчик протечки воды RS-3222 – от Р 1 600 Датчик движения RS-3203 – от Р 1300 «Умные» лампочки – от Р 2000 Сетевой фильтр с Wi-Fi RE-3310 – от Р 3700
«Ростелеком»	Базовый комплект (датчик открытия, управляющий хаб, датчик движения 3-в-1) – Р 11600 Расширенный комплект № 1 (датчик открытия, управляющий хаб, датчик движения 3-в-1, датчик дыма, датчик протечки) – Р 17000 Расширенный комплект № 2 (датчик открытия, управляющий хаб, датчик движения 3-в-1, «умная» лампочка, «умная» розетка) – Р 17000
<i>PS-Link</i>	Охрана PS-1201 и выше (1209): Комплект смарт датчиков и сирены PS-1201 – от Р 2500 Охрана и контроль PS-1208 – от Р 3500 (датчик движения, открытия, утечки воды) Управление и контроль подачи воды PS-3203 – от Р 10000 (смарт датчик утечки воды, смарт манипулятор) Освещение для квартиры-студии PS-2301 – от Р 5000

▪ В «умный» дом «Яндекса» входят всего четыре устройства, которые являются официальными устройствами «Яндекса», однако, голосовой помощник Алиса может поддерживать множество других устройств сторонних производителей.

▪ *Rubetek* – это российский разработчик и производитель системы «умного дома», работающий на рынке УД с 2013 года. Основные категории устройств, которые можно интегрировать в систему *Rubetek* – это освещение, устройства по защите безопасности, бытовые и климатические приборы.

▪ «Ростелеком» в 2018 год запустил первую систему безопасности, назвав ее «Умный дом» Ростелеком. Комплект безопасности включают в себя контроллер и датчики: движения, открытия, задымления, протечки. Пользователь может добавить: видеокамеру; голосового помощника «Марусю»; умные розетки и лампочки; управляемую бытовую технику *Redmond*.

▪ *PS-Link* – компания, основанная в 2009, российский разработчик и производитель современных систем и камер видеонаблюдения, также предлагает системы умного дома. *Tuya Smart life* позволяет удалённо управлять онлайн *Wi-Fi* камерами, замками, охранной системой, различными датчиками, розетками, выключателями.

Можно сделать вывод, что наиболее востребованными элементами системы УД, которые устанавливают россияне, является система безопасности, направленная на обеспечение как инженерной, так и личной безопасности. Среди элементов инженерной безопасности присутствуют устройства для защиты от протечек воды и/или утечки газа; от пожара, возгорания; автоматическое включение/выключение энергоснабжения; системы пожаротушения; автоматическое включение сигнализации и вызов экстренных служб; уведомление через приложение обо всех инцидентах; автоматический мониторинг домашних систем во время отсутствия.

Система личной безопасности призвана обеспечить контроль целостности периметра (двери, окна, ворота, ограждение); имитацию присутствия хозяев в помещении; возможность вызова службы охраны; удаленное получение картинки с любой камеры видеонаблюдения и запись архива; автоматизировать контроль доступа в помещение; освещение при наличии движения, управление защитными жалюзи; организовать видеонаблюдение за прилегающей территорией или отдельным помещением; создать необходимый комфорт и безопасность для обеспечения оптимального ухода за ребенком или пожилыми людьми.

Изучив представленные на рынке предложения по установке комплектов системы УД, можно выделить ряд существенных преимуществ установки системы УД:

✓ Позволяет добиться экономии финансовых средств, выделяемых на оплату электроэнергии, газа, воды.

✓ Значительное повышение уровня комфорта и безопасности.

Также, установка системы УД уже перестала быть предметом роскоши, т.к. возможно установить достаточно бюджетные комплекты, покрывающие базовые потребности, начиная от 20 тысяч рублей. Выбор элементов системы УД основывается, в первую очередь, на запросах заказчика. В этом случае цена комплекта УД может достигать 1 млн от рублей и более.

#### Список использованных источников

1. Корешкова Т. Рынок технологий Умного дома 2021 г. [Электронный ресурс] // URL: [https://rdc.grfc.ru/2022/02/smart\\_home\\_market/](https://rdc.grfc.ru/2022/02/smart_home_market/) (дата обращения: 26.04.2022).
2. Умный дом Xiaomi Smart Home [Электронный ресурс] // URL: <https://xiaomi-smarhome.ru/> (дата обращения: 01.05.2022).
3. Умный дом Яндекса: какие устройства он включает и во сколько все обойдется. [Электронный ресурс] // URL: <https://trashbox.ru/link/yandex-smart-home-guide> (дата обращения: 01.05.2022).
4. «Умный дом» Rubetek: подробный обзор. [Электронный ресурс] // URL: <https://xn--90aifdm6al.xn--p1ai/blog/umnyj-dom-rubetek-podrobnyj-obzor> (дата обращения: 01.05.2022).
5. Что такое Умный дом Ростелеком. [Электронный ресурс] // URL: <https://sankt-peterburg.ru-telecom.ru/smarthome> (дата обращения: 01.05.2022).
6. Какой лучше выбрать Умный дом? [Электронный ресурс] // URL: <https://ps-link.ru/blog/kakoj-luchshe-vybrat-umnyj-dom/> (дата обращения: 01.05.2022).

#### УДК 621.391.1

**В. Н. Коваленко** (ассистент каф. ССиПД, СПбГУТ),

**А. С. А. Мутханна** (канд. техн. наук, доцент каф. ССиПД, СПбГУТ)

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА БАЗОВУЮ СЕТЬ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА ГРАНИЦЕ С СЕТЬЮ РАДИОДОСТУПА

*В данной работе представлено сравнение трех облачных технологий: граничные Вычисления Множественного доступа, Туманные вычисления, а также технология Cloudlet. Описаны проблемы, возникающие в сетях нового поколения. Дано определение и описание функциональной архитектуры технологиям Граничных вычислений множественного доступа MEC, Туманных вычислений Fog Computing, а также технологии Cloudlet. Представлено сравнение трех технологий. Оценены возможные перспективы применения трех технологий по отдельности для перспективных направлений сетей связи 5G/IMT-2020 и сетей последующего поколения связи (сетей 2030 года).*

*MEC, Микро-облако, Мини-облако, Главное облако, Fog, Fog устройства, Fog сервер, Cloudlet.*

## Введение

С каждым годом количество устройств интернета вещей только увеличивается. Вместе с увеличением количества устройств интернета вещей увеличиваются и объемы генерируемого в сети трафика. С другой стороны, с развитием сетей пятого и последующего поколения возникают новые технологии, обладающие более высокими требованиями к задержкам передачи данных.

Современные центры обработки данных в ближайшем будущем не будут обладать достаточными возможностями для обработки большого объема пользовательских данных, при этом обеспечивая передачу данных с низкими значениями задержек. Для решения данных проблем можно воспользоваться следующими граничными технологиями Граничные Вычисления Множественного доступа (*Multi-access Edge Computing*) МЕС, Туманные вычисления Fog Computing, а также технология Cloudlet.

## Граничные вычисления множественного доступа (*Multi-access Edge Computing*)

Разработка концепции МЕС началась в 2014 году. За исследования в области концепции Граничных вычислений множественного доступа ответственно подразделение Европейского института стандартизации электросвязи (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*) – Industry Specification Group (ISG) [1].

Изначально концепция МЕС расшифровывалась Mobile Edge Computing (Мобильные Граничные Вычисления). Основная идея концепции заключалась в применении в сотовой сети возможностей вычислительных облаков, при этом размещая сами вычислительные облака на границе с сетью радиодоступа (RAN). Причиной изменения названия послужило то, что Европейским институтом стандартизации электросвязи была выявлена возможность применения технологии не только в мобильных, но и в других сетях с беспроводной связью.

Вычислительные облака в рамках концепции МЕС могут относиться к одному из следующих видов облаков: Микро-облако, Мини-облако, Главное облако [1]. Микро-облако обладает наименьшим количеством вычислительных и запоминающих ресурсов среди всех вычислительных облаков, однако располагается наиболее близко к пользователю по сравнению с остальными вычислительными облаками. Мини-облако обладает большими по сравнению с Микро-облаком ресурсами и располагается на следующем уровне сетевой архитектуры (после Микро-облака). Главное облако обладает самыми большими вычислительными и запоминающими ресурсами, однако данный вид облака располагается удаленно от устройств око-

нечных пользователей (первые два вида вычислительных облаков располагаются в непосредственной близости от границы с сетью радиодоступа, в то время как Главное облако размещается на удаленном сервере).

Вычислительные облака MEC первых двух типов, Микро и Мини-облака, могут быть размещены в одном из четырех мест:

1. При соединении с базовой станцией LTE (eNB).
2. В контроллере 3G/4G радиосетей (RNC).
3. При соединении с несколькими сайтами (несколько eNB), не связанных с одной базовой станцией.
4. Размещение вычислительного облака на границе с базовой сетью.

Структурно сетевая архитектура MEC состоит из 4 уровней: конечных устройств, сети доступа, граничной сети (Микро и Мини-облако) и базовой инфраструктуры.

Стоит отметить, что организация 5G-PPP рассматривает технологию Граничных вычислений множественного доступа в качестве одной из основных архитектурных концепций и технологий для развития сети следующего поколения, которая также будет выступать в качестве одного из наиболее важных факторов для применения приложений граничных технологий в сети 5G/IMT-2020.

### **Туманные Вычисления Fog Computing**

Туманные вычисления представляют собой децентрализованную структуру, обладающую возможностью реализации высокого уровня виртуализации вычислительной платформы [2]. При этом вычислительные и запоминающие ресурсы, данные, приложения размещаются между конечными пользовательскими устройствами и вычислительным облаком. Платформа вычислительного тумана Платформа вычислительного тумана может размещаться в непосредственной близости от границы с сетью радиодоступа, однако вычислительная платформа расположение не обязательно должно быть рядом с границей сети радиодоступа.

Термин Fog Computing впервые был употреблен в программной презентации сентября 2011 года вице-президентом компании Cisco Флавио Бономи. Флавио Бономи представил «Туманные вычисления» в качестве расширения возможностей технологий вычислительного облака до границы сети радиодоступа.

Основные особенности концепции Туманных вычислений:

1. Основа концепции: понятие «капли» – мини чипов или микроконтроллеров, обладающих определенными вычислительными и запоминающими ресурсами, интерфейсами передачи информации, средствами беспроводной связи.
2. В основе инфраструктуры – использование «капель» при формировании распределенной сетевой архитектуры для выполнения определенной

задачи (например, задачи по обработке трафика от мобильных устройств пользователей и сенсоров).

3. В качестве устройств («капель»), можно рассматривать устройства с возможностью предоставления сетевого подключения, такие как, например, компьютеры, смартфоны, ноутбуки, домашние шлюзы.

4. В качестве устройств, взаимодействующих с «каплями» – датчики Интернета Вещей, мобильные устройства пользователей.

5. За формирование кластера Fog может быть ответственен Fog сервер. Стандартизацией технологии Fog с 2015 года занимается OpenFog Consortium [2, 3]. Цели консорциума – формирование сетевой архитектуры и разработка методов практического применения концепции. Результаты – разработка эталонной модели формирования сетевой архитектуры для вычислительного тумана – OpenFog Reference Architecture (*OpenFog RA*).

Функциональная архитектура технологии Fog может быть представлена 4 уровнями:

1. Уровень пользовательских устройств и сенсоров.
2. Уровень Fog устройств.
3. Уровень Fog сервера, ответственного за формирования Fog кластера из устройств Fog.
4. Удаленный сервер.

## Cloudlet

Существует несколько определений Cloudlet [4].

В одном из них Cloudlet рассматривается в качестве небольшого облачного центра обработки данных, обладающего повышенной мобильностью и располагаемого на границе Интернета.

В соответствии с другим определением Cloudlet – вычислительный ресурс, доступный пользователям мобильных устройств в непосредственной близости от них и используемый для предоставления определенных услуг.

Cloudlet с одной точки зрения можно считать центром обработки данных в «коробке», цель которого – приблизить облако к оконечному пользователю. Основное назначение – поддержка ресурсоемких и интерактивных приложений для мобильных устройств пользователей благодаря предоставлению мощных вычислительных ресурсов конечным пользователям с меньшими значениями задержки передачи данных.

Термин «Cloudlet» был впервые введен М. Сатьянараянаном, Виктором Бахлом, Рамоном Касересом и Найджелом Дэвисом [4]. Другими названиями концепции «Cloudlet» являются облако «следуй за мной» и мобильное микрооблако.

Cloudlet логически представляет собой второй уровень трехуровневой архитектуры: мобильное устройство – Cloudlet – облако.

Коммерчески доступным Cloudlet стал в 2015 году. Стоит отметить, что в 2017 году Национальный институт стандартов и технологий опубликовал

проекты стандартов для концепции вычислительного тумана, в которых определил Cloudlet в качестве узла туманной архитектуры.

### Сравнение трех граничных технологий

В таблице 1 представлено сравнение трех рассматриваемых в данной статье технологий по 3 признакам: стандартизации, начале разработки, и основным устройствам.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение трех граничных технологий

	Cloudlet	Fog	MEC
Стандартизация	ETSI определяет облачные вычисления как узлы туманной архитектуры.	Стандартизация – OpenFog Consortium (с 2015 г.).	За стандартизацию MEC в ETSI ответственно подразделение ISG (IndustrySpecificationGroup)
Начало разработки	2009 г. (первое употребление термина)	2011 г.	В 2014 г.
Устройства	Микро-сервер	Компьютеры, смартфоны, ноутбуки,	Вычислительных облаков: Микро-облако, Мини-облако

ТАБЛИЦА 2. Сравнение эффективности применения трех граничных технологий для различных направлений развития сети 5G/IMT-2020 сетей последующего поколения связи

	Cloudlet	Fog	MEC
Нательные сети	Высокая	Высокая	Низкая
Дополненная реальность	Высокая	Высокая	Высокая
Распознавание лиц	Высокая	Высокая	Низкая
Видео и обработка речи	Высокая	Высокая	Высокая
Видео стриминг и анализ	Высокая	Высокая	Высокая
Беспилотный автотранспорт	Низкая	Высокая	Высокая
Интенсивные вычисления	Высокая	Высокая	Высокая
Сети энергоснабжения	Низкая	Высокая	Низкая
IoT и Беспроводные Сенсорные Сети	Высокая	Высокая	Высокая
Военная сфера	Высокая	Высокая	Низкая

Отличительные особенности каждой из трех технологий [4]:

1. В спецификациях MEC указано, что сервер MEC должен быть совмещен с базовой станцией сотовой сети.
2. Туманные серверы в основном независимы, но они также могут быть развернуты в инфраструктурах интернет-провайдеров, таких как шлюзы и маршрутизаторы.
3. Для Cloudlets нет конкретного оператора или поставщика.
4. Cloudlet представляют собой микроцентры обработки данных, связанные с мобильными услугами. Они могут быть организованы пользователями, поставщиками мобильных услуг, поставщиками приложений.
5. Туманные вычисления тесно связаны с Интернетом вещей.
6. Самые высокие расходы по обслуживанию инфраструктуры – у технологии MEC. Также у MEC серверов наименьшая плотность размещения серверов, наименьшее количество активных пользователей и наибольшая зона покрытия.
7. Самой высокой плотностью серверов обладает технология Cloudlet.
8. Наибольшим количеством активных пользователей могут обладать системы, организованные в рамках концепции вычислительного тумана.

## Заключение

В данной работе были рассмотрены технологии, применяемые на границе с сетью радио доступа: Граничные Вычисления Множественного доступа (*Multi-access Edge Computing*) MEC, Туманные вычисления Fog Computing, а также технология Cloudlet.

Представлено сравнение трех технологий по количеству активных пользователей, плотности размещения серверов, зоне покрытия, затратам на обслуживании. Оценены возможные перспективы применения трех технологий по отдельности для перспективных направлений сетей связи 5G/ИМТ-2020 и сетей последующего поколения связи (сетей 2030 года).

## Список использованных источников

1. Мутханна А. С., Атея А. А., Филимонова М. И. Исследование облачных вычислений в сотовых сетях // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5. № 3. С. 45-59.
2. Туманные вычисления. Fog computing. Что такое туманные вычисления и почему без них не построить никакого интернета вещей [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Туманные\\_вычисления\\_\(Fog\\_computing\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Туманные_вычисления_(Fog_computing))
3. OpenFog Reference Architecture for Fog Computing, OpenFog Consortium., February 2017.
4. Ahmet Cihat Baktir, Atay Ozgovde, Cem Ersoy, How Can Edge Computing Benefit from Software-Defined Networking: A Survey, Use Cases & Future Directions / IEEE Communications Surveys & Tutorials June 2017.



УДК 65.011.56

Д. А. Корнюшкин (аспирант каф. ИКС, СПбГУТ)

## СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

*В статье на примере типового промышленного предприятия рассмотрена система управления, позволяющая вести автоматизированный учет данных о функционировании объекта. Описаны задачи, решаемые в ходе автоматизации производственных процессов и основные функции, выполняемые системой. Рассмотрены информационные системы, обеспечивающие эффективное управление предприятием. В процессе написания данной статьи были проанализированы существующие подходы управления предприятием. В результате сделан вывод, что, качественная оценка эффективности современных автоматизированных систем управления промышленным предприятием необходима на всех этапах жизненного цикла. Применение проектного подхода позволяет оценить эффективность использования, как отдельных функций, так и всей системы в целом.*

*автоматизированные системы и автоматика, системы управления, информационные системы, эффективное производство.*

В настоящее время растет конкуренция между производственными предприятиями, обусловленная настоящей экономической ситуацией и повышением требований заказчиков. Это заставляет руководителей предприятий вносить существенные изменения в прежние подходы к управлению производством, чтобы соответствовать всем требованиям заказчиков, выпускать продукцию с высоким качеством. В современных реалиях предприятию необходимо заниматься оптимизацией и автоматизацией технологических процессов [1]. Это включает в себя модернизацию оборудования, повышение уровня знаний персонала, а также внедрение эффективных методов управления производственным процессом. Главной задачей предприятия является эффективность производства при минимизации затрат. Собственно, производство связано со снабжением, хранением, сбытом, логистикой. Системы типа ERP являются наиболее эффективными для управления производством. Они связывают в одно целое технологические и бизнес процессы управления производством. Для получения максимального эффекта от существующих на предприятии автоматизированных систем необходимо создание единого информационного пространства. С его помощью вышеперечисленные системы будут оперативно обмениваться данными. Без планирования поставок материалов и комплектующих, а также работы складских помещений и отслеживание логистических цепочек невозможна эффективная автоматизация производства.

Назначение различных систем управления, их функциональность и особенности применения.

В мире множество предприятий решают различные проблемы для обеспечения конкурентоспособного положения на рынке. Некоторые из них связаны с территориальной расположенностью производств. Другие страдают из-за разбалансировки внутренних процессов, отсутствия эффективного взаимодействия между отдельными подразделениями и невозможности получить объективную информацию о деятельности предприятия. Это влияет на снижение конкурентоспособности предприятия, увеличивает себестоимость продукции, ухудшение качества. Немаловажным аспектом деятельности предприятия является необходимость координировать собственную деятельность с поставщиками, покупателями продукции, перевозчиками. Не имея объективной картины работы предприятия, которая основана на достоверных экономических и производственных данных невозможно своевременно реагировать на меняющиеся потребности рынка. Исходя из вышесказанного следует, что ключевыми условиями в работе являются получение достоверной информации, ее интерпретация и умение использовать полученные данные для повышения эффективности производства [1].

В процессе написания данной статьи были проанализированы наиболее известные подходы и популярные современные технологии управления предприятием.

Неэффективными являются те методы и подходы к организации управления промышленным предприятием, которые во главу угла ставят снижение себестоимости продукции при достижении плановых показателей, что достигалось благодаря эффекту масштаба, массовости, они сейчас уже не жизнеспособны.

Анализ современных автоматизированных систем управления на предприятиях.

В две тысячи двадцать втором году на рынке программного обеспечения для крупных и средних промышленных предприятий в лидирующих позициях находятся ERP системы. Именно данные системы автоматизируют большинство функций управления и служат главным достоверным источником информации на предприятии (например: данные о состоянии запасов на складах, объеме незавершенного производства) [2].

Основные плюсы ERP-систем заключаются в следующем:

- контролирование и синхронизация различных процессов предприятия;
- стандартизация отчетов;
- увеличение функций по управлению;
- объединение с поставщиками/потребителями;
- безопасность данных;
- улучшение взаимодействий;

• контролирование видов деятельности, которые связаны между собой.

Сущность ERP-системы состоит из следующих основных частей:

- функциональная;
- методологическая;
- информационная.

В качестве мотивов, побуждающих к внедрению ERP-системы, выделяют следующие:

- экономия людских ресурсов;
- экономия оборотных средств;
- появление существенных экономических преимуществ по отношению к аналогичным производствам.

Функции ERP-систем.

Основной принцип, на котором базируется технология создания единой базы данных, в которой содержится вся корпоративная бизнес-информация, а также предоставляется функция одномоментного доступа неограниченного количества сотрудников производства, имеющих соответствующий уровень доступа. Изменение данных производится через функции (функциональные возможности) системы. При помощи функциональных возможностей системы производится корректировка в базе данных [2].

Основные функции системы управления бизнес-процессами компании:

- определение и ведение конструкторских спецификаций, определяющих состав производимых изделий;
- определение материальных ресурсов, необходимые для их изготовления;
- определение операций, необходимые для изготовления производимых изделий;
- формирование планов продаж изделий в натуральном объеме;
- формирование планов продаж изделий в денежном выражении;
- формирование производства изделий в соответствии с планом продаж;
- планирование потребностей в материалах, необходимых для изготовления производимых изделий;
- планирование потребностей в комплектующих необходимых для изготовления производимых изделий;
- планирование объемов поставок для выполнения плана производства изделий;
- управление запасами;
- планирование сроков поставок для выполнения плана производства изделий;
- управление закупками;
- ведение договоров, реализация централизованных закупок;

- обеспечение учёта запасов на складах и на самом производстве;
- обеспечение оптимизации запасов на складах и на самом производстве;
- планирование производственных мощностей от укрупнённого планирования до использования отдельных станков и оборудования;
- управление финансовыми потоками, составление финансового плана;
- осуществление контроля исполнения финансового плана, финансовый учёт;
- управленческий учёт;
- управления проектами, управление планированием этапов;
- управление планированием ресурсов.

Развивая свои потребности в автоматизации, промышленные предприятия пришли к своему современному состоянию в этой области, когда на предприятии функционирует, как правило, несколько видов автоматизированных систем управления: система управления и планирования ресурсов, система управления цепями поставок, программное обеспечение, предназначенное для автоматизации стратегий взаимодействия с заказчиками, технология базы данных, оптимизированная для запросов и отчетов системы, автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), системы автоматизированного проектирования (САПР), системы хранения данных об изделиях и др. Архитектуру подобной информационной системы управления предприятием, можно представить как совокупность взаимодействующих друг с другом открытых подсистем, каждая из которых реализована в виде стандартной коробочной или самостоятельно разработанной информационной подсистемы определенного вида. Ее ядром является ERP-система, поскольку именно она реализует основные управленческие функции, такие как планирование, учет хозяйственных операций, оперативное управление производством и т.д. В нее передаются данные из конструкторских и технологических САПР-систем, о ходе производства из систем АСУТП и АСУПП, а также из других, в основном учетных систем. Анализ информации в ERP-системе, должен осуществляться с применением таких технологий, как OLAP, или Data Mining [3].

## Заключение

Автоматизация предприятия – важнейший этап технологического развития человечества. Но для того, чтобы полноценно использовать системы автоматизации промышленного производства, необходимо точно и грамотно ставить задачи. Например, уменьшение связанного капитала за счет уменьшения складских остатков, уменьшение финансовых потерь за счет своевременной оплаты, оперативное отображение результатов бизнес-процессов для принятия решения руководством.

Системы, которые используются для управления ресурсами предприятия, направлены на поддержание основных бизнес-процессов производства, так же они включают в себя различные виды планирования такие как: оперативное и объемно-календарное, определение и ведение конструкторских спецификаций. При помощи данных систем можно решить большое количество стандартных и типовых проблем, например:

- Создание оптимизированного расписания для оборудования с учетом технических требований и как следствие сокращение производственных издержек.
- Перевод производства на работу с нулевым или оптимальным размещением продукции на складе.
  - Сокращение складских запасов.
  - Сокращение времени на производство.
  - Уменьшение числа технологических переходов и перепрограммирования станков.
- Снижение транспортных расходов в том числе на доставку с экстренно высокой скоростью.
  - Устранение дефицита комплектующих и материалов.
  - Увеличение производительности за счет минимального простоя и переналадки станков.
    - Использование всего имеющегося на производстве оборудования.
    - Оптимальность загрузки оборудования.
    - Сокращение затраченного времени на производство заказа.
    - Увеличение количества заказов.
    - Сокращение времени на обслуживание клиентов.
    - Сокращение времени ожидания заказа в очереди на обработку для последующей стадии производства.
      - Уменьшение объема деталей промежуточного цикла.
      - Синхронизация и максимизация наличия необходимого количества складского запаса в соответствии с объёмом готовых изделий.

Необходимо отметить, что процесс внедрения автоматизации на производстве должен осуществляться в соответствии с утвержденным планом, в комплексе и на всех уровнях. Так как для автоматизации работы не будет хватать только систем управления производственными процессами. Для осуществления данной задачи требуется современная ориентированная на непрерывную балансировку производства система.

Для того чтобы оставаться конкурентоспособным на рынке предприятию необходимо последовательно заниматься автоматизацией производства причем делать это комплексно, а не фрагментарно. Модернизируя оборудование нельзя забывать об переобучении и повышении квалификации персонала. Средством достижения лидирующего положения в отрасли является

координация сложных взаимосвязей, определяющих предложение, спрос и реализацию намеченных планов [3].

В результате исследования установлено, что для получения максимального эффекта от автоматизации необходимо корректно ставить задачи. Это позволит уменьшить финансовые потери за счет своевременной оплаты, а также позволит оперативно отображать результаты бизнес процессов, что позволит руководству своевременно принимать правильные решения.

#### Список использованных источников

1. Володин В. М., Сергеева И. А. Инновационное развитие промышленных предприятий и информационные технологии управления // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. 2012. № 1. С. 175–182.
2. Логиновский О. В., Максимов А. А. Управление промышленным предприятием: научное издание. М. : Машиностроение, 2006. С. 576.
3. Ильин А. И., Синицина Л. М. Планирование на предприятии: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Тактическое планирование / Под общей ред. А. И. Ильина. Мн.: Новое знание, 2000. С.416 .

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук Крыловым А. А*

**УДК 621.391.63**

**Г. Р. Лыков** (студент гр. ОБ-813, СПбГУТ)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛИТОННОГО РЕЖИМА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ В ОДНОМОДОВОМ ВОЛОКНЕ С АНОМАЛЬНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ**

*Данная статья посвящена результатам исследования процесса взаимного влияния хроматической дисперсии и нелинейного эффекта фазовой самомодуляции при распространении секансных импульсов в одномодовом волокне с отрицательным коэффициентом дисперсии групповых скоростей. В ходе исследования были смоделированы солитонные волоконно-оптические системы связи с учетом и без учета потерь в ОВ. Рассмотрен процесс формирования и распространения солитонов первого и второго порядков. Исследование проводилось на компьютерных моделях, построенных в программе OPTISYSTEM 13.0.*

*одномодовые волокна, солитоны, хроматическая дисперсия, чирпинг, частотная модуляция, дисперсионная длина, нелинейная длина, фазовая самомодуляция.*

## Общие сведения о солитонах

Существование солитонов в одномодовых оптических волокнах (ОВ) подтверждается и описывается нелинейным уравнением Шредингера (НУШ), которое учитывает влияние коэффициента затухания  $\alpha$  в ОВ, дисперсии  $\beta_2$  групповых скоростей (ДГС) и коэффициента нелинейности  $\gamma$  [1, 2, 3]:

$$i \frac{\partial A}{\partial z} = -\frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot A + \frac{1}{2} \beta_2 \cdot \frac{\partial^2 A}{\partial T^2} - \gamma |A|^2 \cdot A, \quad (1)$$

где  $A$  – комплексная амплитуда напряженности электрического поля  $E$  в волне,  $z$  – расстояние вдоль ОВ,  $T$  – внутриимпульсное время. Все эти параметры являются нормализованными.

Решение НУШ позволяет найти эволюцию формы сигналов  $A(z)$ , проходящих по одномодовому ОВ с известными параметрами. Это прямая задача. При решении обратной задачи для ОВ без потерь ( $\alpha = 0$ ) было установлено, что в одномодовом ОВ с отрицательной ДГС ( $\beta_2 < 0$ ) импульсы, имеющие на входе в ОВ форму гиперболического секанса  $\text{sech}(T)$ , при определенном соотношении длительности импульса  $T_0$  и его пиковой мощности  $P_m$  обладают уникальными свойствами в зависимости от коэффициента  $N$ , принимающего целочисленные значения 1, 2, 3 и т. д. [1, 2, 3].

$$P_{m\_N} = N^2 \cdot |\beta_2| / \gamma \cdot T_0^2 = N^2 / \gamma \cdot L_D, \quad (2)$$

где  $L_D = T_0^2 / |\beta_2|$  – дисперсионная длина, ОВ – расстояние, на котором длительность гауссовского импульса  $T_0$  за счет хроматической дисперсии (ХД) увеличивается в  $\sqrt{2}$  раз.

Существует также понятие нелинейной длины LNL:

$$L_{NL} = 1 / (\gamma \cdot P_{m\_1}). \quad (3)$$

Если принять  $L_D / L_{NL} = N^2$ , то при  $N = 1$  возникают фундаментальные солитоны-импульсы секансной формы первого порядка, которые могут распространяться без искажения на любые расстояния [1, 2, 3]:

$$A(z, T) = \text{sech}(T) \cdot \exp(i \cdot z/2). \quad (3)$$

При  $N = 2, 3 \dots$  возникают солитоны 2 и 3 порядка, форма которых периодически изменяется при увеличении расстояния с периодом [1, 2, 3]:

$$l_0 = \frac{\pi \cdot T_0^2}{2 \cdot |\beta_2|} = \frac{\pi}{2} \cdot L_D. \quad (4)$$

Рассмотрим детально физические процессы распространения секансных импульсов в ОВ для фундаментального солитона ( $N = 1$ ) и солитона 2 порядка ( $N = 2$ ) и проверим правильность существующих выражений для инженерных расчетов с помощью имитационного моделирования.

### Исследования фундаментальных солитонов в ОВ без потерь

Исследования будем проводить для волоконно-оптической системы связи (ВОСС) со скоростью  $B = 10$  Гбит/с, на длине волны  $\lambda = 1550$  нм в ОВ со смещенной дисперсией DSF. Это ОВ обладает на выбранной  $\lambda$  большим коэффициентом нелинейности  $\gamma = 2,5$  1/(Вт·км) и малой площадью модового поля  $A_{mp} = 41$  мкм<sup>2</sup>. Это ОВ имеет коэффициент ХД  $D_x = 1$  пс/(нм·км), ДГС  $\beta_2 = -1,27$  пс<sup>2</sup>/(нм·км). Схема исследований, созданная в программе OptiSystem [4] приведена на рис. 1. Она включает генератор бинарной псевдослучайной последовательности (ПСП), генератор секансных импульсов, многопролетный волоконно-оптический линейный тракт (ВОЛТ) и фотоприемное устройство (ФПУ).

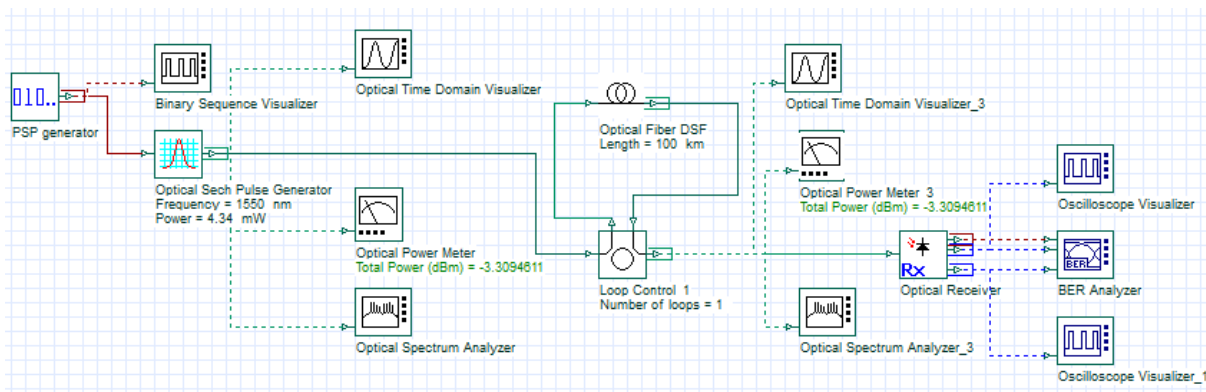


Рис. 1. Схема исследований физических процессов в ОВ типа DSF

Положим длительность импульса логической 1 равной  $t_u = 0,2$  бита = 20 пс на уровне половины амплитуды.

Определим каноническую полуширину секансного импульса [1, 2, 3]:

$$T_0 = t_u / 1,763 = 11,34 \text{ пс}. \quad (5)$$

Приведем результаты расчетов по выше приведенным выражениям для  $N = 1$ :  $LD = LNL = 101,3$  км,  $P_{m\_1} = 3,95$  мВт,  $l_0 = 159$  км [1, 2, 3]. Примем длину усилительного участка (УУ) равной  $L_{yy} = LD = 100$  км, кол-во УУ равно 3. Для получения фундаментальных солитонов пришлось увеличить



пиковую мощность с 3,95 до 4,35 мВт. На рис. 2а показаны секансные импульсы на входе и выходе ВОЛТ, а на рис. 2б их спектры. Средние мощности на входе и выходе ВОЛТ также одинаковы и составляют 466,7 мкВт.

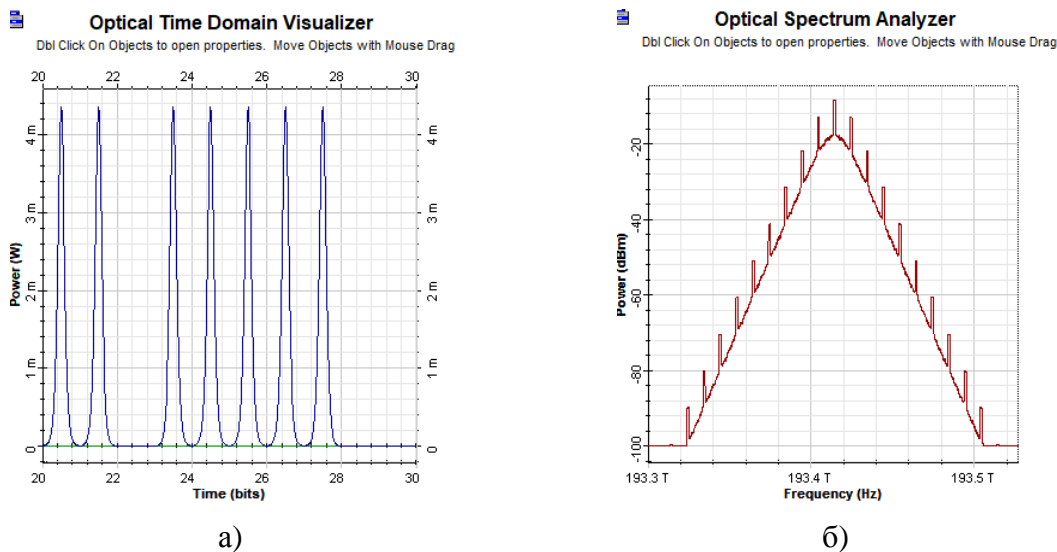


Рис. 2. Фундаментальные солитоны (а) и их спектры (б) на входе и выходе ВОЛТ длиной 300 км при  $P_m = 4,35$  мВт

### Исследования солитонов 2 порядка в ОВ без потерь

Необходимая пиковая мощность по сравнению с фундаментальным солитоном должна быть увеличена в 4 раза. Она должна находиться в пределах от  $P_m = 4 \times 3,95 = 15,8$  мВт до  $P_m = 4 \times 4,35 = 17,4$  мВт. Наилучшим оказалось значение  $P_{m0} = 17$  мВт, а уточненный период солитона составил  $l_0 = 156,8$  км. В схеме рис. 1 период солитона была разбит на 8 участков длиной  $l_0 = 19,6$  км. Результаты измерений зависимости пиковой мощности  $P_{ml}$  и длительности импульса  $t_{ul}$  от расстояния приведены в таблице 1 и на рис. 3а.

ТАБЛИЦА 1. Результаты измерений зависимости параметров импульсов в ОВ от расстояния

$n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$l$ , км	0	19,6	39,2	58,8	78,4	98	119,4	137,2	156,8
$P_{ml}$ , мВт	17	19	27	44	67	50	29.5	20	17
$t_{ul}$ , пс	20	18	10	6,5	4,7	5,4	9	15	20
$P_{ml} t_{ul}$ , мВт пс	340	328	270	286	315	270	266	300	340

Используя результаты экспериментальных исследований солитонов первого и второго порядков уточним параметры исследуемого ОВ. Из выражения (4) уточним величину дисперсионной длины  $LD = 99,8$  км вместо

101,3 км, а по выражению (3) уточним выражение для коэффициента нелинейности, который оказался равным  $\gamma = 2,3$  вместо  $2,5 \text{ 1/(Вт км)}$ . Тогда теоретические и экспериментальные результаты исследований фундаментальных солитонов первого и второго порядков совпадают.

Отметим, что для солитонных импульсов второго порядка и входном секансном импульсе форма проходящего импульса искажается, он сужается, а его спектр расширяется. Импульс теряет секансную форму. В середине периода при  $l = l_0/2 = 78,4 \text{ км}$  амплитуда импульса достигает максимума, а длительность минимума (рис. 3б). На рис. 3в показан сильно расширенный спектр этого импульса по сравнению со спектром входного секансного импульса (рис. 2б). Форма спектра имеет две вершины. В конце периода форма импульса и его спектр восстанавливаются.

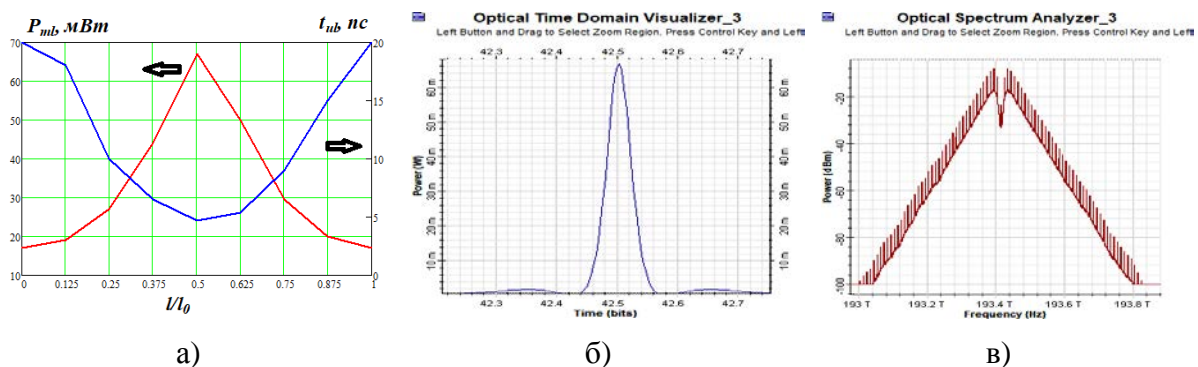


Рис. 3. Зависимость пиковой мощности и длительности импульса солитона 2 порядка от относительного расстояния в пределах периода (а). Форма (б) и спектр (в) солитона 2 порядка в середине периода солитона

### Исследования квазисолитонов в ОВ с потерями

Рассмотрим прохождение секансного импульса 2 порядка по уже рассмотренному ОВ DSF с учетом коэффициента затухания  $\alpha = 0,2 \text{ дБ/км}$ . Его пиковая мощность  $P_{m0} = 17 \text{ мВт}$  и длительность  $t_{u0} = 20 \text{ пс}$ . Результаты измерений представлены в таблице 2 и на рис. 4.

ТАБЛИЦА 2. Результаты измерений зависимости параметров импульсов в ОВ от расстояния

$n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$l, \text{ км}$	0	19,6	39,2	58,8	78,4	98	119,4	137,2	156,8
$P_{ml}, \text{ мВт}$	17	7,373	3,199	1,290	0,48	0,183	0,069	0,025	0,0095
$t_{ul}, \text{ пс}$	20	18,9	16,3	17,0	19,4	21,52	23,62	26,54	29,49
$Q$	2073	2037	1853	1726	1488	1071	530	230	91

Из таблицы 2 и рис. 4 видно, что из-за затухания пиковая мощность импульсов сравнительно быстро затухает с увеличением расстояния. На некотором расстоянии она становится равной мощности, требуемой для образования фундаментального солитона в ОВ без потерь. На протяжении этого участка длительность импульса уменьшается за счет преобладания ФСМ над ХД и достигает минимума. С дальнейшим увеличением расстояния длительность начинает возрастать, достигая исходной длительности входного секансного импульса. Далее длительность импульса быстро возрастает, а пиковая мощность уменьшается.

Для сравнения полученных результатов с учетом нелинейных процессов с результатами, полученными для малых пиковых мощностей, например, для пиковой мощности  $P_{m0} = 1$  мВт на входе в ОВ при явном преобладании ХД было проведено моделирование для тех же расстояний. Результаты приведены в таблице 3 и на рис. 4.

ТАБЛИЦА 3. Результаты измерений зависимости параметров импульсов в ОВ от расстояния

$n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$l$ , км	0	19,6	39,2	58,8	78,4	98	119,4	137,2	156,8
$P_{ml}$ , мВт	1,0	0,39	0,15	0,057	0,021	0,008	0,003	0,0011	0,00044
$t_{ul}$ , пс	20	21	23	25	28	30	32	35	37
$Q$	1850	1430	1017	475	198	77	29	11	4.3

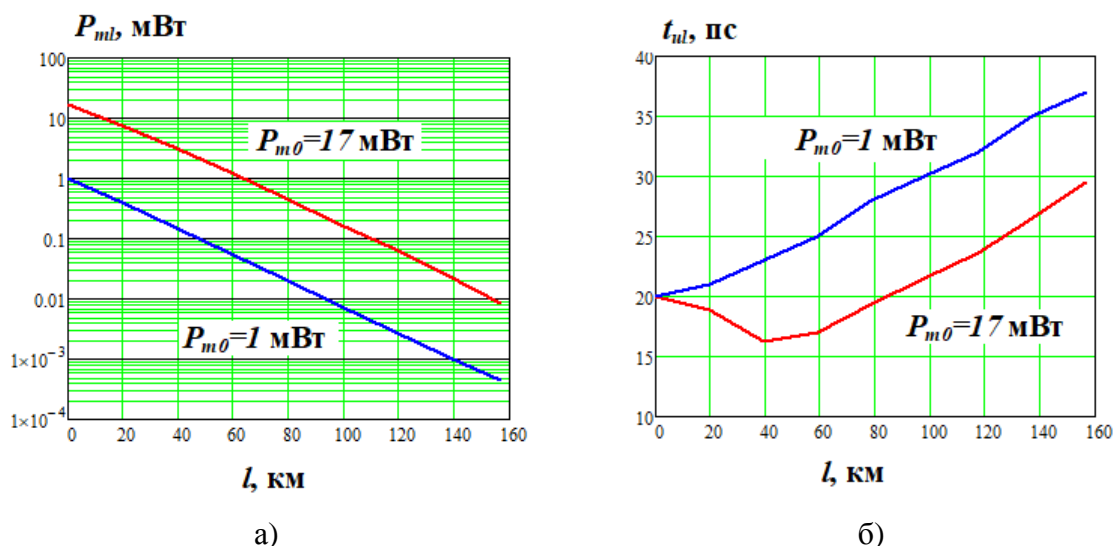


Рис. 4. Зависимости пиковой мощности (а) и длительности импульсов (б) от расстояния с учетом потерь в ОВ

Из таблиц 2, 3 и рисунков 4 видно, что использование большой входной пиковой мощности (17 мВт) позволяет сохранять исходную длительность импульса до расстояния 80 км. При дальнейшем увеличении расстояния

длительность импульса при большой входной мощности сохраняет более короткую длительность по сравнению с импульсами меньшей мощности.

#### Список использованных источников

1. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика. М.: Мир, 1996. 323 с.
2. Андреева Е. И., Былина М. С., Глаголев С. Ф., Чаймарданов П. А. Свойства временных оптических солитонов в оптических волокнах и возможность их использования в телекоммуникациях. Часть 1 // Труды учебных заведений связи. 2018. Т. 4. № 1. С. 5–12.
3. Былина М. С., Глаголев С. Ф. Оптические волокна в телекоммуникациях : учебное пособие; СПбГУТ. СПб., 2019. 108 с.
4. OptiSystem. Tutorials – Volume 1. Version 13. URL: <https://optiwave.com>.

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

#### УДК 681.335

И. Н. Медведев (студент гр. ИКМ-12з, СПбГУТ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТЯЖЕННЫХ УЧАСТКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

*Развитие Интернет-технологий и разнообразных сетевых приложений существенно повлияло на телекоммуникационную индустрию в целом и на транспортные сети в частности. С ростом сетевого трафика, к транспортным сетям применяются все большие требования, как по пропускной способности, так и по протяженности линий. В работе приводится исследование вариантов организации протяженных участков ВОЛС, а также описываются возникающие проблемы и варианты их решения.*

*оптическое волокно, протяженная линия, затухания, усилитель, ВОЛС, DWDM.*

Исторически, сразу после того, как были созданы волокна с малыми потерями, началось совершенствование магистральных волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Магистральные линии в общем случае характеризуются двумя основными параметрами: емкостью  $C$  [Гбит/с] и длиной регенерационного участка  $L$  [км]. Так как магистральные линии предназначены для передачи больших потоков информации на большие расстояния, оба этих параметра безусловно важны, и вектор развития технологий транспортных ВОЛС направлен на их увеличение.

В первом поколении волоконно-оптических линий связи применялись многомодовые волокна. Они обладают большей апертурой и большим диаметром, чем одномодовые волокна, что упрощало их соединение, а на тот

момент (около 1970 г.) это играло важную роль в продвижении технологий ВОЛС. Кроме того, в тот период не было массового производства промышленных полупроводниковых лазеров, что также затрудняло использование одномодовых волокон.

Ко второму поколению (1980 г.) ситуация изменилась: было налажено производство промышленных полупроводниковых лазеров, а также была отработана технология соединения одномодовых волокон. Использование одномодовых волокон существенно повысило дальность передачи, так как стали использоваться окна прозрачности с существенно меньшими потерями. График зависимости потерь в оптическом волокне от длины волны света представлен на рис. 1. Стандартные одномодовые волокна (SSMF) – оптические волокна с диаметром сердцевины около 9 мкм и ступенчатым профилем показателя преломления. Они оптимизированы для работы на длине волны около 1310 нм, так как длина волны отсечки близка к рабочей длине волны волокна, что уменьшает чувствительность к изгибу. Потери на 1310 нм у SSMF составляют около 0,35 дБ/км. Кроме того, вблизи 1310 нм наблюдается нулевая дисперсия, что позволяет увеличить дальность линии по дисперсии. График дисперсионной характеристики стандартного одномодового волокна изображен на рис. 2.

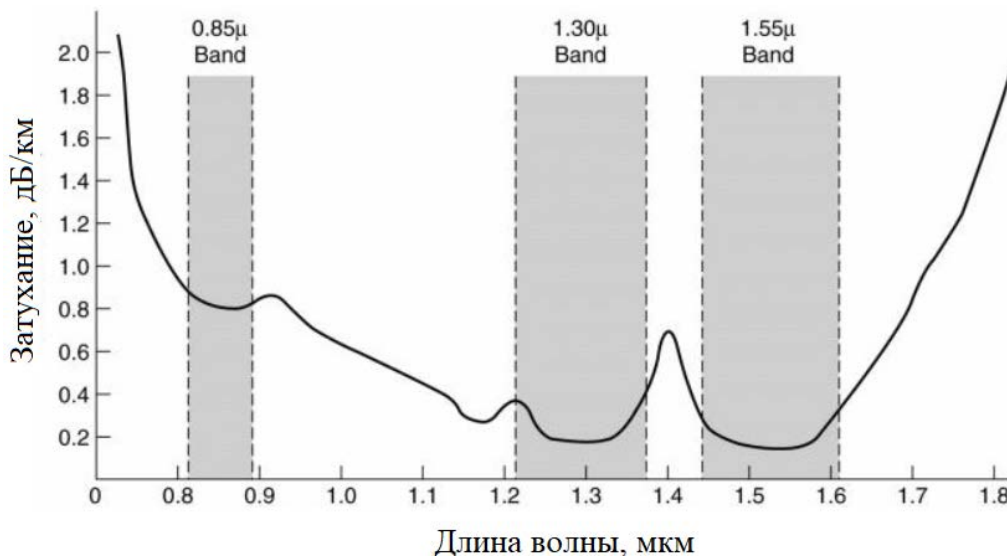


Рис. 1. Зависимость потерь в оптическом волокне от длины волны излучения

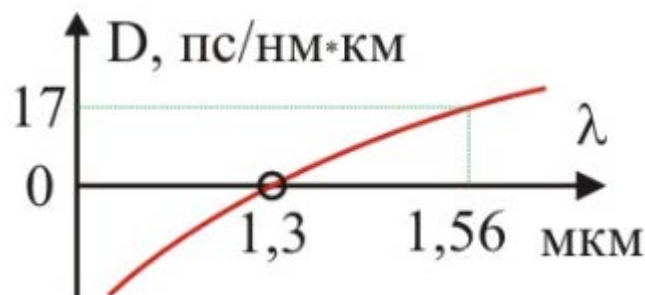


Рис. 2. График дисперсионной характеристики SSMF

При работе вблизи длины волны нулевой дисперсии длина регенерационного участка определяется бюджетом потерь. В общем случае ее можно выразить формулой:

$$L = P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}} - a_{\text{зап}},$$

где  $P_{\text{вх}}$  – мощность сигнала на входе в волокно,  $P_{\text{вых}}$  – мощность сигнала на выходе волокна (ограничивается чувствительностью приемника),  $a_{\text{зап}}$  – запас, который рассчитывается на деградацию волокна [5].

В третьем поколении началось широкое использование передачи сигналов на длине волны 1550 нм. В этой области, как видно из рис. 1 и 2, потери в волокне минимальны и составляют около 0,22 дБ/км, однако величина хроматической дисперсии больше, чем на 1310 (порядка 16–17 пс/нм\*км), что ограничивало длину линии. Специально для этого были разработаны *DSF*-волокна. Это новый тип одномодовых телекоммуникационных волокон, суть которого в том, что нулевая дисперсия смещена к длине волны 1550 нм. Однако, массового применения *DSF*-волокна не нашли. Связано это с внедрением DWDM-систем. Как известно, DWDM-системы работают в диапазоне, близком к 1550 нм, однако вблизи волны нулевой дисперсии возникали сильные перекрестные помехи из-за эффекта четырехволнового смешения, как показано на рис. 3.

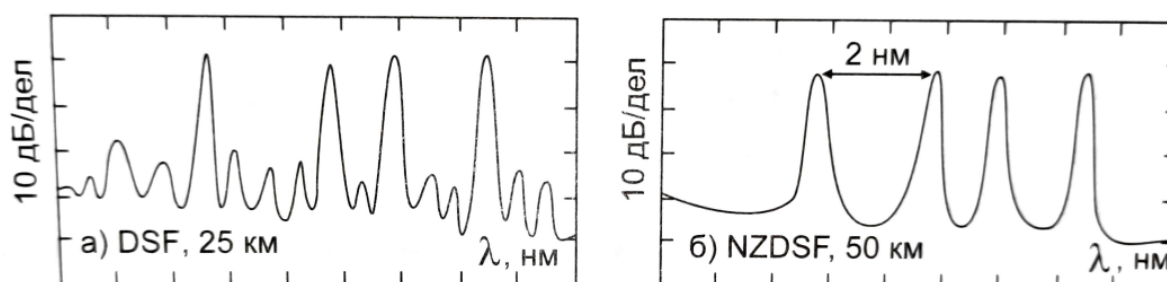


Рис. 3. Спектры сигналов DWDM в *DSF*-волокнах (а) и *NZDSF*-волокнах (б)

Исследования четырехволнового смешения показали, что для подавления эффекта достаточно небольшой ненулевой дисперсии. Поэтому для DWDM-систем было разработано *NZDSF*-волокно, обладающее дисперсией 2–6 пс/нм\*км вблизи 1550 нм. Оно позволило подавить влияние четырехволнового смешения, при этом не слишком сокращая дисперсионную длину линии [1].

Четвертое поколение, на котором в основном сейчас строятся магистральные ВОЛС, ознаменовалось широким применением DWDM в купе с EDFA-усилителями. Емкость DWDM-линии определяется выражением:

$$C = M \cdot B,$$

где  $C$  – емкость линии,  $M$  – количество каналов, а  $B$  – скорость передачи в каждом канале. На сегодняшний день в DWDM-системах может использоваться порядка 40-80 каналов, скоростью 10–100 Гбит/с каждый [5]. В магистральных DWDM-системах полоса пропускания волокна, а, следовательно, количество каналов, ограничены полосой оптических усилителей. Связано это с неоднородностью спектра усиления эрбиевых усилителей. При использовании большого числа усилителей в линии эти нелинейности накладываются друг на друга, что может привести к существенному сужению полосы усиления. Чтобы обеспечить однородность усиления на разных длинах волн, были разработаны GEF (*Gain Equalizing Filter*). Принцип действия GEF изображен на рис. 4. Теряя в максимальной мощности усиления, усилители с GEF имеют стабильную полосу усиления, что позволяет строить линии с большим количеством усилителей.

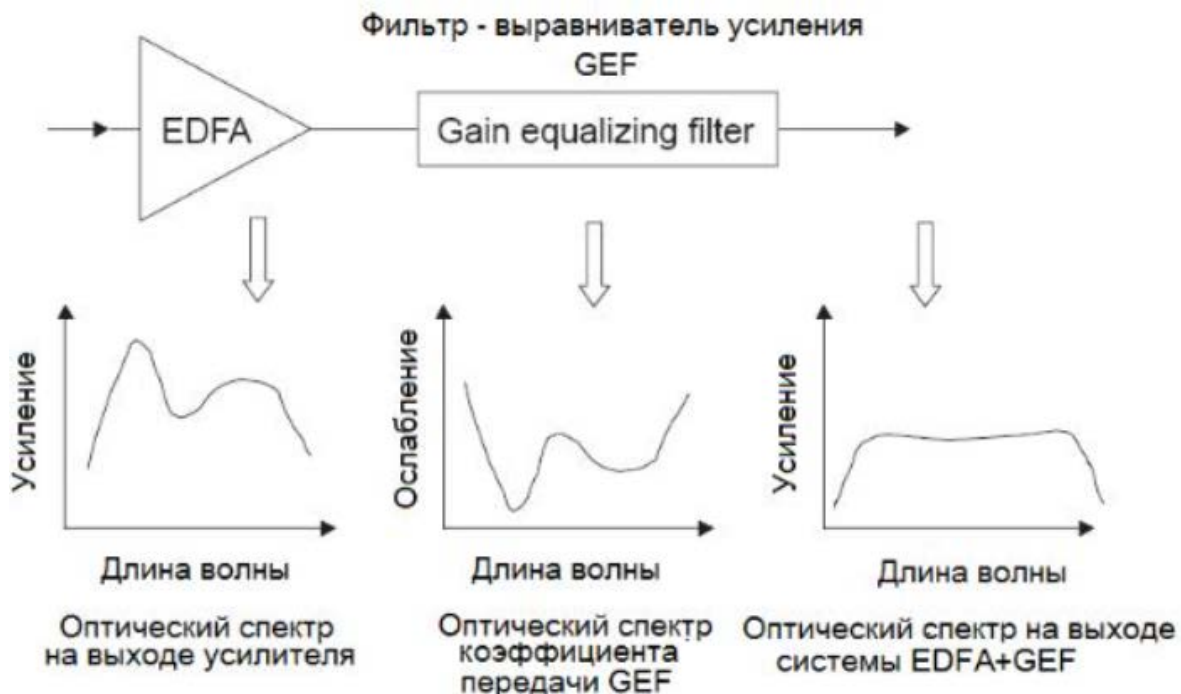


Рис. 4. Принцип работы GEF

Различают два типа линий с эрбиевыми усилителями: без промежуточных усилителей (однопролетные) и линии с промежуточными усилителями.

Первый тип линий зачастую является вынужденным, так как в малонаселенных и труднодоступных местах невозможно организовать усилительные пункты. В таком случае, на входе в линию ставится оптический усилитель (бустер), а на приемной стороне используется предусилитель с высокой чувствительностью на входе. Также на приемной стороне в длинных однопролетных линиях устанавливают DCM-модули – модули компенсации дисперсии. Длина однопролетной линии зависит от чувствительности приемника или предусилителя, а также от мощности, вводимой в волокно, которая в свою очередь ограничена рядом нелинейных эффектов, таких как фазовая

само модуляция, четырехволновое смещение, ВРМБ и прочие. Длина однопролетных линий может достигать порядка 200 км, а при использовании рамановских усилителей до 500 км [4].

Линии с промежуточными усилителями могут обеспечивать передачу сигналов на расстояния до нескольких тысяч километров. Решающую роль в расчетах таких линий играет соотношение сигнал-шум (OSNR). Максимальная длина линии ограничивается нелинейными эффектами, а также шумами усилителей. Поскольку усилители усиливают не только полезный сигнал, но и шумы, при большом количестве усилителей, уровень шумов может приблизиться к уровню сигналов и, как следствие, могут возникнуть ошибки на приеме.

Пятое поколение ВОЛС представляет собой активно развивающиеся и внедряющиеся системы когерентного приема. В таких системах осуществляются цифровые методы обработки сигналов, что позволяет компенсировать линейные искажения сигнала и, например, обеспечить электронную компенсацию дисперсии без использования DCM-модулей [2]. Кроме того, когерентный прием позволяет детектировать одновременно амплитуду и фазу сигнала, что делает возможным применение многоуровневых амплитудно-фазовых форматов модуляции, что в свою очередь делает эти системы доминирующими в сетях связи высокой емкости.

#### **Список использованных источников**

1. Складов, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учебное пособие. М.: Лань, 2016.
2. Слепов, Н. Н. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и новые перспективы / Под редакцией С. А. Дмитриева, Н. Н. Слепов. М. : Техносфера, 2010.
3. Родина, О. В. Волоконно-оптические линии связи. Практическое руководство. М. : Горячая линия - Телеком, 2012.
4. Гайнов В. В., Коньшев В. А., Леонов А. В., Лукиных С. Н., Наний О. Е., Скворцов П. И., Трещиков В. Н., Шихалиев И. И., Убайдуллаев Р. Р. Однопролетные оптические линии связи большой протяженности // Прикладная фотоника, 2015.
5. Листвин В. Н., Трещиков В. Н. DWDM-системы, 3-е изд., испр. и доп. М. : Техносфера, 2017.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук, доцентом Дюбовым А. С.*



УДК 681.7.068.7

Н. В. Мороз (студент гр. ИКТС-13м, СПбГУТ)

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВВОДА ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОЛИМЕРНЫЕ ПЛАНАРНЫЕ ВОЛНОВОДЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ШИН ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

*Рассмотрены методы ввода излучения в планарные оптические волноводы изготовленный из полимерного материала полидиметилсилоксан. Проведено моделирование модовой структуры полимерных планарных волноводов оптико-электронной шины на выбранной рабочей длине волны лазера VCSEL. Проведён сравнительный анализ существующих способов ввода излучения в планарные волноводы, предложены оптимальные решения исходя из эффективности ввода излучения и простоты изготовления устройств ввода при производстве печатных плат.*

*оптико-электронная шина передачи данных, полимерные планарные оптические волноводы, устройства ввода-вывода излучения, Comsol Multiphysics, PDMS.*

Проблема межсоединений между функциональными блоками вычислительных систем становится основным сдерживающим фактором на пути создания высокоскоростных вычислительных систем. Электрические проводники имеют принципиальные физические ограничения, обусловленные тем, что по мере повышения частоты передачи сигналов существенно возрастают омические потери в электрической шине, увеличиваются тепловыделение и перекрестные помехи.

Для исключения этого негативного эффекта и повышения скорости обмена данных между функциональными блоками на печатной плате предлагается заменить медленные электрические шины передачи данных на оптические межсоединения.

Переход от обычных электрических шин к оптическим шинам планарных волноводов позволит значительно повысить быстродействие вычислительных систем, уменьшить размеры, обеспечить повышенную надежность и помехоустойчивость радиоэлектронной аппаратуры [1].

Применение полупроводниковых материалов в качестве оптических межсоединений обеспечивает достаточно низкий уровень потерь в оптических волноводах оптико-электронных шин. Однако технологии изготовления оптических волноводов из полупроводников не могут быть интегрированы в технологический процесс изготовления традиционных печатных плат. Данного недостатка лишена технология изготовления волноводов из полимерных материалов методом литографии [2]. Однако перспективность внедрения данной технологии сдерживается высоким уровнем потерь в полимерных волноводах, внедряемых в печатные платы. По этой причине

актуальными являются исследования по уменьшению потерь в оптическом тракте полимерных волноводов, включающие усовершенствование технологического процесса изготовления полимерных волноводов и повышению эффективности ввода оптического излучения от источника.

Задачей, рассматриваемой в данной статье, является определение оптимального метода ввода излучения в оптическую шину планарных волноводов (рис. 1) изготовленную из полимера полидиметилсилоксан (PDMS), исходя из эффективности ввода излучения и возможности интеграции устройств ввода в традиционный производственный процесс печатных плат [3]. Параметры оптической шины приведены в таблице 1.



Рис. 1 Модель оптико-электронной шины передачи данных

ТАБЛИЦА 1. Параметры модели оптико-электронной шины

Параметр	Сердцевина/оболочка	Значение
Материал		PDMS
Показатель преломления $n$	оболочка	1,404
	сердцевина	1,41
Высота $h$ , мкм	оболочка	40
	сердцевина	50
Общая высота планарного волновода $H$ , мкм		130
Длина волны оптического излучения $\lambda$ , нм		850

С целью определения требований к устройствам ввода излучения необходимо было определить характеристики модовой структуры излучения, распространяющегося в волноводах квадратного сечения, составляющих оптическую шину. Для этого было проведено моделирование в программной среде COMSOL Multiphysics. Моделирование подразумевает предварительную оценку и анализ мод, которые могут возбуждаться и распространяться в волноводе. Эта информация будет использоваться для непосредственного их возбуждения и согласования модовой структуры излучения на торце волновода с устройством ввода излучения. Для симуляции

использовалось встроенное в программный пакет исследование Mode Analysis. Модальный анализ проводился путём решения уравнения Гельмгольца (1).

$$\begin{aligned} \nabla \times \mu_r^{-1} (\nabla \times E) - k_0^2 \left( \epsilon_r - \frac{j\sigma}{\omega\epsilon_0} \right) E &= 0, \\ \alpha &= j\beta + \delta_z = -\lambda, \\ E(x, y, z) &= \tilde{E}(x, y)e^{-\alpha z}. \end{aligned} \quad (1)$$

В результате моделирования получено, что при геометрических размерах сечения сердцевинки  $50 \times 50$  мкм, оптическое излучение в планарном волноводе распространяется в многомодовом режиме. На рисунках приведены некоторые моды с наибольшими коэффициентами распространения (рис. 2, 3).

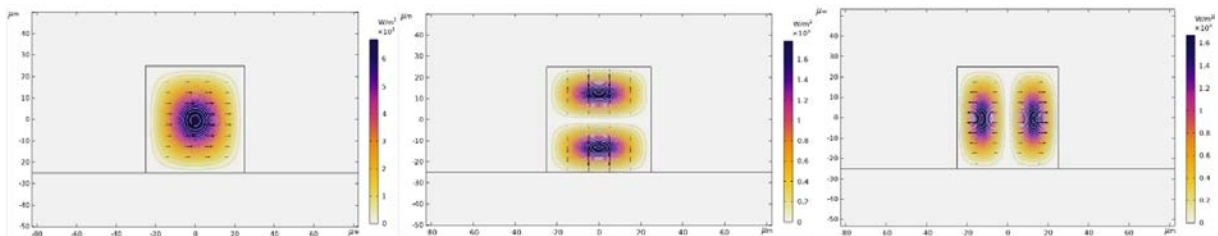


Рис. 2 Распределение поля в волноводе  $50 \times 50$  мкм (индекс моды = 1,41)

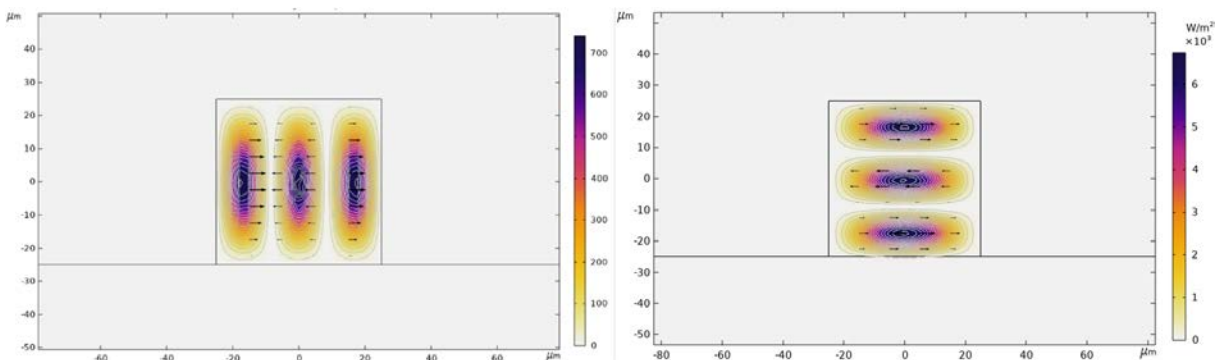


Рис. 3 Распределение поля в волноводе  $50 \times 50$  мкм (индекс моды = 1,4097)

Для определения условий при которых наступает одномодовый режим передачи, было проведено параметрическое изменение ширины и высоты волновода с шагом 1 мкм, и проведена симуляция получаемой модовой структуры для каждого случая. В результате был достигнут одномодовый режим работы при геометрических размерах сечения сердцевинки волновода  $6 \times 6$  мкм (рис. 4).

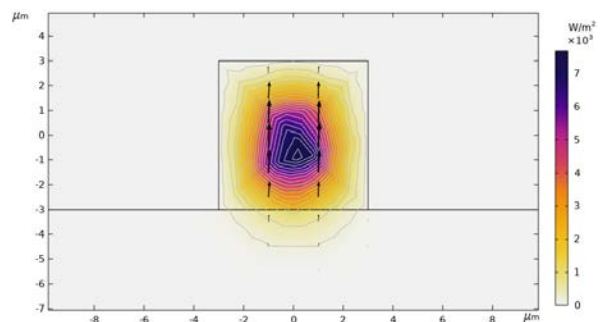


Рис. 4 Распределение поля в волноводе  $6 \times 6$  мкм (индекс моды = 1,4071)

Таким образом рассматриваемая шина планарных волноводов работает в многогодном режиме. Значит при вводе излучения не требуется проводить согласования мод источника излучения и мод, возбуждаемых в планарных волноводах, и упрощается задача юстировки устройств ввода.

При выборе метода ввода излучения были рассмотрены подходы, наиболее часто применяемые в интегральной оптике: применение призмных элементов связи, решётчатые элементы связи, торцевое сопряжение.

Призмные элементы связи, как и решётчатые обладают высокой эффективностью ввода излучения в волновод, позволяют гибко возбуждать несколько разных мод путём изменения угла падения излучения от источника. Данные элементы связи хорошо подходят для построения устройств интегральной оптики в лабораторных условиях и проведения исследований. Однако, не могут быть применены при потоковом производстве оптических компонентов, интегрируемых в печатные платы, поскольку предъявляют высокие требования к качеству изготовления и не могут быть интегрированы в классический технологический процесс сборки электронных компонентов печатных плат. Другим недостатком данных элементов связи являются высокие требования к коллимированности падающего на них от источника пучка. Поэтому их нельзя эффективно использовать с VCSEL лазерами, которые излучают пучки с угловой полушириной расходимости  $10^\circ - 15^\circ$ .

Торцевое сопряжение, конструктивно наиболее просто реализуемо. Преобразование энергии пучка в необходимую моду волновода достигается путем согласования поля пучка, падающего торцом, с полем этой моды. В частности, основная мода обладает распределением амплитуды, очень близким к Гауссову. Такую форму имеет распределение амплитуды в лазерных пучках.

Для определения необходимой точности позиционирования устройств ввода была рассчитана апертура волновода (2). Соответственно получены максимально допустимые углы ввода излучения в планарные волноводы шины в горизонтальной  $\varphi_{\text{гор.}i0\text{max}} = 83,7^\circ$  и в вертикальной плоскости  $\varphi_{\text{верт.}i0\text{max}} = 7,5^\circ$ .

$$\sin(\varphi_{i0}) \leq \sin(\varphi_{i0\text{max}}) = \frac{1}{n_0} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (2)$$

где  $n_0$  – показатель преломления среды, из которой вводится излучение,  $n_1$  – показатель преломления сердцевины,  $n_2$  – показатель преломления оболочки.

Существуют два наиболее удачных соединения для торцевого сопряжения: соединение «встык» и «поперечное» соединение [4]. Достоинством

обоих вариантов соединения является возможность ввода излучения в планарные волноводы как с краю печатной платы, так и путём врезки в любом месте на плоскости печатной платы (рис. 5).

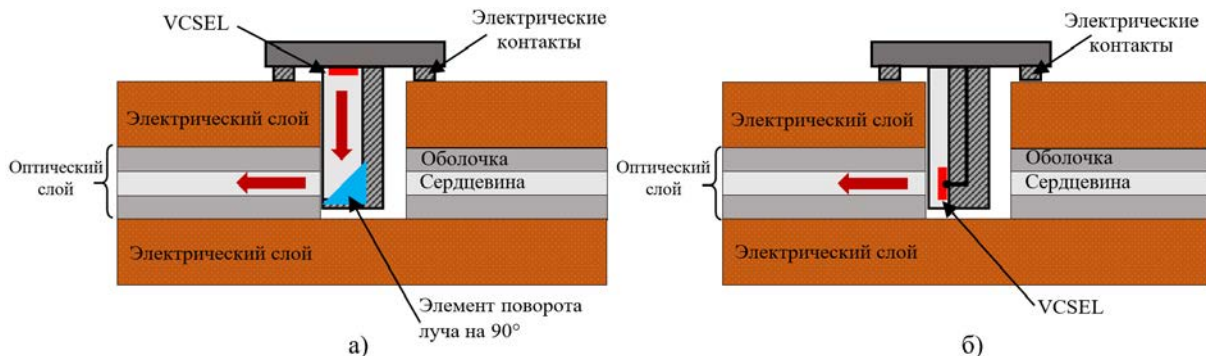


Рис. 5 Схемы соединения: а) поперечное соединение, б) соединение встык

Для рассмотренной конструкции шины планарных полимерных волноводов наиболее оптимальными методами ввода, с точки зрения технологического процесса производства и эффективности ввода, являются сопряжение встык и поперечное соединение. При этом оба соединения имеют свои достоинства и недостатки. Поперечное соединение обеспечивает малые потери, однако требует установку дополнительных оптических элементов, формирование и юстировка которых усложняет технологический процесс изготовления и сборки. Соединение встык позволяет обойтись без дополнительных оптических элементов, однако в этом случае возникают сложности в электрической области, связанные с согласованием импеданса между элементами конструкции.

#### Список использованных источников

1. Иванов Н. Н., Радзиевская Т. А. Конвергенция технологий фотоники и радиоэлектроники при создании высокоскоростных шин передачи данных // IX Международная научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». СПб: СПбГУТ, 2020. Т. 1. С. 510–514.
2. Радзиевская Т. А., Ламкин И. А., Тарасов С. А., Иванов Н. Н. Технологические способы снижения факторов роста поверхностных дефектов полимерных планарных оптических волноводов // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 6. № 6. С. 469–476. DOI:10.17586/0021-3454-2021-64-6-469-476.
3. Manvelova T. A. Polymer Optoelectronic Bus for High-Speed Data Transmission Systems // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1400. Iss. 6. DOI:10.1088/1742-6596/1400/6/066051.
4. Jian Chen. Polymer waveguide technology for optical interconnect circuits and components. // Jesus College University of Cambridge, 2016.

*Статья представлена научным руководителем,  
доктором технических наук, старшим научным сотрудником Н. Н. Ивановым.*

УДК 004.7:621.39

**М. И. Омельченко** (студентка гр. ИКТК-96, СПбГУТ)

**А. А. Савельева** (старший преподаватель кафедры ИКС)

## **ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ И УСЛУГ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ**

*Инфокоммуникации – сфера социально-экономического развития, в основе которой лежит интеграция информационных, телекоммуникационных и цифровых технологий. Объединение телекоммуникаций и информационных технологий в единую индустрию инфокоммуникаций является общемировой тенденцией, ориентированной на развитие телекоммуникационной сети и расширение на ее основе числа глобальных информационных сервисов. В работе выявлены и проанализированы основные тренды развития инновационных сервисов и услуг инфокоммуникаций.*

*услуги инфокоммуникаций, инновационные сервисы, метавселенные, metaverse.*

В эру цифровой трансформации изменения затрагивают все сферы информационного пространства: динамично сменяются поколения мобильной связи, усложняется сетевая архитектура, развиваются информационные технологии. Научно-технический прогресс и эволюция сетей определяют направление развития основных инновационных услуг инфокоммуникаций. Например, многие дополнительные сетевые услуги, такие как голосовое управление, виртуальные помощники, созданные на базе искусственного интеллекта, становятся всё более востребованы пользователями и их внедрение обусловлено, в первую очередь, требованиями рынка. Несмотря на то, что обеспечение постоянно возрастающих требований остается проблемой для телекоммуникационной отрасли, изменения открывают новые возможности для инновационных решений и бизнес-моделей инфокоммуникаций.

Согласно исследованиям аналитического агентства «ТМТ Консалтинг» [1], в 2020 году объём рынка телекоммуникационных услуг в России составил 1,73 триллиона рублей. Данный показатель на 0,7 % ниже показателей 2019 года (рис. 1), что обусловлено низкими темпами роста сегментов мобильной связи, широкополосного интернет-доступа и платного телевидения.

CRN определило 5 основных трендов ближайших лет на телекоммуникационном рынке [2]:

1. Распространение сетей пятого поколения (5G). Сейчас операторы работают над внедрением 5G в России, однако ещё предстоит решить ряд проблем, препятствующих повсеместному покрытию 5G, например, недоступность диапазона частот и отсутствие оборудования и устройств.

2. Использование пограничных вычислений. В 2020 году пограничные вычисления получили более широкое распространение, поскольку пандемия изменила требования к сетям связи и телеком-компаниям.

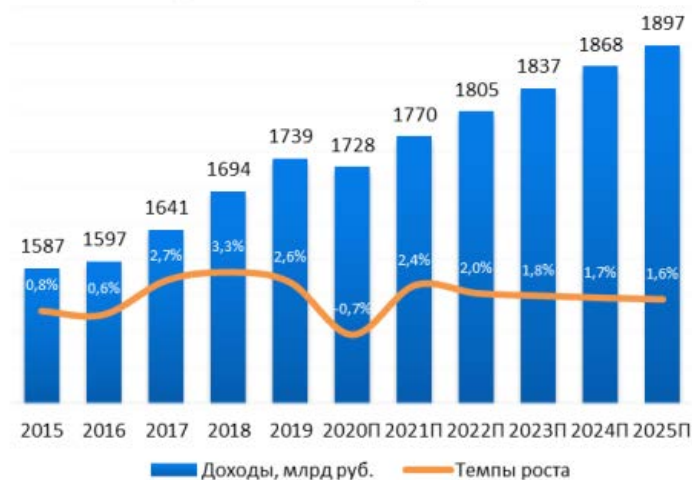


Рис. 1. Динамика рынка телекоммуникаций РФ

3. Интернет вещей (*Internet of Things, IoT*). Как концепция, Интернет вещей уже несколько лет является устойчивой тенденцией развития сферы информационных технологий, в 2022 году спрос на внедрение и использование технологий *IoT* будет оставаться таким же высоким.

4. Переход от программно-определяемых распределенных сетей (*SD-WAN*) к границе службы безопасного доступа (*SASE*). В целях оптимизации маршрутизации и управления трафиком телекоммуникационные компании переходят от автономной *SD-WAN* к сервисам защищенного доступа на интеллектуальной границе сети (*SASE*).

5. Применение облачных технологий. Спрос на облачные решения существенно вырос, поскольку внедрение и построение сетевой инфраструктуры на базе облачных решений позволяет снизить расходы на обеспечение и поддержание ЦОД, а также увеличить вычислительные мощности компьютеров.

Последние достижения в области информационных технологий, такие как высокоскоростной мобильный Интернет, искусственный интеллект и высокий уровень вычислительных мощностей, открывают для пользователей новые способы восприятия реальности.

Метавселенная для пользователя – комбинация цифрового пространства и реального мира (рис. 2), представленного в режиме реального времени. Венчурный инвестор и писатель Мэтью Болл в эссе «*Framework for the Metaverse*» [3] даёт следующее определение: «Метавселенная – это масштабируемая сеть визуализируемых в реальном времени трехмерных миров и симуляций, которые могут быть синхронно и постоянно доступны прак-

тически неограниченному числу пользователей с индивидуальным ощущением присутствия и целостностью данных, таких как личность, история, права, объекты, коммуникации и платежи».

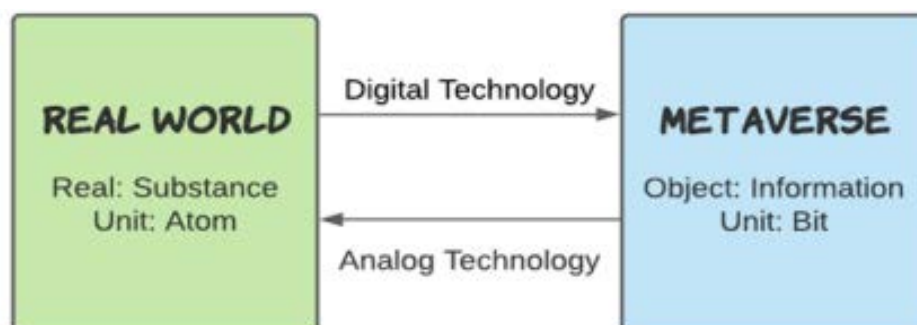


Рис. 2. Связь между реальным миром и метавселенной

Как новая концепция, метавселенная привлекла большое внимание общественности, что побудило многие ИТ-компании по всему миру разработать структуру виртуального пространства. Метавселенная сейчас находится на первоначальной ступени развития по сравнению с Web 2.0 и Web 3.0 технологиями, однако, очевидно, что концепция корпоративной иммерсивной, искусственно сконструированной реальности в ближайшее время станет основным направлением разработки всех крупнейших технических компаний.

В 2021 году на конференции IPO Дэвид Башуки, исполнительный директор Roblox Corporation, заявил о стремлении построить метавселенную руками своих пользователей. В 2022 году Марк Цукерберг продемонстрировал работающий прототип системы искусственного интеллекта, используя который пользователи смогут самостоятельно создавать виртуальные миры, посредством описания в речевом формате.

В основе метавселенных лежит множество технологий:

1. NFT-технологии позволят обеспечить идентичность личность пользователя и уникальных объектов, которые будут реализованы в виде криптографических токенов.

2. Интерактивные 3D-технологии, с помощью которых посредством сканирования будут создаваться модели реального мира и переноситься в виртуальный.

3. Распределенные вычисления и хранилища, поскольку для проектирования метавселенных потребуется колоссальные вычислительные мощности.

4. Искусственный интеллект и технологии на его основе (например, диалоговый искусственный интеллект) потребуются для обеспечения взаимодействия пользователя с виртуальным миром, а также для создания и аудита программного обеспечения и защиты персональных данных пользователей.



5. Мобильная связь пятого поколения, способная справиться с массивами данных, сохраняя при этом необходимый уровень скорости интернет-соединения (пиковая скорость загрузки и выгрузки мобильных сетей 5G составляет 10 Гбит/сек, что значительно выше 4G – 10 Мбайт/сек).

6. «Кочевые» программы – автономные участники метавселенных, обладающие равными человеку возможностями, «кочующие» от сервера к серверу. Использование технологии позволит алгоритмам искусственного интеллекта анализировать и тестировать существующие пространства метавселенной и ее отдельные элементы.

Исходя из проведенного анализа следует, что концепция «цифровой» реальности обладает безграничным потенциалом. Разработка решений в соответствии с текущими тенденциями развития информационных технологий способствует обновлению существующих технологий.

#### Список используемых источников

1. ТМТ, Консалтинг Российский рынок телекоммуникаций – 2020. Консалтинг ТМТ [Электронный ресурс] // ТМТ. – 2020. URL: <http://tmt-consulting.ru/napravleniya/telekommunikacii/tmt-rejting-rossijskij-rynok-telekommunikacij-2020/> (дата обращения: 11.05.2022).

2. Emerging Telecom Trends To Watch In 2021 [Электронный ресурс] // CRN – 2021. URL: <https://www.crn.com/news/networking/emerging-telecom-trends-to-watch-in-2021> (дата обращения: 11.05.2022).

3. Framework for the Metaverse [Электронный ресурс] // Matthew Ball.vc – 2021. URL: <https://www.matthewball.vc/all/forwardtothemetaverseprimer> (дата обращения: 11.05.2022).

*Статья представлена проректором по цифровой трансформации, кандидатом технических наук, доцентом Зарубиным А. А.*

## УДК 681.7.08

**А. А. Поздняков, П. В. Свинтуховский** (студенты гр. ИКФ-91, СПбГУТ)

### ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ

*Крайне важно в промышленности точное измерение концентрации веществ, механического воздействия на объекты, температуры, вибрации, давления и других показателей.*

*Волоконно-оптические датчики более полезны при измерении параметров во времени или в одной точке, поскольку они стабильны в течение длительных периодов времени и невосприимчивы к электромагнитным помехам, поэтому их можно использовать в местах с сильными электромагнитными помехами. Кроме того, во многих*

случаях они находятся в непосредственном контакте с измеряемой средой, что позволяет проводить бесконтактные измерения.

*Волоконно-оптические датчики, давление, электромагнитные помехи.*

### **Основные типы оптоволоконных датчиков**

Оптоволоконные датчики, исходя из принципа кодирования измеряемой информации, можно условно разделить на следующие большие группы:

- фазовые – датчики, в которых используется высококогерентный источник излучения и производится измерение фазы световой волны, изменяющейся под влиянием внешнего параметра;
- со спектральным кодированием – датчики, где, в отличие от чисто фазовых, используется источник излучения с широким спектром с возможностью анализа всего спектра;
- амплитудные – датчики, в которых измеряемый параметр модулирует интенсивность проходящей или отраженной световой волны;
- туннельные – датчики, где используется эффект туннелирования излучения через малый зазор;
- поляризационные – датчики, использующие информацию о поляризации световой волны.

Стоит отметить, что это не единственный способ классификации оптоволоконных датчиков. Можно провести классификацию по принципу действия:

- интерференционные (Майкельсона, Фабри–Перо, Маха–Цандера и т. д.);
- распределенные (обратное и прямое рассеяние);
- люминесцентные;
- на внутриволоконных решетках;
- комбинированные.

### **Интерференционные волоконно-оптические датчики**

Датчик состоит из следующих компонентов: пассивный кристаллический интерферометр Фабри–Перо с диафрагмой оптического датчика давления, вытравленной на кремниевой подложке. Светоизлучающий диод и фотодетектор, принимающий свет, отраженный от детектора. кристалл. Тонкий металлический слой наносится на кремниевую подложку травлением. Нижняя стенка стеклянной панели также имеет металлическое покрытие. Эти два металлических слоя образуют интерферометр Фабри–Перо с переменным воздушным зазором, как показано на рис. 1. Детектор работает как демодулятор, электрический выходной сигнал которого пропорционален приложенному к диафрагме давлению.

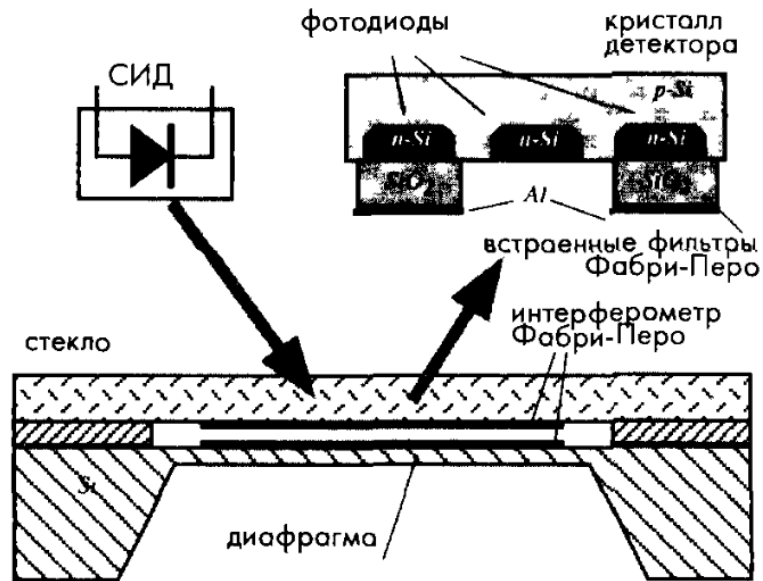


Рис. 1. Волоконно оптический датчик давления на интерферометре Фабри-Перо

### Измерение нагрузки через микро-изгиб волокна

Оптические волокна не чувствительны к давлению, если они не имеют механических повреждений, но при напряжении и изгибе определенных точек волокна сила проходящего по ним сигнала снижается. В то же время уменьшается изгиб оптического волокна. на схеме Рис. 2 представлена принципиальная схема устройства, работающего по этому принципу. Обратите внимание на блок 1. Волокна помещаются между гибкой подложкой и стержнем, вызывая отклонение, пропорциональное приложенному к волокнам давлению.

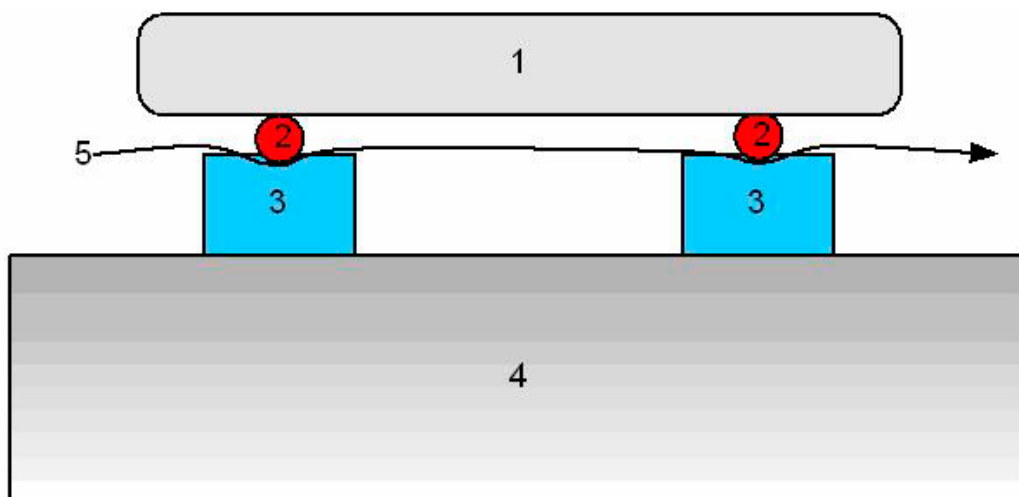


Рис. 2. Конструкция тестирования волокна на микроизгиб: 1 – нагрузка, 2 – металлический стержень толщиной 1 мм, 3 – упругая резина, 4 – стол

Повторная установка той же установки имеет другой эффект. Часть сигнала проецируется на кривую. Поскольку приложение высокого напряжения уменьшает радиус кривизны, часть оптического сигнала может быть

ориентирована в противоположном направлении. Этот эффект не наблюдается при низких давлениях. Поэтому рекомендуется использовать первый эффект для низкого напряжения и второй эффект для высокого напряжения при разных нагрузках.

### Волоконно-оптические датчики на брэгговских решетках

Брэгговская решетка в оптическом волокне представляет собой периодическое или непериодическое изменение показателя преломления среды в волокне (рис. 3). Лучи Брэгга обычно маленькие, в среднем несколько сантиметров или меньше в длину. Время изменения показателя преломления составляет несколько сотен нанометров. Флуктуации показателя преломления приводит к отражению света, распространяющегося вдоль волокна в узком диапазоне длин волн, для которых выполняются условия Брэгга.

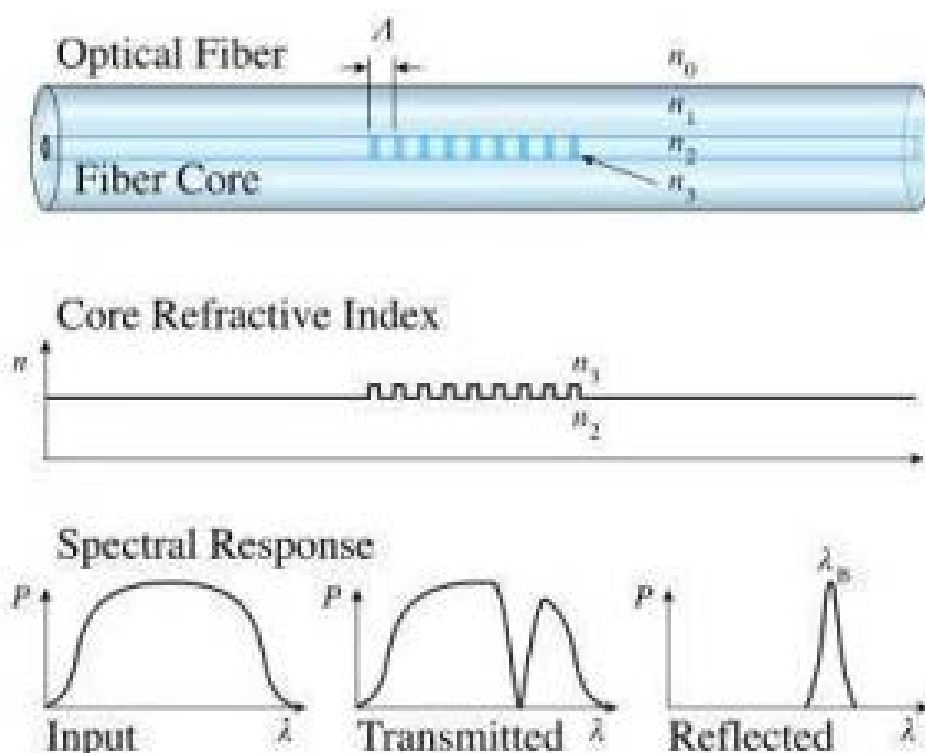


Рис 3. Брэгговская решетка

Регулируя показатель преломления, можно получить полную отражательную способность для заданной длины волны/спектра длин волн.

На другие длины волн, не удовлетворяющие условию Брэгга, брэгговские решетки не влияют, потому что они очень мало взаимодействуют с брэгговскими решетками.

Однако решетки Брэгга также используются в датчиках температуры, поскольку длина отраженной волны зависит не только от периода решетки

Брэгга, но также от температуры и механического напряжения. Если требуется только механическое изменение давления, следует использовать устройство стабилизации температуры, такое как элемент Пельтье.

### Волоконно-оптический датчик, основанный на задержке сигнала

Падение давления определяется количеством излучения, поступающего в выходное волокно после отражения от поверхности мембраны. Это показатель рабочего давления. Потому что расстояние между краем луча и поверхностью мембраны варьируется в зависимости от его величины. Детектор поверхностной нагрузки имеет температурный компенсатор и во время измерения помещается между двумя контактными поверхностями.

Зеркало крепится к нажимной диафрагме (рис. 4). Как только часть интенсивности света проходит через зеркало, на фотодетекторе появляются два сигнала. Приходит первый сигнал, он отражается прозрачным зеркалом и отражается. Второй сигнал имеет более длинный путь и, следовательно, задержку перед достижением канала. Задержка обратно пропорциональна давлению на датчик.

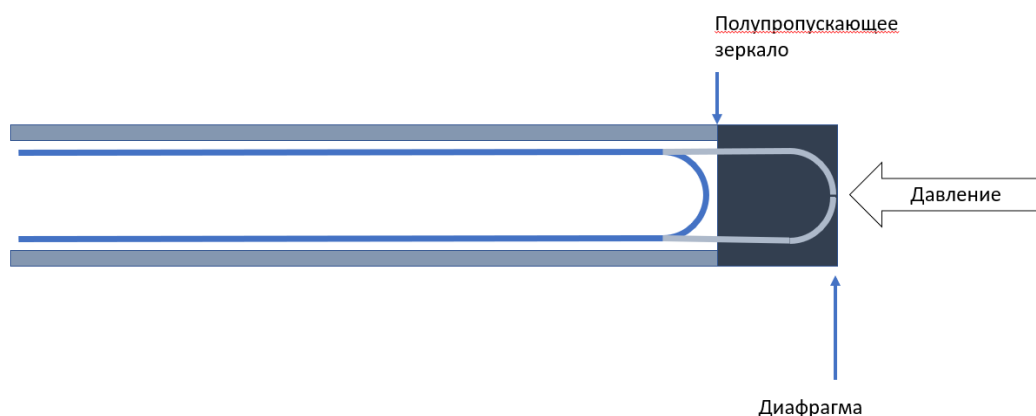


Рис 4. Волоконно-оптический датчик основанный на задержке сигнала

### Список использованных источников

1. Джексон Р. Г. Новейшие датчики. М. : Техносфера, 2007. 384 с. ISBN 978-5-94836-111-6.
2. Бусурин В. И., Носов Ю. Р. Волоконно-оптические датчики. Физические основы, вопросы расчета и применения. М. : Энергоатомиздат, 1990. 256 с. ISBN 5-283-01523-8.
3. Дмитриев С. А. Волоконно-оптические системы мониторинга. М.: Лазер Солюшнс, 2015. 304 с.
4. Дж. Фрайден. Современные датчики. Справочник. М. : Техносфера, 2005. 592 с. ISBN 5-94836-050-4.
5. Эрик Уэдд. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников. М. : Техносфера, 2008. 520 с. ISBN 978-5-94836-191-8.

*Статья представлена научным руководителем,  
старшим преподавателем Сергеевым А. Н.*

УДК 004.056

И. В. Умаралиев (студент гр. ИКБ-91, СПбГУТ)

## ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОПИСАНИЯ МАШИННОГО КОДА

*Доклад посвящен рассмотрению подходов к восстановлению человеко-ориентированной метаинформации из машинных инструкций, описанию подходов, их работоспособности, недостатков и преимуществ. Рассмотренные способы позволяют восстанавливать алгоритмы, форматы данных, иерархии классов и композиционные отношения.*

*безопасность программного обеспечения, машинный код, динамический и статический анализ.*

Восстановление высокоуровневой метаинформации из машинного кода является необходимостью для описания подходов к определению и составлению требований безопасности программных модулей, имеющих различные требования к качеству обслуживания и вероятно отличающихся несовместимыми ограничениями безопасности [1].

Такая информация служат изображением того, как система функционирует как в целом, так и на индивидуальном уровне, упрощая разработку сложных приложений или программных систем путем стимулирования повторного использования программного обеспечения, его развития, анализа и управления [2].

Машинный код почти всегда создается компиляторами, использующими несколько уровней оптимизации [3]. Основное отличие от предыдущих типов представления кода заключается в том, что в представлении машинного кода отсутствует значительный объем информации. Компиляторы преобразуют исходную программу в другую форму, чтобы создать быстрый и компактный код для конкретной целевой архитектуры. Для этой задачи используются десятки существующих методов оптимизации, таких как устранение мертвого кода, оптимизация хвостового вызова, использование идиом инструкций [6].

Кроме того, компиляторы обычно удаляют любую информацию, которая не требуется для выполнения (например, информацию об исходных функциях, которые были встроены, информацию об определяемых пользователем типах данных) [5]. Поэтому программный анализ этих файлов более сложен, поскольку необходимо восстановить всю недостающую информацию и иметь дело с высокооптимизированным кодом, непохожим на исходный вид [9].

Также, в статье [5] описывается способ и программный инструмент для восстановления метаинформации из машинного кода; также предлагается определение формата используемых в коде бинарных данных. Для этого применяется сбор лога выполняемых инструкций, который затем обрабатывается с целью получения информации об исходном представлении программы и ее данных. Успешность применения предлагаемого способа подтверждается разработанным внутренним представлением метаинформацией, программным прототипом и его внедрением в специализированную среду анализа. Показана работоспособность способа и прототипа на реальных примерах (т.е. в боевых условиях).

Анализ реализации программного обеспечения обычно проводится с целью оценки его соответствия спецификациям (или восстановления таких спецификаций) и выявления дефектов кода, которые могут быть использованы. В ходе такой работы аналитик выполняет стандартные действия: восстанавливает описания алгоритмов и/или протоколов, ищет ошибки и оценивает возможность их использования. Для автоматизации этих действий доступны программные средства, но степень их эффективности сильно варьируется, в том числе в зависимости от объекта анализа [3].

Таким образом, восстановление статического представления кода, принадлежащего данному процессу, потоку или фрагменту операционной системы, требует решения следующих задач [4]:

- требуется общий механизм улучшения охвата, способный расширить представление с помощью нового кода произвольного характера;
- представление должно справляться с ситуациями, когда выполняемый код меняется с течением времени: из-за самомодификации, загрузки и выгрузки динамической библиотеки или по любой другой причине [7];
- представление должно обеспечивать унифицированные спецификации семантики машинных инструкций.

Многие проблемы с безопасностью возникают из-за программных ошибок. Разработчик, возможно, не учел необычные значения данных или возможность редких ошибок. Это вызывает особую озабоченность, когда код получает неконтролируемые входные данные из ненадежного источника. Тестирование того, как код обрабатывает эти входные данные, называется анализом заражения. Он может проверить, например, что входные данные пользовательской формы очищены и обнаружены неправильные даты [6].

Другие недостатки кода также могут повлиять на безопасность. Неправильное обращение с условиями ошибок может привести к непреднамеренному раскрытию информации. Инструменты анализа позволят выявить многие из этих случаев.

Код C и C++ часто используется для низкоуровневого кода, поскольку он компилируется в очень быстрый машинный код [8]. Однако его скорость

в значительной степени обусловлена отсутствием встроенных проверок безопасности, поэтому он подвержен уязвимостям переполнения буфера и другим сбоям при учете неправильных входных данных. Здесь особенно важен анализ кода.

С языками программирования, которые заставляют разработчиков самостоятельно управлять памятью, неспособность освободить выделенную память является распространенной ошибкой. Это приводит к утечке памяти, которая может занять часы или дни, чтобы дать видимый эффект. Когда возникает состояние нехватки памяти, код обычно останавливается «мертвым», с небольшим количеством подсказок об источнике проблемы. Анализ потока данных позволяет выявить случаи, когда память может быть не освобождена.

Иерархии классов и композиционные отношения, восстановленные из машинного кода, могут быть использованы для понимания объектно-ориентированного проектирования устаревших программных продуктов при их перемещении на новые платформы. Они также могут быть использованы при разработке нового программного обеспечения, предназначенного для взаимодействия с существующими двоичными файлами программного обеспечения [1].

Одним из методов восстановления является использование динамического анализа для восстановления структуры классов программы, включая отношения наследования и композиции, непривязанная к конкретному языку, компилятору или исполняемому файлу [8]. Преимущества метода в том, что даже если исполняемый файл лишен таблицы символов и информации об отладке, всё ещё возможно восстановить иерархию классов, включая отношения наследования и композиции с достаточно высокой точностью [1].

Достаточно типичными ситуациями, когда требуется понять устройство программы по ее бинарному коду, являются: изучение вредоносного кода разработчиками антивирусов, оценка свойств алгоритмов во время сертификационных испытаний, восстановление закрытых протоколов для их последующей реализации в программах с открытым исходным кодом, выявление ошибок и выделение среди них уязвимостей [10]. В результате этого метода восстанавливаются алгоритмы и форматы данных, которые этими алгоритмами восстанавливаются.

Таким образом, восстановление высокоуровневого представления кода востребовано для достижения достаточной безопасности современных программ, анализа качества и построение совместимости многоуровневых систем.



**Список использованных источников**

1. Srinivasan V., Reps T. Recovery of class hierarchies and composition relationships from machine code / V. Srinivasan, // Lecture Notes in Computer Science. 2014. Vol. 8409 LNCS. P. 61–84. DOI 10.1007/978-3-642-54807-9\_4.
2. Соловьев М. А., Бакулин М. Г., Макаров С. С. [и др.] Декодирование машинных команд в задаче абстрактной интерпретации бинарного кода // Труды Института системного программирования РАН. 2019. Т. 31. № 6. С. 65–88. DOI 10.15514/ISPRAS-2019-31(6)-4.
3. Getman A., Padaryan V., Solovyev M. Combined approach to solving problems in binary code analysis // CSIT 2013. 9th International Conference on Computer Science and Information Technologies, Revised Selected Papers, Yerevan, 23–27 сентября 2013 года. Yerevan, 2013. P. 6710361. DOI 10.1109/CSITechnol.2013.6710361.
4. Леошкевич И. О., Тихонов А. Ю. Анализ методов идентификации структур данных в исполняемом коде // Безопасность информационных технологий. 2009. Т. 16. № 2. С. 94–96.
5. Падарян В. А., Гетьман А. И., Соловьев М. А. [и др.] Методы и программные средства, поддерживающие комбинированный анализ бинарного кода // Труды Института системного программирования РАН. 2014. Т. 26. № 1. С. 251–276.
6. Израйлов К. Е., Покусов В. В. Архитектура программной платформы преобразования машинного кода в высокоуровневое представление для экспертного поиска уязвимостей // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2021. № 6. С. 93–111.
7. Израйлов К. Е. Метод и программное средство восстановления алгоритмов машинного кода телекоммуникационных устройств для поиска уязвимостей // Региональная информатика «РИ-2014»: материалы XIV Санкт-Петербургской международной конференции (Санкт-Петербург, 2014). 2014. С. 140–141.
8. Израйлов К. Е. Поиск уязвимостей в различных представлениях машинного кода // Информационная безопасность регионов России. Материалы IX Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России» (Санкт-Петербург, 2015). 2015. С. 157.
9. Израйлов К. Е. Алгоритмизация машинного кода телекоммуникационных устройств как стратегическое средство обеспечения информационной безопасности // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2013. № 2 (2). С. 28–36.
10. Буйневич М. В., Израйлов К. Е., Щербаков О. В. Модель машинного кода, специализированная для поиска уязвимостей // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2014. № 2 (11). С. 46–51.

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук Израйловым К. Е.*

УДК 004.032.26

Е. В. Баягантаева (студентка гр. ИСТ-032м, СПбГУТ)

## МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ ВИЗУАЛЬНОГО ОБРАЗА КНИЖНЫХ ИЗДАНИЙ НА БАЗЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*Статья посвящена разработанному в ходе магистерской диссертации методу генерации визуального образа книжных изданий. Обоснована актуальность выбранной темы путем исследования процесса изготовления печатных обложек издательствами. Описаны выбранная модель, её модификации, архитектура прототипа проекта. Также статья содержит информацию о модуле демонстрации обложки на основе технологии дополненной реальности.*

*нейронные сети, дополненная реальность, дизайн, обложка, образ, книга.*

В последнее десятилетие наблюдается особый интерес в разработке нейронных сетей (искусственного интеллекта) для генерации изображений. Сфера оформления дизайна книг представляет актуальную область её применения.

По книжным обложкам можно проследить визуальную историю произведения в широком историко-культурном контексте, составить представление о национальной, культурной и издательской идентичности [1].

Целью настоящей статьи является разработка метода генерации визуального образа книжных изданий на базе нейронных сетей, изменяющего процесс проектирования обложек книжных изданий.

Объект исследования – генеративно-состязательные нейронные сети.

Задачи:

1. Исследование процесса изготовления печатных обложек издательствами,
2. Разработка метода генерации визуального образа книжных изданий,
3. Разработка прототипа программы генерации визуального образа книжных изданий.

В результате исследования услуг дизайна обложек издательствами были получены следующие данные, представленные в таблице 1.

Заполненные символом «→» ячейки означают, что правки рассчитываются и рассматриваются индивидуально.

В среднем стоимость дизайна обложки с высокой детализацией составляет 15692 руб., сроки изготовления первого варианта составляют от 10 до 31 дней.

Данный факт доказывает актуальность разработки проекта генерации визуального образа книжного издания. Проект сможет предложить пользователем более быстрое и менее затратное решение для дизайна обложек.

ТАБЛИЦА 1. Результаты исследования услуги дизайна обложки издательствами

№ п/п	Наименование	Стоимость дизайна одного варианта обложки, руб.	Время оформления одного варианта обложки, дни	Стоимость внесения одной правки в дизайн, руб.	Время внесения одной правки, дни	Количество правок
1	Ridero	От 14350	17	700	До 7	5
2	Книжное ателье	От 15000	16	бесплатно	–	–
3	Автор-онлайн	От 15000	До 31	бесплатно	–	–
4	ЛитРес: Самиздат	От 15000	До 30	бесплатно	–	2
5	Эдитус	От 13500	16	бесплатно	До 7	3
6	Сад-издат	От 17000	До 30	бесплатно	–	3
7	ДПК Пресс	От 20000	10	бесплатно	1	–

Для реализации проекта выбрана модель генеративно-сопоставительной сети VQGAN+CLIP. Используемая модель разработана и опубликована Кэтрин Кроусон (рис. 1) [2].



Рис. 1. Архитектура генеративно-сопоставительной сети VQGAN+CLIP

Решение принято ввиду наличия в модели сети семантического анализа изображений необходимого для реализации сопоставления текста описания и изображения.

Работая вместе, сеть VQGAN создает изображение, а сеть CLIP выступает как ранжировщик, оценивая, насколько хорошо изображение подходит к текстовому описанию.

Важно отметить, что модель распространяется с применением лицензии MIT.

Следует подчеркнуть то, что вне рассмотрения остаются вопросы добавления текстовой составляющей обложки, а также визуализации обложки на основе технологии дополненной реальности.

Ввиду этого смоделирован метод генерации обложки книги, изображенный на рис. 2.

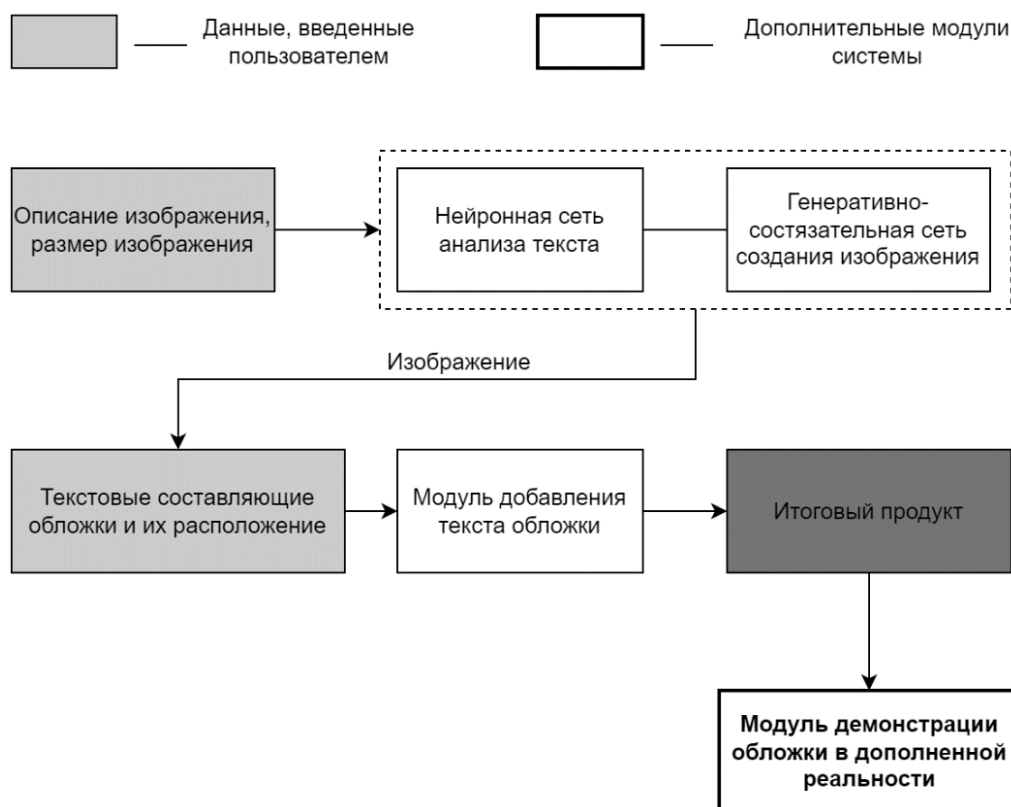


Рис. 2. Метод генерации визуального образа книжных изданий

Суть метода заключается в использовании нейронных сетей для генерации изображения обложки книжного издания, применения модулей добавления её текстовых элементов и демонстрации полученной обложки с применением технологии дополненной реальности.

Базируясь на то, что обложка книжного издания относится к изображениям в художественном стиле, стремящимся к эмоциональному отклику смотрящего, было принято решение в использовании набора данных WikiArt в качестве обучающей выборки сети VQGAN.

Для модификации сети с целью формирования более детального изображения были исследованы такие гиперпараметры оптимизатора модели, как *weight decay* и *step size*.

Можно сделать вывод, что с увеличением *weight decay* изображение становится более детализированным, однако «проигрывает» меньшим значениям в скорости формирования готового изображения. Значение *weight\_decay* равным  $1.0e-6$  позволяет генерировать изображения растрового вида, а *weight\_decay* равный 0 и  $1.0e-8$  – векторного вида.

По результатам экспериментов с *step size* был сделан вывод, что данный параметр влияет на появление новых элементов изображения. При этом сохраняется общая композиция изображений. Исходя из того, что при параметре *step size* равным 0.1 изображение больше подходит к введенному описанию, было принято решение в его использовании.

Архитектура прототипа продемонстрирована на рис. 3.

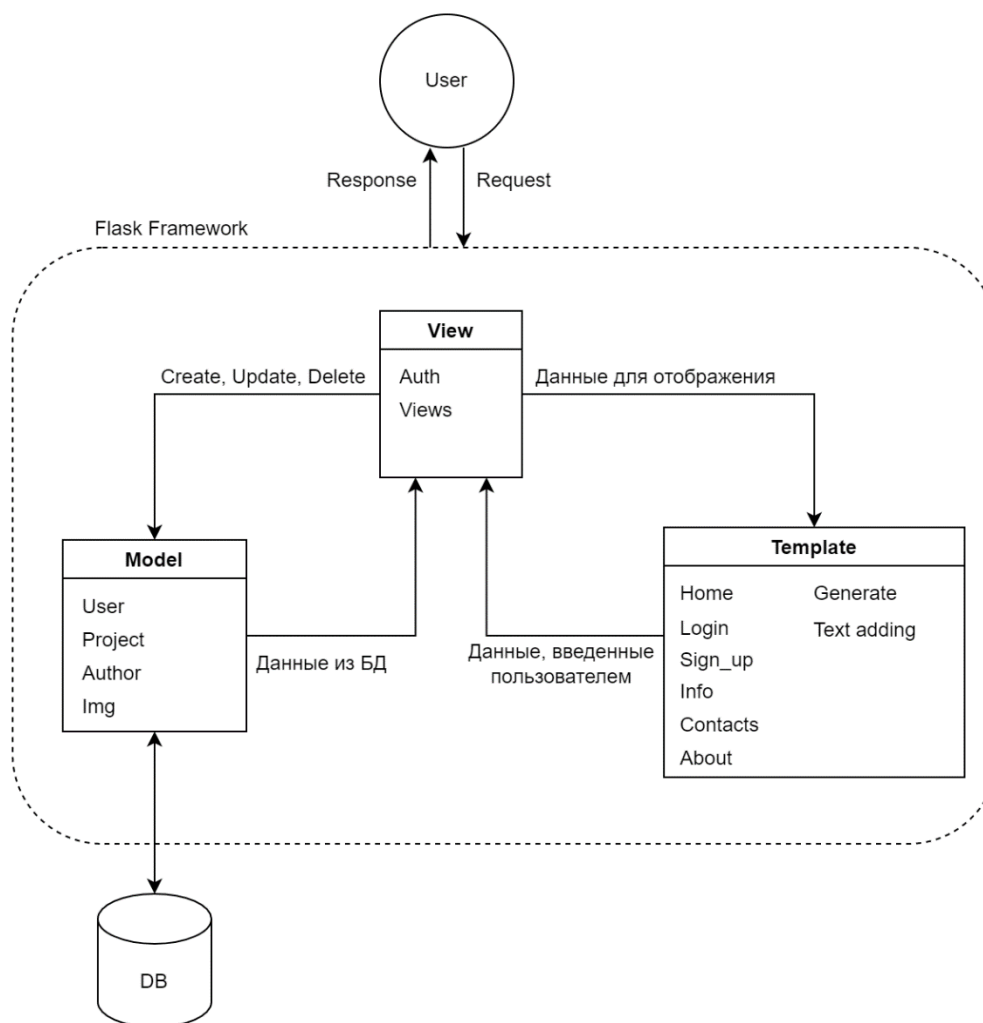


Рис. 3. Архитектура прототипа проекта генерации визуального образа книжных изданий

Архитектура представлена паттерном MVT – Model, View, Template.

Компонент Model описывает данные, используемые в приложении. Отдельные классы соответствуют таблицам в базе данных.

Компонент View получает запрос, обрабатывает его и отправляет в ответ пользователю некоторый ответ. Если для обработки запроса необходимо обращение к модели и базе данных, то View взаимодействует с ними. Для создания ответа может применять Template или шаблоны.

Компонент Template представляет логику представления в виде сгенерированной разметки html.

Таким образом, были определены, что в прототипе будут задействованы следующие html страницы:

- Home – главная страница, отображающая список текущих проектов пользователю.
- Login – авторизация пользователя.
- Sign\_up – регистрация пользователя.
- Info – информация об определённом проекте.

- Generate – генерация изображения для проекта.
- Text adding – добавление текстовых элементов на сгенерированное изображение.
- Contacts – контактная информация.
- About – информация о проекте.

Для демонстрации обложки в предпечатной подготовке была использована технология дополненной реальности. Данная функция необходима для помощи в принятии решения между несколькими вариантами визуальных образов изданий. Модуль данной функции работает с подсоединением камеры мобильного телефона пользователя проекта.

Для того, чтобы оценить полученный вариант обложки, пользователь с использованием мобильного устройства наводит камеру на предмет, имеющий форму книги и необходимые маркеры для детекции. Модуль функции транслирует изображение выбранной пользователем обложки при обнаружении предмета.

Потенциал внедрения функции заключается также в предоставлении возможности выбора обложки книги в условиях места её будущей продажи. Пользователь будет принимать решения учитывая интерьер, цветовую гамму и т. д. точки реализации продукции.

В результате исследования был разработан проект генерации визуального образа книжных изданий. В отличие от других инструментов генерации разработанный проект дает пользователю возможность формировать новое изображения как «растрового», так и «векторного» типа на основе описания обложки или вызываемых ею эмоций. Проект обладает модулем добавления текстовых элементов обложки, а также инструментом её визуализации на основе технологии дополненной реальности.

Итоги исследования открывают перспективы в разработке не только визуальных образов книжных изданий, но и театральных плакатов, рекламных щитов и другой маркетинговой продукции.

#### **Список использованных источников**

1. Зимина Л. В. Книжная обложка как объект междисциплинарных исследований [Электронный ресурс] // Берковские чтения – 2021. Книжная культура в контексте международных контактов: материалы VI междуна. науч. конф. М. 26-27 мая 2021 г. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45780224> (дата обращения: 09.02.2022).

2. Crowson K. VQGAN+CLIP [Электронный ресурс] // Модель генеративно-состязательной сети VQGAN+CLIP. URL: <https://tinyurl.com/r34n9zzh> (дата обращения: 23.03.2022).

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук, доцентом Мусаевой Т. В.*

УДК 005:004

**Е. П. Бояшова** (старший преподаватель, СПбГУТ)

**Г. И. Высоцкий, М. А. Зюриков** (студенты гр. ИСТ-932, СПбГУТ)

## **МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КАК СПОСОБА НАГЛЯДНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ**

*Визуализация оптимизирует решения бизнес-задач, экономит время для восприятия данных и позволяет принимать правильные решения, способствующие развитию компаний. Однако разработчики часто не учитывают некоторые нюансы и допускают грубые ошибки в их визуализации. Визуализация в первую очередь представления данных должна быть эффективной, точной и способствовать наглядной подаче информации. В статье выявлены актуальные проблемы, с которыми чаще всего сталкиваются создатели инфографики, рассмотрены различные технологии визуализации данных. Статья будет интересна специалистам в области информационных технологий, экономики и финансов, географии и образования, а также дизайнера.*

*визуализация, данные, информация, большие данные, инфографика, график, диаграмма, представление, технологии визуализации, методы визуализации.*

В связи с потребностью быстро обрабатывать большое количество информации в различных сферах деятельности человека растет необходимость визуализации данных. Визуализация позволяет оптимизировать решения бизнес-задач, экономить время на восприятии большого количества сложной информации, а также быстро принимать правильные решения для развития компаний. Однако разработчики не всегда знают, как правильно наглядно представить данные и допускают грубые ошибки в их визуализации. Неточное и некорректное визуальное представление данных неизбежно приводит к затруднению восприятия, к ошибкам в расчетах и наконец, к выбору неверного решения. Таким образом, в настоящий момент вопрос об оптимальной, точной, эффективной визуализации и наглядном представлении данных стоит весьма остро.

В данной статье рассмотрено что представляют собой большие данные, как осуществляется их визуализация и какие проблемы при этом возникают. Также предложены оптимальные методы и технологии визуализации данных для решения различных задач.

Что такое большие данные в современной реальности? У этого термина есть два определения. С одной стороны, большие данные – это совокупность огромного количества информации, которая характеризуется своей непрерывностью. С другой, это методы и технологии для обработки большого массива данных [3].

Стоит обратить внимание на то, что большие данные обрабатывают при помощи специальных автоматизированных инструментов для возможности

использования их в статистике, анализе, прогнозах и принятии решений. Результатом обработки больших данных является получение итоговой таблицы и рейтингового списка. А для того, чтобы упростить восприятие, используются диаграммы, графики и дашборды, то есть делается визуализация обработанных данных, при помощи которой удобно выводить статистику, делать прогнозы и принимать решения [5, 6].

Одним из современных способов наглядного представления данных является инфографика. Инфографика повсеместно применяется в математике, статистике, географии, политике, журналистике, рекламе и в образовании. Сфер применения инфографики становится все больше, что говорит о ее результативности. Инфографика позволяет просто представить технически сложную информацию в наглядном формате с помощью распространенных инструментов визуализации: графиков, таблиц, диаграмм и инструкций.

По способу подачи данных инфографика бывает нескольких видов. Инфографика-сравнение помогает наглядно сравнить различные массивы данных. Инфографика-инструкция помогает наглядно передать последовательность операций при выполнении каких-либо действий. Инфографика-схема помогает наглядно изобразить структуру и строение, а также упростить восприятие различных сложных объектов.

Для того чтобы применять методы визуализации наиболее эффективно, необходимо разграничивать такие понятия как «визуализация данных», «визуализация знаний» и «визуализация информации».

«Визуализация знаний» – является передачей информации и данных, которые в свою очередь, стимулируют когнитивные процедуры понимания. Визуализация знаний графически отражает не только элементы информации, но и связи между этими элементами. Здесь могут быть эффективны такие виды визуализации, как схемы, алгоритмы, и особенно инфографика. Визуализация способствует не только восприятию информации, но и помогает устанавливать причинно-следственные связи и делать выводы. Именно с помощью инфографики можно сделать эти выводы более наглядными.

В понятие «визуализация информации» вкладывается понимание графических представлений данных, которые являются абстрактными. Для этих целей эффективны будут такие виды визуализации, как графики, диаграммы, гистограммы, таблицы, карты, инфографика. Современный мир требует усвоения большого количества информации в различных сферах жизни, поэтому инфографика помогает не только познакомиться с информацией, но и усвоить большой объем информации за короткое время.

«Визуализация данных» – это преобразование сложных цифровых данных в наглядное представление, доступное для восприятия человеком. Визуализация данных должна представляться в таком виде, который обеспечивает наиболее эффективную работу человека по их изучению [5]. Визуализация данных часто применяется в научных и статистических исследованиях. Например, в прогнозировании, бизнес-анализе, интеллектуальном



анализе данных, а также в обучении. Здесь эффективны различные виды визуализации, такие как диаграммы, графики, таблицы, гистограммы, инфографика.

Для визуализации данных, знаний и информации используют различные технологии.

**К технологиям «визуализация знаний» и «визуализация информации» можно отнести [7]:**

Брашинг – общепринятый визуальный подход интерактивно выделяет подмножества данных, акцентируемых прежде всего цветом, удобным в категоризации элементов. Он поддерживает визуальное связывание разнородных объектов и поэтому направлен на проблему визуальной фрагментации. В отличие от фильтрации, которая удаляет данные с дисплея, закрашивание дает добавочную информацию, накладывая уточненное изображение на существующую структуру. Однако закрашивание требует собственной кодирующей величины, то есть графический атрибут, используемый для выделения выступающих точек, должен быть сохранен, будь то цвет, форма или текстура. Эти графические атрибуты уже стандартно применяются в визуализации со многими параметрами (множественной визуализации). Таким образом, брашинг – это категоризация или выделение цветом. Он не приводит к сокращению объема данных, а только уточняет структуру данных.

Кластеризация – тематическая категоризация или классификация. Данные принадлежат тому кластеру, расстояние до которого минимальное. При кластеризации также возможно сжатие данных - в кластере оставляют элемент с наибольшей мощностью. Одно из клише кластеризации – разделяй и властвуй. В связи с развитием интернет-технологий направление вектора формализации сместилось от методов линейного программирования в сторону нечетких множеств, с точки зрения программиста являющимися ассоциативными массивами. В данном случае фундаментом кластеризации является алгоритм MapReduce.

**К технологиям «визуализации данных» можно отнести [7]:**

Слайсинг – построение срезов. Частный случай фильтрации данных, когда функция от данных равна константе. Кроме сечения плоскостью – это такие стандартные виды отображения, как изолинии и изоповерхности. Условие – равенство константе фактически сокращает размерность данных на единицу. Изменение константы приводит к построению фазового пространства. В качестве константы может выступать идентификатор функции или максимальная длина графа. Например, параметры статического анализа (графа) уточняются после проведения динамического анализа. Данный подход можно определить, как робастную модель статического анализа с рефакторингом.

Модель потока данных – интуитивно понятный способ наглядного представления последовательности обработки данных внутри системы в виде диаграммы. Её эффективность достигается за счет возможности конвейерной обработки данных (один из методов распараллеливания).

Алгоритмы во внешней памяти – технология, которая использует пул алгоритмов, реализующих так называемые «внеядерные» подходы, основная цель которых – сократить накладные расходы на процессы ввода-вывода на дисковом хранилище. Выделяют два основных подхода в случае использования алгоритмов во внешней памяти: организация данных с многомерным разрешением и организация данных с различных точек зрения. Для этих случаев характерно применение  $k$ -дерева при реструктуризации данных, в прочем, как и для объемного рендеринга. Реструктуризация данных по  $k$ -дереву обеспечивает возможность быстрого поиска и извлечения данных.

Автономные вычисления. Данный подход использует автономные вычислительные системы, которые характеризуются возможностью самоконфигурирования, самооптимизации, самовосстановления и самозащиты. Считается, что решением возрастающей административной сложности вычислительных инфраструктур являются автономные вычисления. Автономные вычисления обращаются к вычислительным системам, которые обладают способностью самопознания и самоуправления.

## Проблемы визуализации

Мы проанализировали литературу, которая освещает вопросы визуализации и выделили 4 наиболее актуальные проблемы [8].

Наличие визуального и текстового шума – тяжелые линии сеток, лишние отметки, ненужные тексты, иконки, украшающие тени и градиенты, объемы. Отвлекающие визуальные элементы снижают эффективность визуализации и ведут к отсутствию наглядности представления.

К ограничению восприятия большого изображения относится уровень восприятия человеческим мозгом различных графических визуальных элементов. Уровень восприятия изображений выше, чем уровень восприятия таблиц, однако и он имеет свои ограничения. Так как в таблице практически отсутствуют визуальные элементы, то при переходе от таблиц к визуальным данным, человеку неудобно получать дополнительную информацию из данных, перегруженных визуально. Проблема состоит в том, что с увеличением объема информации человеческий мозг не справляется с нагрузкой восприятия и испытывает трудности в анализе и понимании, из-за чего наглядность представления не увеличивается, а наоборот, уменьшается. Таким образом, можно утверждать, что методы визуализации данных ограничены пределами восприятия человеческой психики.

Проблемы визуального шума и ограничения восприятия чаще всего пытаются решить, выполняя операции объединения и фильтрации данных

на основе соединения объектов по одному либо нескольким критериям. Это может привести к потере детальной информации и к уменьшению видимых наборов данных. Также этот подход может ввести в заблуждение. Например, человек или аналитик может не заметить отдельные интересные скрытые объекты. Поэтому процесс объединения данных может потребовать большого количества времени для того, чтобы получить точную, наглядную и нужную информацию.

Высокая скорость изменения изображения. Данная проблема является наиболее значимой, если требуется процесс наглядного наблюдения. Когда человек следит за изменениями данных, то он не может оперативно реагировать на быструю скорость изменения данных на дисплее. Реакция человеческого мозга накладывает ограничения на скорость предоставления информации.

Перечисленные проблемы визуализации могут быть решены при помощи различных технологий визуализации.

### **Решение проблем визуализации**

Для избавления от визуального шума, в первую очередь следует избегать перенасыщения текстовой и визуальной информацией и броскости элементов. Также для решения этой проблемы хорошо применить кластеризацию.

Для решения проблемы ограниченного восприятия нужно изображение, содержащее большое количество информации упростить, разбивая его на составляющие (разнесение данных). Для этого можно применить такие технологии визуализации, как слайсинг и брашинг. Слайсинг, в частности, целесообразно применить для облегчения восприятия трехмерных графиков и функций.

Вышеперечисленные способы одновременно помогают решить и третью проблему, предотвращая потерю информации, так как позволяют сделать различные визуальные представления, фокусирующиеся на отдельных деталях и подробностях (отдельных категориях данных) более наглядными.

Для решения проблемы высокой скорости изменения изображения, чаще всего приходится округлять числа, или сокращать скорость подачи информации. К сожалению, указанные способы могут уменьшить эффективность наблюдения. Таким образом в данном случае требуется искать «золотую середину», т. е. оптимальное сбалансированное решение, которое допускает некоторую потерю точности взамен облегчения восприятия данных.

### **Заключение**

В статье были рассмотрены технологии визуализации, выявлены проблемы, связанные с визуализацией данных, визуализацией информации

и знаний. Были рассмотрены технологии визуализации, описаны проблемы, связанные с визуализацией и предложены пути их решения.

В настоящее время часто визуализации не всегда оптимальные, точные и правильные, что может привести к когнитивной нагрузке, к затруднению обучения и выполнения задач. Причины отсутствия наглядности характеризуются проблемами визуализации. Для них подобраны решения на основе инструментов оптимизации визуальных изображений.

Информационные технологии быстро развиваются, следовательно, появляется большой объём информации и знаний, необходимых для обучения или решения бизнес-задач. Если вовремя не решить проблемы визуализации, то в ближайшем будущем людям будет трудно справляться с анализом визуальных представлений.

На основе рассмотренного можно не только научиться создавать эффективные и точные визуализации, но и упростить реализацию умной технологии, которая исходя из ключевых слов, тематики, количества исходных данных представляет эффективные и наглядные способы представления данных. Это поможет избежать актуальных проблем с помощью перечисленных выше решений. В перспективе возможно реализовать такие компьютерные программы, которые минимизируют проблемы и учтут все особенности восприятия визуальной информации. Это поможет представлять данные так, чтобы упростить решение бизнес-задач и ускорить процесс обучения студентов и школьников.

#### Список использованных источников

1. Катерина С. Ю., Усков Ю. И. Управление данными: учеб. пособие. Волгоград : ВолгГАСУ, 2015. 137 с.
2. Андреев А. В. Классификация систем управления базами данных // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016019197> (дата обращения: 01.02.2022).
3. Big data: большие данные и все о них. URL: <https://www.gd.ru/articles/11699-big-data>
4. Все, что нужно знать о разных типах данных. URL: <https://devrepublik.com/ru/all-you-need-to-know-about-different-types-of-data/>
5. Крюков А. С. Исследование в области обработки данных: визуализация и преобразование данных для эффективного анализа // Актуальные вопросы науки и техники: сборник статей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 апреля 2020 года / Ответственный редактор: Гуляев Герман Юрьевич. Пенза : «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г. Ю.), 2020. С. 20–22.
6. Технологии big data: как анализируют большие данные, чтобы получить максимум прибыли. URL: <https://mcs.mail.ru/blog/tekhnologii-big-data-kak-analiziruyut-bolshie-dannye>
7. Чич А. А., Сайкинов В. Е. Технологии визуализации больших данных // Информационное общество: Современное состояние и перспективы развития. Сборник материалов XI международного студенческого форума. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. 2018. С. 178–181.

8. Агабейли А. Проблемы Визуализации Многомерных Данных // Первая республиканская научно-практическая конференция «Big Data: возможности, мультидисциплинарные проблемы и перспективы», Баку, 25 февр. 2016 г. : Институт информационных технологий НАНА, 2016. С. 74–77. URL: [https://ict.az/uploads/konfrans/biq\\_data/1-19\\_Aytac\\_Agabeyli\\_-\\_3.pdf](https://ict.az/uploads/konfrans/biq_data/1-19_Aytac_Agabeyli_-_3.pdf) (дата обращения: 02.01.2022).

**УДК 004.67**

**Д. В. Веснин, В. М. Прощенков,**  
**И. В. Тищенко** (студенты гр. ИСТ-833, СПбГУТ)

## **ПАРСИНГ САЙТА ФИПС С АВТОМАТИЧЕСКИМ ВЫЯВЛЕНИЕМ ТЕМ И ПОИСКОМ СЕМАНТИЧЕСКИ СХОЖИХ ДОКУМЕНТОВ**

*Представлен результат разработки программного обеспечения, позволяющего проводить автоматизированный сбор информации с сайта ФИПС с дальнейшим сохранением информации в базу данных или CSV-файл. Программа реализована на скриптовом языке Python в качестве БД используется SQLite. Программное обеспечение позволяет выполнять поиск схожих по описанию документов, а также выполнять анализ тем документов и сравнение аннотаций с выбранным объектом интеллектуальной собственности.*

*интеллектуальная собственность, анализ, визуализация данных.*

На сайте Федеральный институт промышленной собственности представлены (ФИПС) объекты интеллектуальной собственности Российской Федерации. Ресурсы сайта не предоставляют Application Programming Interface (API), что не позволяет заинтересованным лицам получать доступ к информации, хранимой в базах данных ФИПС. Кроме того, на сайте отсутствуют механизмы удобного поиска и анализа объектов интеллектуальной собственности.

В рамках учебной дисциплины «Инструментальные средства научных исследований» в СПбГУТ был разработан проект, направленный на парсинг сайта ФИПС для получения информации об объектах интеллектуальной собственности, сохранения результатов в CSV-файл или базу данных, а также анализа и визуализации полученных данных. Было осуществлено тестирование системы на примере объектов интеллектуальной собственности СПбГУТ.

Для реализации проекта выбран ряд информационных технологий:

– Python – для разработки скрипта, в коротом реализовано автоматическое управление памятью;

– BeautifulSoup – как информационная часть, библиотека Python для парсинга HTML и XML документов, позволяющая трансформировать сложный HTML-документ в дерево объектов Python. Это могут быть теги, навигация или комментарии [1];

– SQLite – компактная встраиваемая СУБД.

Решением разработки стали скрипты, которые сохраняют различные объекты интеллектуальной собственности с сайта ФИПС. Скрипт после выполнения сохраняет результаты в CSV-файл (рис. 1).

Стандарт	Стандарт	Стандарт	Стандарт	Стандарт	Стандарт	
Номер регистрации	Дата регистрации	Номер и дата поступления заявки	Дата публикации	Контактные реквизиты	Авторы	
1	2018660135	16.08.2018	2018616675 22.06.2018	16.08.2018	нет	Абубакиров Ильдар Эдуардович (RU), Владыко Андрей Геннадьевич
2	2017613412	17.03.2017	2016664536 27.12.2016	17.03.2017	нет	Борисов Евгений Геннадьевич (RU), Егоров Станислав Евгеньевич
3	2017613564	22.03.2017	2016664145 21.12.2016	22.03.2017	нет данных	Зарубин Антон Александрович (RU), Тарлыков Алексей Владимирович
4	2016617039	23.06.2016	2016614154 26.04.2016	20.07.2016	нет данных	Борисов Евгений Геннадьевич (RU), Киричек Руслан Валентинович
5	2017612000	14.02.2017	2016663902 19.12.2016	14.02.2017	нет	Есолов Кирилл Эдуардович (RU), Фицов Вадим Владленович (RU)
6	2017611821	09.02.2017	2016664256 23.12.2016	09.02.2017	нет	Усс Владимир Станиславович (RU), Ганжа Иван Сергеевич (RU)
7	2018660136	16.08.2018	2018616678 22.06.2018	16.08.2018	нет	Абубакиров Ильдар Эдуардович (RU), Владыко Андрей Геннадьевич
8	2017662766	16.11.2017	2017619746 28.09.2017	16.11.2017	нет данных	Спирин Александр Дмитриевич (RU), Антипин Борис Маврович (RU)
9	2016614968	12.05.2016	2016610081 12.01.2016	20.06.2016	нет данных	Ковалгин Юрий Алексеевич (RU), Мьяньнов Сергей Васильевич (RU)
10	2016618362	27.07.2016	2016615546 31.05.2016	20.08.2016	нет данных	Усс Владимир Станиславович (RU), Ганжа Иван Сергеевич (RU)
11	2016618760	05.08.2016	2016616258 16.06.2016	20.09.2016	нет данных	Борисов Евгений Геннадьевич (RU), Егоров Станислав Геннадьевич
12	2016618761	05.08.2016	2016616257 16.06.2016	20.09.2016	нет данных	Борисов Евгений Геннадьевич (RU), Егоров Станислав Геннадьевич
13	2017610860	18.01.2017	2016619915 22.09.2016	18.01.2017	нет данных	Борисов Евгений Геннадьевич (RU), Егоров Станислав Геннадьевич
14	2017611835	09.02.2017	2016663893 19.12.2016	09.02.2017	нет	Болтов Юрий Федорович (RU), Буйневич Михаил Викторович (RU)
15	2017611884	10.02.2017	2016664022 21.12.2016	10.02.2017	нет	Тарлыков Алексей Владимирович (RU), Каляшов Евгений Владимирович
16	2013612237	18.02.2013	2012661637 25.12.2012	20.03.2013	нет данных	Красов Андрей Владимирович (RU), Верещагин Александр Сергеевич
17	2013612694	11.03.2013	2012661087 12.12.2012	20.06.2013	E-mail: OPIR@sut.ru	Никитихин Валерий Гелиевич (RU), Пацкан Максим Юрьевич (RU)
18	2013614237	25.04.2013	2013611949 14.03.2013	20.06.2013	нет данных	Болтов Юрий Федорович (RU)
19	2014660497	09.10.2014	2014616285 01.07.2014	20.11.2014	E-mail: OPIR@sut.ru	Скворцов Юрий Владимирович (RU)
20	2015611539	30.01.2015	2014662384 02.12.2014	20.02.2015	нет данных	Штеренберг Станислав Игоревич (RU), Андрианов Владимир Игоревич
21	2015615681	22.05.2015	2015612697 06.04.2015	20.06.2015	нет данных	Владимиров Сергей Сергеевич (RU)
22	2015616466	10.06.2015	2015613558 29.04.2015	20.07.2015	нет данных	Лежелёков Антон Сергеевич (RU), Летенко Иван Дмитриевич (RU)
23	2013612052	13.02.2013	2012661447 20.12.2012	20.03.2013	нет данных	Крыжановский Эдвард Владимирович (RU), Доценко Сергей Михайлович
24	2013612661	11.03.2013	2012661088 12.12.2012	20.06.2013	E-mail: OPIR@sut.ru	Сотников Александр Дмитриевич (RU), Лебедев Виталий Сергеевич
25	2013614229	25.04.2013	2013611944 14.03.2013	20.06.2013	нет данных	Болтов Юрий Федорович (RU)
26	2013614249	25.04.2013	2013611947 14.03.2013	20.06.2013	нет данных	Болтов Юрий Федорович (RU)
27	2013614251	25.04.2013	2013611942 14.03.2013	20.06.2013	нет данных	Чечель Андрей Олегович (RU)
28	2013614261	26.04.2013	2013611946 14.03.2013	20.06.2013	нет данных	Болтов Юрий Федорович (RU)
29	2013610433	09.09.2013	2013616495 23.07.2013	20.12.2013	нет данных	Израилов Константин Евгеньевич (RU)
30	2015614942	30.04.2015	2015611594 11.03.2015	20.06.2015	нет данных	Верхова Галина Викторовна (RU), Белоус Константин Владимирович
31	2015615562	20.05.2015	2015612210 26.03.2015	20.06.2015	нет данных	Киреев Артем Валерьевич (RU), Фокин Григорий Алексеевич (RU)

Рис. 1. Скриншот фрагмента CSV-файла

Последние достижения в сфере обработки текста (*natural language processing, nlp*), стали возможными с помощью применения технологии глубокого обучения и нейронных сетей, а также – прорыву последних лет, архитектуре трансформеров (*Transformer*) [2]. Особенно успешной стала нейросеть BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) [3] и её модификации.

Для поиска схожих документов по описанию используется библиотека Sentence-BERT [4, 5]. Применяется мультилингвистическая модель (*paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2*). Данная модель, позволяющая получать вектора (признаки) текста, которые можно сравнить между собой с помощью косинусова расстояния (чем ближе вектора, тем более похожи 2 текста) (рис. 2).

Для анализа тем документов используется библиотека BERTopic [6], позволяющая извлекать темы документов в *unsupervised* режиме (способ машинного обучения без учителя).

В качестве примера использовался набор данных свидетельств на программы для ЭВМ СПбГУТ, в котором было выделено 19 тем, каждая из которых описывается ключевыми словами.

Программа предназначена для моделирования процессов обнаружения сигнала со случайными параметрами обнаружителем с постоянным уровнем ложных тревог, и может применяться в обнаружителях одноканальных и многоканальных систем, адаптированных к шумовой обстановке. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: ввод исходных данных, характеризующих параметры сигнально-помеховой обстановки и шумов обнаружителя; обработка исходной выборки для увеличения отношения сигнал/шум и динамического диапазона обнаружителя; моделирование огибающей шума при различных длительностях окна вторичной обработки; оптимизация значения порога обнаружения на основе огибающей шума в зависимости от требуемого уровня ложных тревог и вероятности обнаружения; моделирование порога обнаружения при выборе минимального значения оценки смеси сигнала с шумом в паре соседних элементов анализа; моделирование порога обнаружения при выборе максимального значения оценки смеси сигнала с шумом в паре соседних элементов анализа; отображение результатов моделирования. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows.

Программа предназначена для моделирования процессов обнаружения сигнала с неизвестными параметрами в многопороговом обнаружителе применительно к одноканальным и многоканальным системам обнаружения. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: ввод исходных данных, характеризующих параметры сигнально-помеховой обстановки и шумов обнаружителя; оптимизация значения первого решающего порога в зависимости от модели шумовой обстановки; эмпирическая оценка значений величин дополнительных порогов в зависимости от требуемой вероятности обнаружения сигналов и уровня ложных тревог; моделирование эмпирических процедур; расчет характеристик обнаружения многопороговых обнаружителей применительно к одноканальным и многоканальным системам; моделирование многоканальных обнаружителей с постоянным уровнем ложных тревог при параметрической априорной неопределенности за СЧСУ адаптации порогов обнаружения к уровню шумов и помех; отображение результатов моделирования. Тип ЭВМ: Windows.

Рис. 2. Пример обнаруженных похожих текстов

Для анализа также важно проследить динамику изменения популярности тем во времени. На рис. 3 представлено изменение популярности 5 основных тем. Также возможно проследить динамику изменения самих тем, как они менялись со временем. Тема может оставаться та же, но ключевые слова в ней меняются.

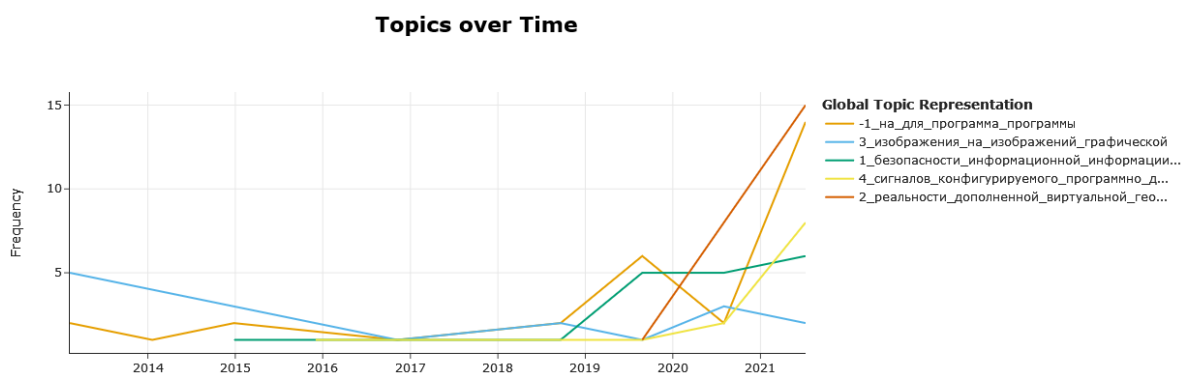


Рис. 3. График динамики изменения тем

Программа имеет следующие функции:

- парсинг на сайте ФИПС программ для ЭВМ, баз данных, патентов и полезных моделей в CSV-файл;
  - сохранение из CSV-файла в БД SQLite программ для ЭВМ;
  - анализ данных о программах для ЭВМ, выделение ключевых слов в аннотации и построение графика частоты ключевых слов во всех аннотациях для получения данных о тенденциях в регистрации программ для ЭВМ;
  - сравнение всех аннотаций с одной выбранной программой для ЭВМ.
- Интерфейс программы позволяет выбрать какой парсер будет использоваться. Потом можно открыть файл с номерами документов, которые

нужно сохранить или задать диапазон номеров. Для начала и остановки парсера в программе введены кнопки Start и Stop, прогресс работы отображается на индикаторе выполнения, по окончании пользователю будет выдано сообщение об успешном окончании парсинга.

Реализована функция анализа тем программ для ЭВМ, которая выполняется после работы парсера.

Поиск документов, похожих на заданный, по номеру также выполняется после работы парсера, для этого нужно задать один из номеров сохраненных ранее документов, если был выбран парсер программ для ЭВМ, то после создания CSV-файла из него будет создана SQLite база данных. Результат анализа будет выведен в компонент QTextBrowser.

Программа реализована в СПбГУТ и зарегистрирована [7].

### Список использованных источников

1. Beautiful Soup Documentation – Beautiful Soup 4.9.0 documentation. URL: <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/> (дата обращения: 04.06.2022).

2. [1706.03762] Attention Is All You Need. URL: <https://arxiv.org/abs/1706.03762> (дата обращения: 04.06.2022).

3. [1810.04805] BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. URL: <https://arxiv.org/abs/1810.04805> (дата обращения: 04.06.2022).

4. [2004.09813] Making Monolingual Sentence Embeddings Multilingual using Knowledge Distillation. URL: <https://arxiv.org/abs/2004.09813> (дата обращения: 04.06.2022).

5. UKPLab/sentence-transformers: Multilingual Sentence & Image Embeddings with BERT. URL: <https://github.com/UKPLab/sentence-transformers> (дата обращения: 04.06.2022).

6. MaartenGr/BERTopic: Leveraging BERT and c-TF-IDF to create easily interpretable topics. URL: <https://github.com/MaartenGr/BERTopic> (дата обращения: 04.06.2022).

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660980 Российская Федерация. Парсер сайта ФИПС с функцией автоматического выявления тем и поиском семантически схожих документов : № 2022619966 : заявл. 31.05.2022 : опубл. 14.06.2022 / М. Д. Поводайко, Д. В. Веснин, В. М. Проценков, И. В. Тищенко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук, доцентом Поводайко М. Д.*



УДК: 004.77

**И. В. Гвоздков** (старший преподаватель каф. БИС, СПбГУТ)

**И. В. Кильдяев** (студент гр. ИСТ-923, СПбГУТ)

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ СКВОЗНОЙ КОММУТАЦИИ БЛАГОДАРЯ МЕТОДАМ ОБХОДА NAT В ГЛОБАЛЬНЫХ СЕТЯХ

*В настоящее время развитие сетевых технологий находится в пиковой ситуации, потому что не может справиться с огромным количеством пользователей, которые хотят получить доступ в интернет, ведь протокол IPv4 давно исчерпал себя, а переход на протокол IPv6, который позволит получить каждому пользователю по несколько IP-адресов для доступа к глобальной сети происходит очень медленно из-за их несовместимости. Для решения данной проблемы была создана технология NAT. Статья предоставляет информацию о данной технологии, проблемах, возникающих при использовании, а также об основных методах их решения.*

*NAT, Hole punching, глобальные сети, туннельные сети, сквозная адресация, методы обхода NAT.*

Во времена цифровых технологий трудно представить современный мир без глобальной сети Интернет, которая стала настоящим помощником для большого количества людей. С тех пор, как был создан протокол IPv4 прошел довольно большой промежуток времени и его ресурс, который в то время был просто огромным, размер его был чуть меньше 4,3 миллиардов адресов, стал исчерпываться. На данный момент уже существует протокол IPv6, который будет использоваться долгое время из-за своего размера – 340 ундециллионов адресов, что позволит каждому человеку иметь не только свой IP адрес для выхода в Интернет, но и значительно расширит локальную сеть пользователя. Но преобразование с протокола IPv4 на IPv6 осложнено из-за трудозатрат, стоимости и невозможности обратной совместимости, поэтому для того, чтобы отсрочить этот переход была разработана технология NAT [1].

NAT (*Network Address Translation*) – метод преобразования сетевого адресного пространства используемого в сетях TCP/IP, который изменяет заголовок сетевого пакета, проходящего через устройство маршрутизации трафика, изменяя там IP адрес. Получив пакет от компьютера, находящегося в локальной сети, маршрутизатор смотрит на IP-адрес назначения. Если адрес назначения находится в пределах локальной сети, то доставка пакета адресату происходит без каких-либо изменений, в ином случае происходит замена IP-адресов, которая необходима для получения доступа в Интернет. Пример использования NAT изображен на рис. 1.

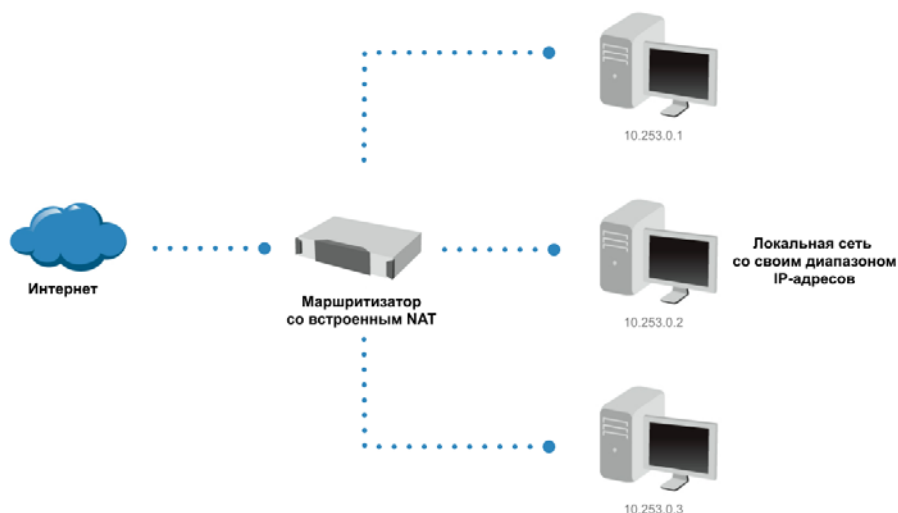


Рис. 1. Пример использования NAT

NAT бывает трёх концепций:

1. Статический NAT – адресная трансляция, имеющая сопоставление между глобальными и локальными IP-адресами на основании один к одному. Пример представлен в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Пример изменения статического NAT

Таблица статического NAT	
Внутренний локальный адрес	Внутренний глобальный адрес
172.16.1.10	219.108.45.33
172.16.1.11	219.108.45.34
172.16.1.12	219.108.45.35

2. Динамический NAT – адресная трансляция, где адреса локальной сети заменяются на определённые доступные глобальные IP-адреса. Пример показан на таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Пример изменения статического NAT

Таблица статического NAT	
Внутренний локальный адрес	Пул доступных глобальных IP-адресов
192.168.1.20	230.190.15.13
Доступен	230.190.15.14
Доступен	230.190.15.15

3. PAT – адресная трансляция, форма динамического NAT, который заменяет локальные IP-адреса сети в один доступный глобальный IP-адрес, дополняя глобальный адрес портом локального устройства. Пример использования PAT можно увидеть на рис. 2.

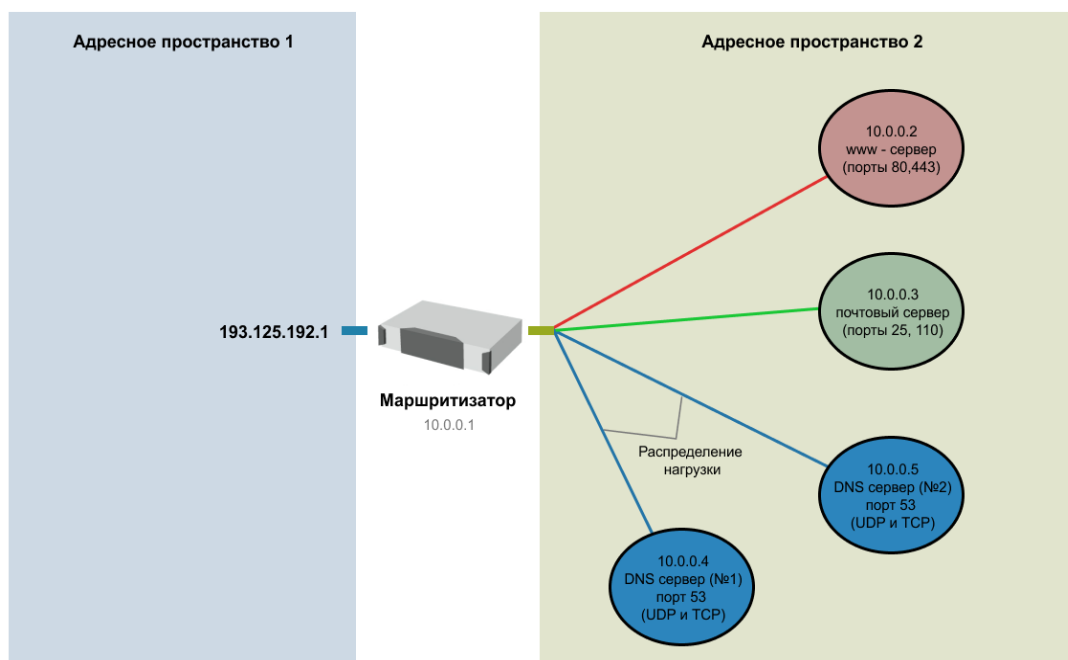


Рис. 2. Пример использования NAT

Ведущими преимуществами технологии трансляции сетевого адреса являются:

- Применяя концепцию NAT, появляется способ зарегистрировать огромную локальную сеть, например, какой-либо район города, всего лишь под одним глобальным IP-адресом для выхода в WAN, что способствует экономии адресов общедоступной сети.

- С помощью использования большого количества пул адресов, пулам балансировки и резервному копированию предоставляются устойчивые сетевые подключения, что положительно влияет на гибкость коммуникации в глобальной сети.

- Используя NAT в локальной сети, имеется возможность упрощенного внесения изменений в общедоступную схему адресации, то есть смена провайдера без изменения локальной сети.

- Частная сеть с технологией NAT скрывает внутренние IP-адреса и топологию, что увеличивает уровень безопасности.

Недостатками, которые оказывают отрицательное влияние на технологию NAT в данный момент являются:

- По причине неоднократных изменений IP-адресов сетевых пакетов затрудняется трассировка, в том числе локализация и ликвидация каких-либо проблем.

- В связи с тем, что технология NAT преобразовывает пакеты каждого IPv4-адреса эффективность глобальной сети снижается.

- Механизм трансляции сетевого адреса ограничивает работу протоколов туннелирования и IPsec из-за изменения значений заголовков, что затрудняет проверки целостности.

– Потеря сквозной адресации. Если программное обеспечение пользуется физическими адресами, то пакеты не попадают к получателю через роутер с технологией NAT.

Потеря сквозной адресации подразумевает, что устройства не смогут передавать пакеты напрямую в глобальной сети, что представляется основной проблемой в механизме трансляции сетевого адреса, потому как на ней завязаны все протоколы реального времени и большая часть приложений [2].

Решение представленной проблемы выше – не легкая задача, так как общей системы решения нет из-за разных архитектур сетей и поэтому, используя методы обхода отдельно друг от друга, как правило не всегда предоставляют необходимый эффект, но применив комплексный подход, есть вероятность разрешить данную задачу.

Методы, реализующие автоматический обход NAT:

1. Internet Gateway Device Protocol, Universal Plug and Play (IGDP UPnP) [3] – набор протокол для автоматической настройки интернет-шлюза для пропускания трафика. Universal Plug and Play (UPnP) имеет решение для обхода технологии преобразования сетевых адресов, реализацией которого занимается протокол IGD.

2. NAT Port Mapping Protocol (NAT-PMP) [4] – сетевой протокол, использующийся для автоматической настройки параметров NAT и настройки переадресации портов. Был создан компанией «Apple» в качестве альтернативы более распространенному стандарту IGDP.

3. Port Control Protocol (PCP) [5] – протокол компьютерной сети позволяющий хостам в сетях управлять преобразованием и пересылкой вышестоящим маршрутизатором, в задачи которого входит преобразование с помощью технологии NAT и фильтрация сетевых пакетов. Является преемником технологии NAT-PMP.

С помощью методов упомянутых выше, решается одна из главных проблем технологии преобразования сетевых адресов – отсутствие сквозной коммутации между устройствами, при этом, предложенные методы работают в автоматическом режиме без необходимости дополнительных настроек пользователем. Решение изложенной проблемы позволяет повысить эффективность и надёжность сети, особенно для VoIP, и приложениях, использующих пакеты реального времени.

#### Список использованных источников

1. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 5-е изд. СПб. : Питер, 2016. 847 с.
2. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. СПб. : Питер, 2012. 447–448 с.: ил. ISBN 978-5-459-00342-0.
3. Boucadair M., Penno R., Wing D. Universal Plug and Play (UPnP). Internet Gateway Device – Port Control Protocol Interworking Function (IGD-PCP IWF). RFC 6970, 2013. P. 3–8.

4. Cheshire S., Krochmal M. NAT Port Mapping Protocol (NAT-PMP). RFC 6886, 2013. P. 2–4.
5. Wing D., Cheshire S., Boucadair M., Penno R., Selkirk P. Port Control Protocol (PCP). RFC 6887, 2013. P. 4–5.

## УДК 004.5

Н. К. Елисеев (студент гр. ИСТ-031м, СПбГУТ)

### МЕТОД ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С ИНТЕРАКТИВНЫМ МЕДИАКОНТЕНТОМ ПОСРЕДСТВОМ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

*Стремительное развитие мультимедийных устройств (телевизоров, «умных» экранов, смартфонов и пр.) и усиление тенденции прямого взаимодействия человека с медиаконтентом привели к увеличению доли потребления интерактивного контента. Однако взаимодействие с интерактивными элементами подобного контента затруднено из-за несоответствия большей части мультимедийных устройств современным требованиям эргономики пользовательского интерфейса. При этом рост вычислительной мощности носимой электроники и развитие технологий дополненной реальности обеспечивают возможность создания новых методов человеко-машинного взаимодействия. В этих условиях актуализировалась необходимость создания универсального способа взаимодействия человека с интерактивным контентом, воспроизводимым на разных устройствах. В статье предложен метод универсального взаимодействия пользователя с интерактивными элементами медиаконтента посредством мобильного приложения дополненной реальности. Полученные результаты могут быть полезны при создании программных продуктов, основанных на единых принципах взаимодействия с интерактивным визуальным контентом.*

*интерактивный медиаконтент, юзабилити, удобство использования, метод, мобильное приложение, дополненная реальность, AR.*

Глубинные перемены в экономике и обществе: автоматизация промышленности, развитие иммерсивных технологий и цифровизация всех сфер жизни человека вынуждают медиарынок работать в принципиально новых технологических условиях, ориентируясь на перспективную целевую аудиторию создаваемого медиаконтента. Данная аудитория интуитивно ориентируется в современных цифровых технологиях, не испытывает сильного стресса при полном погружении в искусственный мир, то есть при переходе от физической реальности к её противоположности – виртуальной реальности, в отличие от представителей «поколения адаптации» [1], которые вынуждены специально осваивать, например, технологии дополненной или виртуальной реальности.

Интерактивный контент – способ взаимодействия с аудиторией, вовлекающий её в создание контента. Этот формат не похож на статический контент, который делает пользователей пассивными наблюдателями. Интерактивные элементы – элементы контента, с которыми пользователь может удобно и быстро взаимодействовать. С помощью интерактивных элементов у пользователя появляется возможность участия в голосованиях, просмотра дополнительной информации о контенте и пр. Основная идея создания интерактивного медиаконтента заключается в изменении модели поведения пользователя, побуждении его перейти от пассивного просмотра к активному.

За основу метода взаимодействия пользователя с интерактивными элементами медиаконтента выбрана технология дополненной реальности, применяемая в современных мобильных устройствах (смартфонах), так как технология позволяет отказаться от дорогих специализированных устройств дополненной реальности, доступна широкому кругу пользователей, интерфейс мобильного устройства и методы взаимодействия с ним не вызывают затруднений у современного человека. Также немаловажную роль в выборе технологии дополненной реальности сыграл тот факт, что в настоящее время вычислительная мощность носимой электроники позволяет реализовывать портативные прикладные AR-системы достаточно высокого качества.

На основе анализа и обобщения материала предметной области исследования выработаны основные требования к методу универсального взаимодействия человека с интерактивными элементами медиаконтента:

1. Метод взаимодействия с интерактивным контентом не должен зависеть от способа трансляции и устройства просмотра медиаконтента.
2. Метод взаимодействия с интерактивным контентом не должен зависеть от технологии интерактивного взаимодействия, реализованной на мультимедийном устройстве просмотра.
3. Метод взаимодействия с интерактивным контентом должен обеспечивать одинаковый функционал взаимодействия при просмотре контента на разных устройствах.
4. Метод должен обеспечивать возможность взаимодействия с интерактивным контентом без добавления и/или изменения информации на медиаконтенте при его создании.
5. Метод взаимодействия должен быть разработан и описан на основе существующих стандартов в области функционального моделирования для возможности дальнейшего эволюционного развития.

Выдвинутые требования к методу универсального взаимодействия человека с интерактивными элементами медиаконтента можно соблюсти, создав мобильное программное обеспечение (ПО) дополненной реальности.

На основе требований к методу универсального взаимодействия разработан метод взаимодействия пользователя с интерактивным контентом посредством мобильного приложения дополненной реальности, основанном на методологии и графической нотации функционального моделирования IDEF0, предназначенной для формализации и описания бизнес-процессов.

Стандарт IDEF0 (*Integration Definition for Function Modeling*) разработан в 1981 году департаментом Военно-воздушных сил США в рамках программы автоматизации промышленных предприятий. Новый метод должен был обеспечить групповую работу над созданием модели, с непосредственным участием всех аналитиков и специалистов, занятых в рамках проекта [2]. С 1981 года стандарт функционального моделирования IDEF0 претерпел несколько незначительных изменений, в основном, ограничивающего характера. Последняя редакция стандарта была выпущена в декабре 1993 года Национальным институтом по стандартам и технологиям США.

Нотация графического моделирования IDEF0 – система, используемая для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, связывающих эти функции. Стандарт IDEF0 утверждён в США в 1993 как Федеральный стандарт обработки информации. В России находится в статусе руководящего документа с 2000 года и в настоящее время в качестве стандарта не утверждён. Тем не менее методология IDEF0 является одним из популярных подходов для описания бизнес-процессов.

На основании анализа материалов предметной области и поставленных требований к технологии универсального взаимодействия разработан метод взаимодействия человека с интерактивными элементами медиаконтента, основанный на методологии и графической нотации функционального моделирования IDEF0. Декомпозированная диаграмма по методологии IDEF0 созданного метода взаимодействия с интерактивным медиаконтентом посредством мобильного приложения дополненной реальности представлена на рис. 1.

При получении информации о возможности взаимодействия с интерактивными элементами медиаконтента и желании взаимодействовать с ним, пользователю необходимо открыть мобильное приложение дополненной реальности на персональном мобильном устройстве с камерой (процесс 1).

После открытия мобильного приложения пользователь попадает в интерактивное AR-окно ПО. В соответствии с предложенной инструкцией пользователь наводит камеру смартфона на интерактивный контент, который может воспроизводиться на разных мультимедийных устройствах просмотра. После наведения камеры смартфона на медиаконтент в AR-окне появляются соответствующие контенту синтезированные интерактивные AR-элементы (процесс 2).

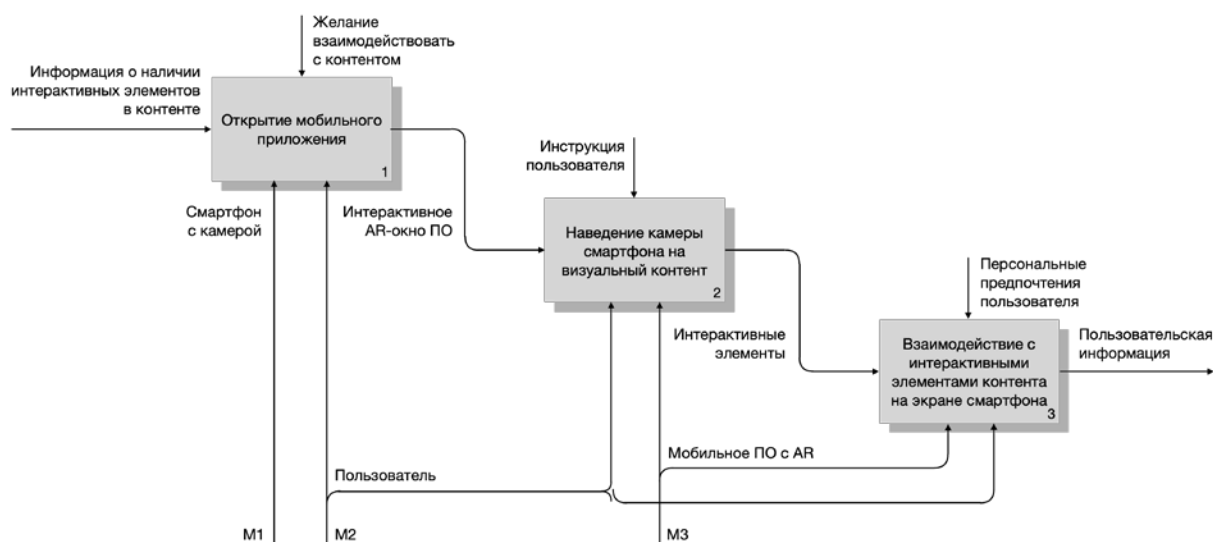


Рис. 1. Метод взаимодействия с интерактивным медиаконтентом посредством мобильного ПО дополненной реальности

После визуализации сгенерированных интерактивных элементов медиаконтента на AR-экране приложения пользователь может взаимодействовать с ними, руководствуясь своими персональными предпочтениями (процесс 3). Пользовательская информация, включая действия пользователя и мультимедийный контент, созданный пользователем, сохраняется в ПО для последующего анализа и расчёту статистических данных, а также может передаваться производителю медиаконтента и/или организации, собирающей интерактивную информацию о контенте.

В результате исследования разработана технология взаимодействия человека с интерактивным контентом, а именно: сформированы требования к методу универсального взаимодействия пользователя с интерактивными элементами медиаконтента, предложен и описан по методологии и графической нотации функционального моделирования IDEF0 метод взаимодействия. Разработанный метод является расширяемым, что позволяет его адаптировать под поставленные задачи.

#### Список использованных источников

1. Малыгина Л. Е. Дополненная реальность в ТВ-промодискурсе [Электронный ресурс] // Ученые записки Новгородского государственного университета: электрон. научн. журн. 2019. № 1(19). С. 4. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_38574626\\_27285287.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_38574626_27285287.pdf) (дата обращения: 04.05.2021).

2. Стандарт функционального моделирования IDEF0 [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/IDEF0> (дата обращения 02.02.2022).

*Статья представлена научным руководителем, кандидатом педагогических наук, доцентом Шияном А. А.*



УДК 004.414.28

Е. В. Жемчугова (студентка гр. ИСТ-913, СПбГУТ)

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ПОИСКУ НЕОБХОДИМЫХ ИНСТРУКЦИЙ В СЛУЧАЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

*Целью данной работы является разработка Android-приложения «Save Life», которое предоставляет возможность просмотра необходимых действий или инструкций в случае конкретной чрезвычайной ситуации и вызова экстренной службы.*

*Приложение «Save Life» – это приложение-справочник, содержащее информацию о необходимых действиях в экстренных ситуациях, позволяющее не только грамотно оказать первую доврачебную помощь, но и узнать о мерах предосторожности в случае ЧС.*

*мобильное приложение, первая доврачебная помощь, чрезвычайная ситуация, программное обеспечение.*

По данным Всемирной организации здравоохранения каждый двадцатый из 100 погибших в результате несчастных случаев мог бы быть спасён, если бы полноценная первая помощь была бы оказана непосредственно на месте происшествия. Широко известное правило «золотого часа» гласит, что если пострадавшим с угрожающими жизни повреждениями помощь не будет оказана в течение первого часа, то у них практически нет шансов выжить; если помощь оказывают в течение первых 18 минут – выживают около 15% пострадавших, а в течение первых 9 минут – 90 % [1].

Статистика также свидетельствует, что при неопасных для жизни травмах среди лиц, получивших первую помощь в течение первых 30 минут, осложнения возникают в 2 раза реже [2].

Основными причинами смерти пострадавших являются следующие факторы:

- травмы, несовместимые с жизнью – 20 %;
- задержка скорой помощи – 10 %;
- бездействие или неправильные действия очевидцев – 70 %.

Число погибших могло быть существенно меньше, если бы пострадавшим была оказана квалифицированная доврачебная помощь. К сожалению, смерть значительного количества людей происходит не столько из-за тяжести повреждений, сколько из-за неверных действий тех, кто оказывает доврачебную помощь, или из-за бездействия окружающих. Первое время пострадавшие остаются предоставленными сами себе (фаза «временной изоляции»), и проблема выживания решается путём оказания участниками

и очевидцами происшествия само- и взаимопомощи. К таким действиям большинство населения, как правило оказывается не готово [3].

Всё это свидетельствует о важности качественной и своевременной доврачебной помощи.

На сегодняшний день в мире практически не осталось людей, которые бы не пользовались мобильным устройством. Причинами их популярности можно назвать: функционал, доступ ко всем способам связи и, конечно же, небольшой размер устройства.

Смартфоны и планшеты стали выполнять большой спектр задач с помощью специально разработанных мобильных приложений, которые условно можно разделить на использующиеся для приятного времяпрепровождения и для удобного использования в различных жизненных ситуациях [4, 5]. Первая категория в основном включает игры, средства для обработки фото- и видеоматериалов, приложения для общения, а вторая направлена на решение конкретных задач, предоставляющих необходимый функционал пользователю в определённых сферах деятельности, к числу которых можно отнести оказание первой доврачебной помощи и действия в случае чрезвычайной ситуации.

В качестве аналогов разрабатываемого приложения были рассмотрены следующие программные продукты: «First Aid», «Первая помощь – МФОКК и КП», «СПАСЕННАЯ ЖИЗНЬ», «Первая помощь», «Неотложная помощь», «First Aid Kits Australia».

Обзор аналогичных продуктов показал, что при разработке приложения первой помощи стоит обратить внимание на ряд факторов: интуитивность и дружелюбность дизайна, возможность работы приложения без доступа к сети Интернет, возможность некоммерческого использования, структурированность информации, наличие инструкций по оказанию первых медицинских мероприятий пострадавшему или внезапно заболевшему на месте происшествия, русификация, адаптированность к мобильным устройствам, наличие быстрого поиска и возможность вызова скорой помощи из приложения, а также корректность информации.

Разрабатываемое приложение «Save Life» проектируется как удобный справочник, содержащий в себе не только хорошо структурированные и корректные инструкции по оказанию первой медицинской помощи потерпевшему на месте происшествия до приезда врачей, но и памятку действий при чрезвычайных обстоятельствах, таких как засуха, землетрясение, ураган или наводнение, которым пользователь сможет воспользоваться на своём мобильном устройстве.

Однако, во избежание перегруженности функционала, программный продукт ограничивается конкретным набором возможностей: просмотр инструкций по оказанию первой медицинской помощи и действий в случае чрезвычайной ситуации в режиме работы без доступа к сети Интернет, си-

стема быстрого поиска инструкций по названию ЧС, возможность некоммерческого использования, а также связь с приложением «Телефон» для набора номера экстренной службы и её последующего вызова.

Разрабатываемая система просмотра мероприятий по оказанию первой помощи пострадавшим и подготовке к чрезвычайным ситуациям должна удовлетворять нижеописанным функциональным требованиям [5].

Зайдя в приложение, пользователь попадает на страницу, содержащую раздел «Главное меню», в котором отображены ссылки на остальные разделы: «Первая помощь», «Подготовка к ЧС» и «Вызов экстренной службы».

В разделе «Первая помощь» в виде списка перечислены следующие ситуации: «Универсальный алгоритм оказания первой помощи», «Ранение», «Внутреннее кровотечение», «Наружное кровотечение», «Поражение электрическим током», «Перелом», «Вывих», «Ушиб», «Растяжение связок», «Перелом черепа», «Повреждение позвоночника», «Ожог», «Тепловой и солнечный удар», «Пищевое отравление», «Обморожение», «Утопление», «Укус змеи», «Укус животного», «Укус насекомого». В разделе реализована возможность прокрутки содержимого и возврата в главное меню с помощью символа «←» в верхней левой части экрана.

При выборе пункта из вышперечисленного списка экстренных ситуаций пользователь переходит на страницу, содержащую набор мероприятий по оказанию первой медицинской помощи пострадавшему. Данные на странице отображены в виде списка инструкций.

Внизу страницы располагается кнопка вызова экстренной службы «03», при нажатии на которую пользователь переходит в приложение «Телефон», где уже набран выбранный им номер, и остаётся лишь нажать на кнопку вызова, для осуществления разговора с работниками скорой помощи. После окончания разговора пользователь может вернуться в приложение «Save Life», где снова окажется на последней загруженной странице, т. е. странице с инструкциями, где он может вернуться в главное меню с помощью символа «←» в верхнем левом углу страницы.

Аналогичным образом реализован раздел «Подготовка к ЧС», где перечислены следующие ситуации: «Засуха», «Землетрясение», «Пожар», «Наводнение», «Пандемия», «Ураган», «Оползень», «Смерч», «Цунами», «Извержение вулкана», «Лесной пожар».

При выборе пункта из списка экстренных ситуаций пользователь переходит на страницу, содержащую набор действий в случае вышеупомянутого бедствия, данные также отображены в виде списка инструкций, после выполнения которых внизу страницы можно будет вызвать экстренную службу или же с помощью кнопки «←» вернуться на предыдущую страницу приложения.

Раздел «Вызов экстренной службы» содержит в себе номер экстренных служб в виде списка: «112», «01», «02», «03», при взаимодействии с которыми пользователь переходит в приложение «Телефон», где может осуществить звонок по сотовой связи с вышеперечисленными службами.

В результате анализа функциональных требований и обзора аналогичных проектов, были сформулированы следующие нефункциональные требования:

- мобильное приложение должно быть реализовано под платформу Android;
- мобильное приложение должно поддерживаться устройствами с установленной операционной системой Android, начиная с версии 8.0;
- мобильное приложение должно работать только в режиме портретной ориентации экрана;
- мобильное приложение должно быть разработано на языке программирования Java;
- мобильное приложение должно быть разработано с использованием паттерна MVC.

В ходе реализации проекта был проведён анализ программных средств для разработки мобильных приложений, обзор аналогичных решений магазина Google Play Store, была составлена сравнительная таблица аналогов разрабатываемого приложения, отражающая достоинства и недостатки вышеуказанных, было описано проектирование создаваемого мобильного приложения, представлены основные функциональные и нефункциональные требования к нему, а также была построена диаграмма вариантов использования системы.

#### **Список использованных источников**

1. Инструкция по оказанию первой доврачебной помощи // dzhmao.ru URL: <https://www.dzhmao.ru/info/instruktsiya-po-okazaniyu-pervoy-dovrachebnoy-pomoshchi.php> (дата обращения: 11.05.2022).
2. Памятка действий при чрезвычайных обстоятельствах // novreg.ru URL: <https://www.novreg.ru/region/Emergency.php> (дата обращения: 11.05.2022).
3. Универсальный алгоритм оказания первой помощи // mchs.gov.ru URL: [https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/universalnyy-algoritm-okazaniya-pervoy-pomoshchi\\_5](https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/universalnyy-algoritm-okazaniya-pervoy-pomoshchi_5) (дата обращения: 11.05.2022).
4. Макконелл С. Совершенный код. М. : Русская редакция, 2010. 896 с.
5. Химонин Ю. Сбор и анализ требований к программному продукту. СПб. : Питер, 2009. 51 с.

*Статья представлена научным руководителем,  
ассистентом Денисовой Ю. В.*

УДК 004.6; 796

**М. А. Зюриков** (студент гр. ИСТ-932, СПбГУТ)

**И. В. Пинегина** (преподаватель каф. ИУС, СПбГУТ)

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФУТБОЛЬНОГО КЛУБА**

*Футбол для населения страны является средством развлечения, которое позволяет поддерживать здоровый образ жизни, игровой драйв, а для некоторых может являться хобби. В научной статье сформирован единый образ представления информационной системы футбольного клуба путём расширения технологического базиса, автоматизации бизнес-процессов и модернизации методов обработки данных. Проектируемая информационная система полезна временным сотрудникам, постоянному персоналу, а также всем заинтересованным лицам в деятельности футбольного клуба.*

*футбольный клуб, информационная система, футбол, проектирование.*

В актуальных исследованиях [1, 2] не раз утверждалось, что футбол, как вид спорта, занимает главенствующее место по популярности в России. Однако, не раз случались события, когда предприниматели вкладывали средства в развитие футбольного клуба с целью получения спортивных результатов и, в итоге, не достигали этих целей, что провоцировало возникновение кризисного временного периода в деятельности спортивной организации. Сотрудникам сложно управлять футбольным клубом по разным причинам:

- нерациональный расход денег;
- отсутствие в некоторых российских клубах официальных точек продаж разного рода продукции со спортивной атрибутикой и билетов;
- отсутствие технических средств для экономии времени на анализ важных моментов матчей;
- отсутствие оперативной коммуникации между сотрудниками;
- отсутствие вариативного подхода по коррекции расписания сотрудников и др.

Целесообразность проектирования информационной системы (ИС) футбольного клуба находит подтверждение в следующих нормативных документах Российской Федерации:

- В ходе реализации социального проекта России «Спорт – норма жизни» [3]. Проект «Спорт-норма жизни» обеспечивает достижение целей соответствующей федеральной единицы в составе национального проекта «Демография». Цель национального проекта – создание для всех категорий и групп населения условий для занятий физической культурой и спортом,

массовым спортом, в том числе, повышение уровня обеспеченности населения объектами спорта, а также подготовка спортивного резерва.

– В национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [4] выделяется одна из ключевых сквозных цифровых технологий – «Цифровые услуги и сервисы онлайн». Правительство РФ ставит перед собой задачи, определяющие развитие данного кластера.

– «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [5]. В пункте 46 одним из ключевых моментов выделено создание отечественных информационных и коммуникационных технологий путём получения государством и гражданами новых технологических преимуществ для формирования новых рынков и установления на них лидирующих позиций.

На рис. 1 представлена сгенерированная модульная структура проектируемой ИС футбольного клуба.

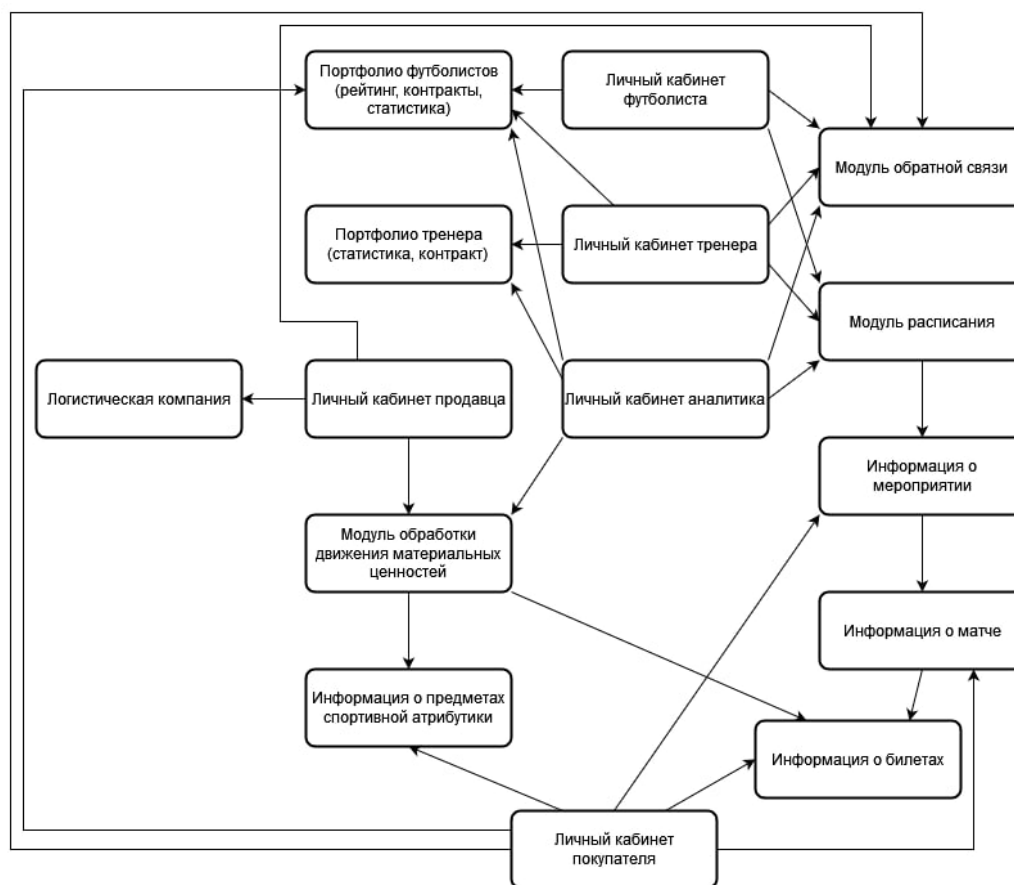


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей ИС футбольного клуба

Перечень основных функций информационной системы включает в себя: автоматизацию платежей заказов, автоматизацию контрактов, визуализацию расписания, поддержку коммуникации между сотрудниками, реализацию потоковой передачи видеоданных и обработку видеозаписей матчей.

На рис. 2 представлена разработанная карта пользовательских историй для структуризации разработки минимально жизнеспособного продукта с поддержкой версионного контроля по методологии SCRUM с учётом приоритизации ключевых элементов проектируемой ИС футбольного клуба [6].

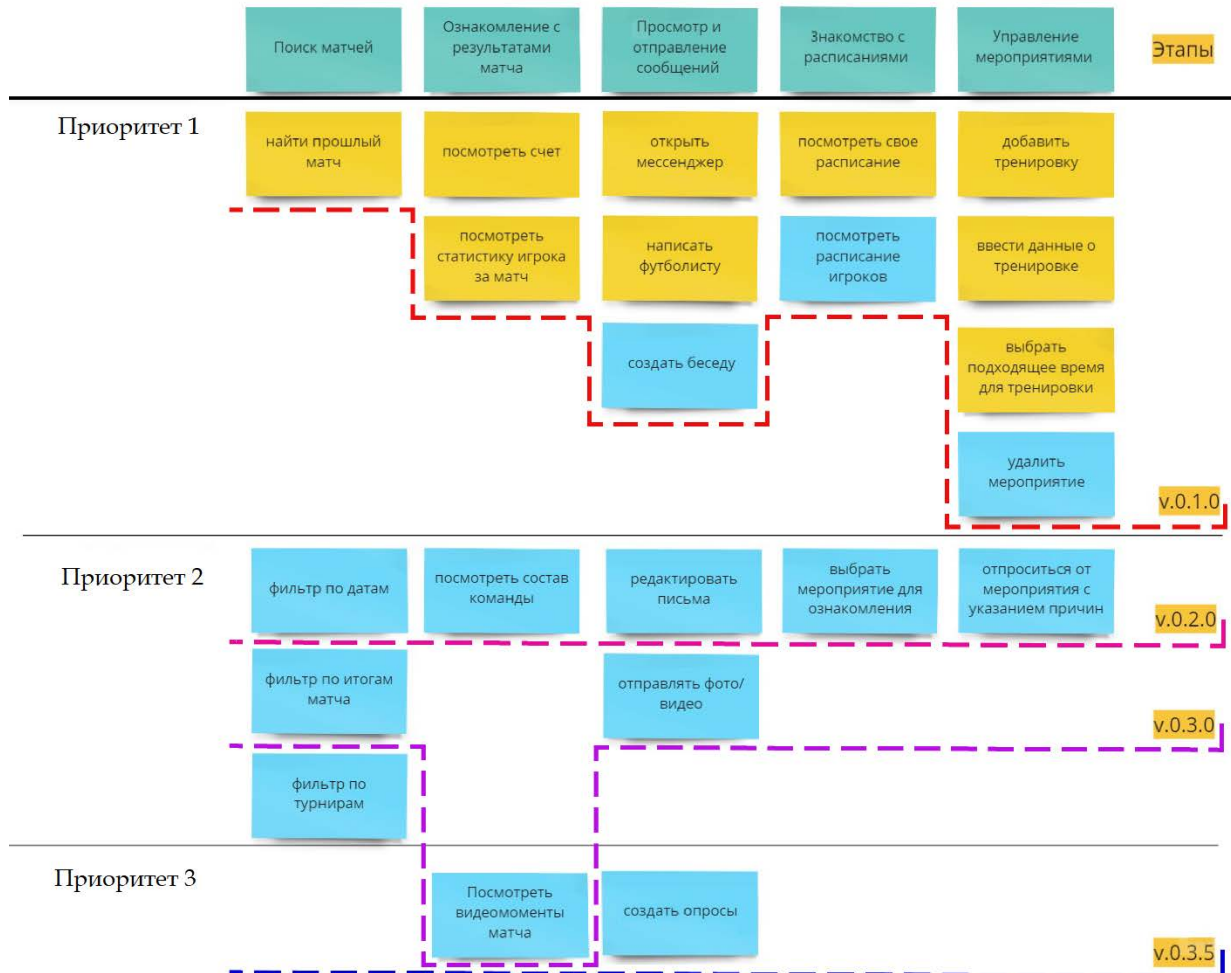


Рис. 2. Карта пользовательских историй ИС футбольного клуба

Прототип страницы ИС футбольного клуба «Расписание игрока» представлен на рис. 3.

Расписание представляет собой график, где ось по вертикали – приоритет, ось по горизонтали – время. В макете страницы ИС представлены фиолетовые линии – это временной интервал, который выделяется на поездку. Игроку предоставляется право ограниченного выбора для последующей деятельности. Например, если игрок посетит первую тренировку, то он поедет на матч подготовленным (при условии, что тренер разрешит ему участвовать в матче). В противном случае, если игрок не посетит тренировку и не поедет на матч вечером, то он может заняться другими предопределёнными делами: встретиться с фанатами или поехать в тренажёрный зал. Предложенная вариация организации тайм-менеджмента игрока позволит установить активную позицию сотрудника футбольного клуба.

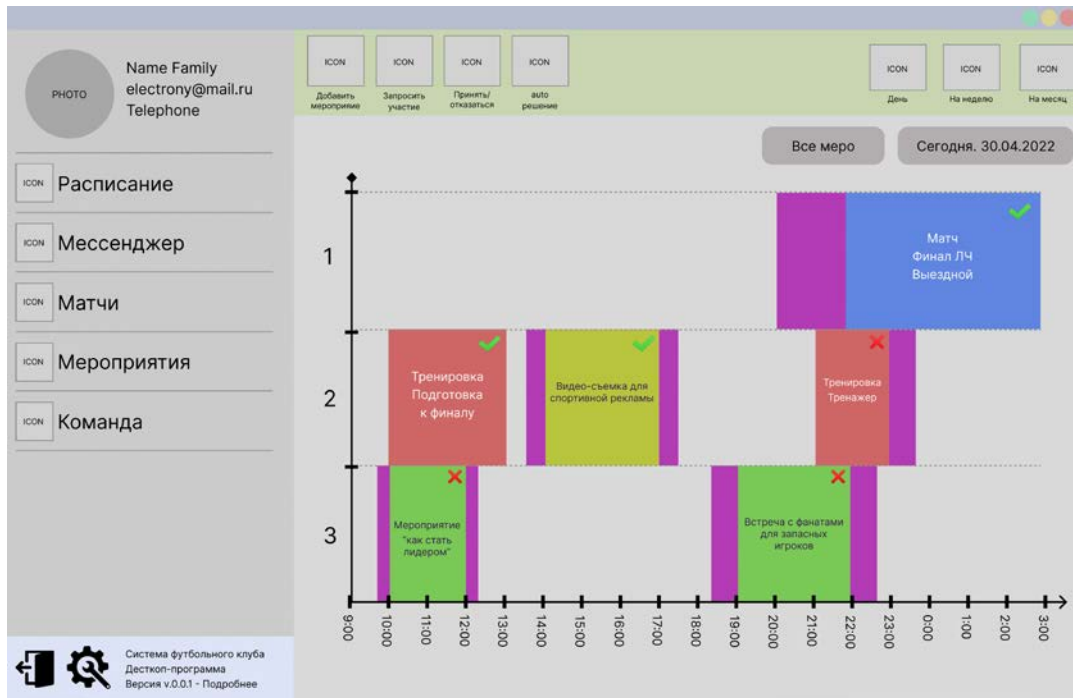


Рис. 3. Прототип страницы «Расписание игрока»

Следующая страница отображает информацию о матче, счет и результат матча. В разделе «Сетка» отображается информация о турнирной таблице. В разделе «Схема» отображается список задействованных игроков и список запасных игроков, а также судья и тренеры, которые участвуют в текущем матче. В разделе «Видео» отображается список видеофрагментов важных отрезков времени матчей. Прототип страницы «Информация о матче с видеофрагментами» представлен на рис. 4.

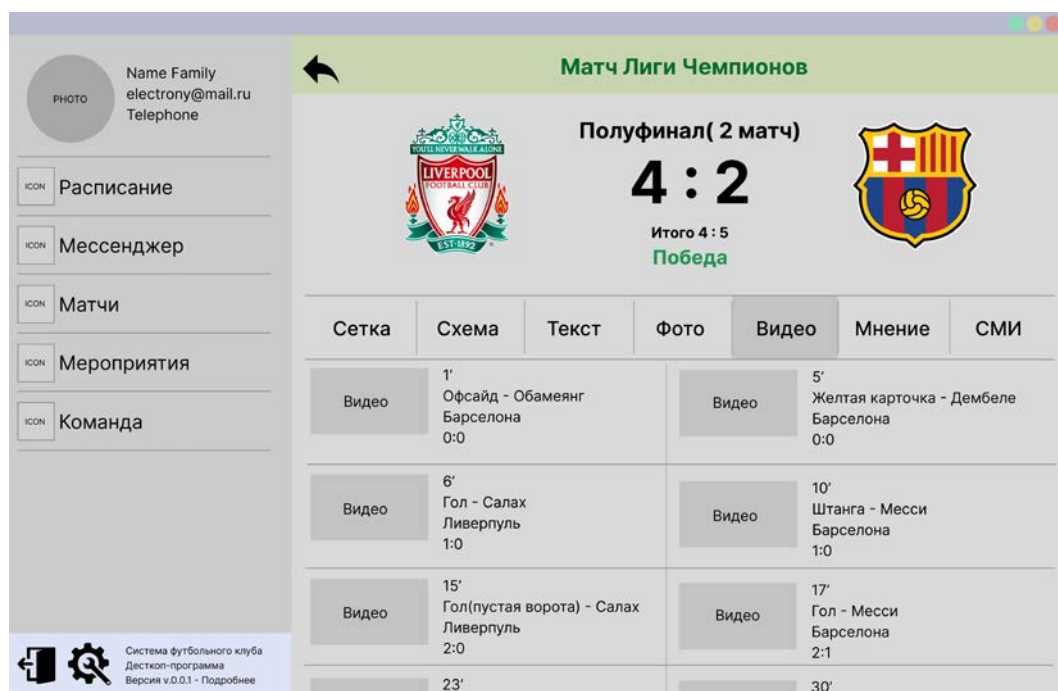


Рис. 4. Прототип страницы «Информация о матче с видеофрагментами»



Определена целевая аудитория ИС футбольного клуба: покупатели, гости и сотрудники: футболисты, тренеры, аналитики, руководство высшего звена, работники отдела маркетинга. Возрастные ограничения: для покупателей продукции со спортивной атрибутикой – 6+ с ограничением доступа к покупке билетов на матчи, для посетителей спортивных активностей, которые ориентировочно заканчиваются до 21:00 – 16+ (без присутствия законных представителей), после 21:00 – 18+, для сотрудников ФК – 14+.

Материалы статьи годятся для разработки реальных проектов. Основные векторы развития информационной системы футбольного клуба:

1. Процесс дальнейшего проектирования информационной системы необходимо привести к полной кроссплатформенной разработке.

2. После этапа проектирования представляется реальным исходом – найти организацию, которая выделит бюджет на разработку и обслуживание системы.

3. Для обслуживания ИС необходимо подобрать высококвалифицированный персонал, который будет работать над модификацией и поддержкой модульной архитектуры информационной системы.

4. В итоговой вариации информационной системы можно рассмотреть вопрос интеграции среди кластера футбольных клубов.

Если информационную систему спроектировать должным образом и прийти к реализации, то наиболее вероятен факт того, что вышеописанные проблемы сведутся к минимуму. Вследствие этого эффекта – у некоторой части населения страны возобновится интерес к футболу, а в футбольных клубах – уменьшится риск возникновения экономического кризиса, риск неэффективного управления персоналом и разрешится проблема затруднительной коммуникации между разными категориями пользователей.

#### Список использованных источников

1. Кожанова Е. П. Популярные виды спорта в России // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2018. С. 593-5934.

2. Буганов А. В. Футбол в нашей жизни // Этнографическое обозрение. 2018. № 2. С. 5–10.

3. Национальный проект «Спорт – норма жизни». URL: [https://национальныепроекты.рф/projects/demografiya/sport\\_norma\\_zhizni](https://национальныепроекты.рф/projects/demografiya/sport_norma_zhizni) (дата обращения: 29.04.22).

4. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28 июля 2017 г. № 1632-р // Сайт Правительства Российской Федерации URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 26.04.2022).

5. Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» // Официальное интернет-представительство президента России URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 26.04.2022).

6. Пинегина И. В. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий [Лекционный курс], СПбГУТ; СПб. , 2022.

*Статья представлена заведующим кафедрой ИУС СПбГУТ, доктором технических наук, профессором Птицыной Л. К.*

**УДК 004.9**

**М. В. Котлова** (старший преподаватель каф. ИУС, СПбГУТ)

**А. С. Кулаков** (студент гр. ИСТ- 821, СПбГУТ)

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАГАЗИНА ТОВАРОВ ДЛЯ ТВОРЧЕСТВА**

*В статье рассмотрены способы создания и внедрения информационных систем сопровождения деятельности, на примере магазина товаров для творчества. Выделены основные модули, необходимые для разработки и функционирования системы. Проведён анализ современных вариантов информационных систем сопровождения деятельности. Разработана информационная система сопровождения основных процессов магазина товаров для творчества на базе WordPress.*

*разработка, информационная система, content management system, web-caim.*

В настоящее время существует множество информационных систем, посвященных оптовой и розничной торговле в сети интернет, в том числе товаров для творчества. Акцент этих систем заключается на продаже конкретных товаров от определенной компании или групп компаний покупателям. Но готовой системы, которую может использовать индивидуальный предприниматель или небольшая компания для организации торговли товарами для творчества не существует.

Для решения вопроса о целесообразности проектирования и последующей разработки информационной системы сопровождения деятельности магазина товаров для творчества принято решение посчитать годовой экономический эффект [1].

Основой для расчета годового экономического эффекта является методика, которая предусматривает сопоставление приведенных затрат по базовому и внедряемому вариантам. Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = [(T_б + E_н \cdot K_б) - (T_в + E_н \cdot K_в)] \cdot B,$$

где  $T_б$ ,  $T_в$  – годовые текущие затраты в базовом и внедряемом вариантах;  $K_б$ ,  $K_в$  – капитальные вложения в базовом и внедряемом вариантах, равны;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  $B$  – число программных продуктов, внедрённых в текущем году.

Как и многие системы, разрабатываемая информационная система сопровождения деятельности магазина товаров для творчества является модульной. Такой подход обеспечивает более гибкую настройку функций, а также позволяет работать с конкретными задачами в рамках одного модуля, не меняя и не используя другие модули системы.

В разрабатываемой системе модули будут разделены по выполняемым ими задачам и связанными с ними функциями для более эффективного управления каждым отдельным модулем [2].

Для проектирования и дальнейшей разработки информационной системы сопровождения деятельности магазина товаров для творчества обозначены следующие компоненты:

- «База данных и CMS». В базе данных хранится вся информация и данные, необходимые для функционирования системы (например, данные о пользователях ИС).

- «Сервер». Это модуль системы, отвечающий за хостинг сайта в сети интернет и обеспечивающий работоспособность площадки для пользователей.

- «Личный кабинет пользователя». Данный модуль предоставляет доступ к созданным заказам и настройке информации о себе.

- «Консоль разработчика». Модуль с помощью которого происходит управление интернет-магазином администрацией сайта.

- «Товары магазина». В данном модуле представлены товары магазина, их описание, стоимость и вариации.

Основные функции системы, реализуемые в компонентах и модулях, определены в виде представления прецедентов (рис. 1, см. ниже).

Дизайн разрабатываемой информационной системы сопровождения деятельности магазина для творчества имеет большое влияние на скорость работы пользователя с системой и на восприятие системы в целом [3].

Ключевыми потребностями к программному обеспечению, используемому для проектирования информационной системы является возможность работы и использования бесплатно, а также возможность работать удаленно на разных операционных системах, для того, чтобы обеспечить возможность быстро изменить какие-либо элементы макета (рис. 2, см. ниже).

В ходе разработки информационной системы учтены все моменты, важные для существования интернет-магазина, в результате реализованное решение полностью выполняет запросы магазина товаров для творчества и автоматизирует процесс покупки продукции, что позволит увеличить количество продаж магазина и уменьшит время необходимое для отслеживания ключевых показателей [4].

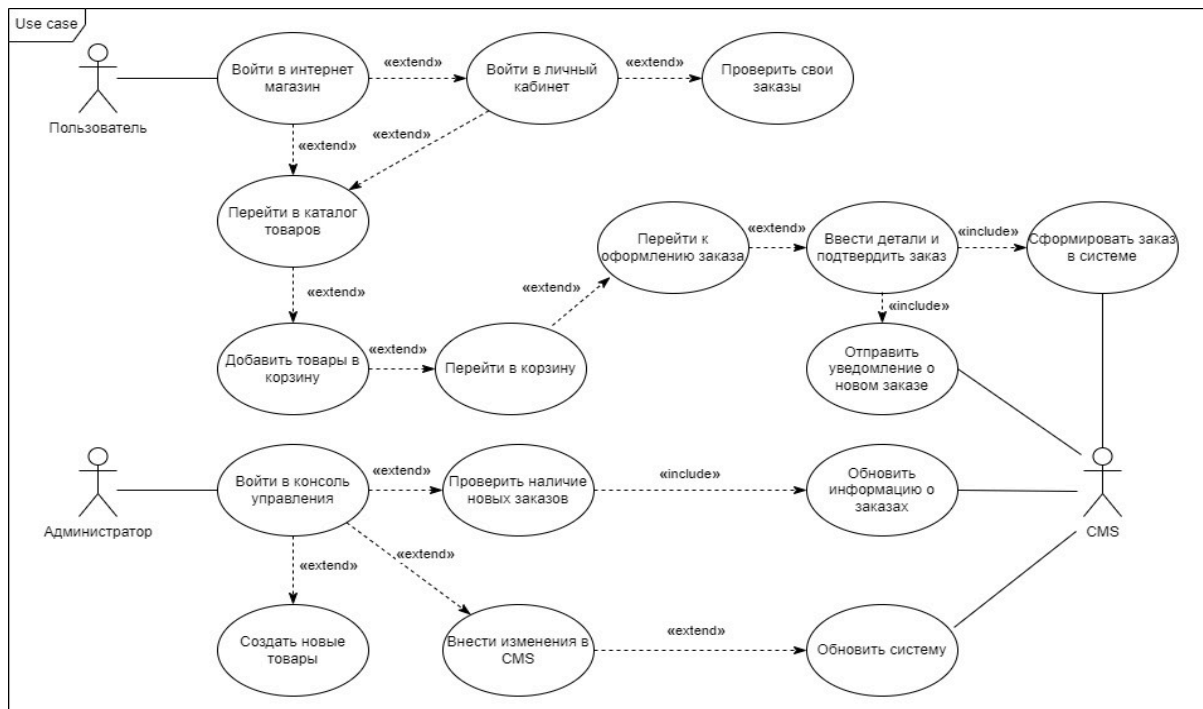


Рис. 1. Диаграмма прецедентов общего взаимодействия

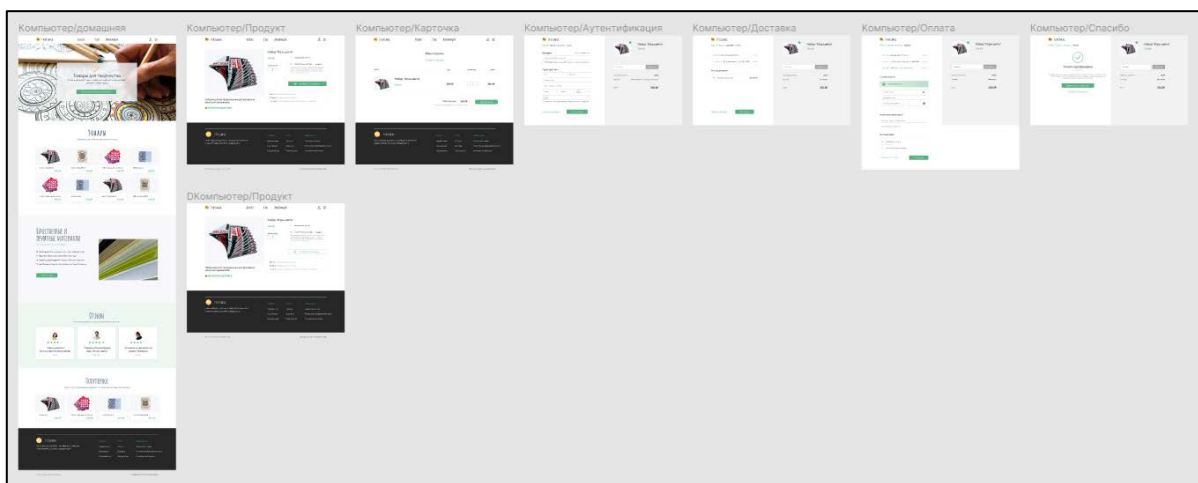


Рис. 2. Макеты разрабатываемых страниц в среде Figma

Сервис является уникальным с точки зрения возможности реализации тонкой настройки функциональных возможностей, так как набор используемых методов и средств разработки, персональных настроек, файлов и особенностей конкретного магазина не повторяется ни в одной другой системе подобной направленности.

Краткосрочные перспективы развития разработки заключаются в расширении товарной сетки, улучшении формируемых отчетов, создании новых страниц и возможностей для пользователей посредством использования новых материалов и плагинов. В долгосрочной перспективе система может быть улучшена более сложными и платными расширениями для CMS или вовсе перенесена в новую базу данных, но уже без использования

«WordPress» для сохранения и улучшения необходимых функций и оптимизации процессов работы информационной системы как для пользователей, так и для администрации ресурса.

#### Список использованных источников

1. Гасанов Т. А., Гасанов Г.А. Цифровая экономика как новое направление экономической теории // РППЭ. 2017. 80 с.
2. Уотермен, Д. Руководство по экспертным системам. М. : Мир, 1989. С. 624.
3. Шеер А.-В. Моделирование бизнес-процессов. М. : Серебряные нити, 2000. 219 с.
4. Юрасов А. В. Основы электронной коммерции: учеб. для вузов. М. : Горячая линия. – Телеком, 2008. 480 с

#### УДК 72.012

**М. В. Котлова** (старший преподаватель каф. ИУС, СПбГУТ)

**Е. Д. Митченкова** (студентка гр. ИСТ-821, СПбГУТ)

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО СОЗДАНИЮ ИНТЕРЬЕРА ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

*Исследованы основные аспекты системы, разработан алгоритм создания интерьера жилых помещений. Сформирована математическая модель, обеспечивающая возможность размещения объектов. Предложена концепция создания интерьера жилых помещений, на основе персональных предпочтений пользователя. Разработаны алгоритмы определения наиболее подходящих макетов интерьера по стилистическому и практическому решению. Определены перспективы развития информационной системы по созданию интерьера жилых помещений.*

*информационная система, дизайн интерьера, пользовательский интерфейс, прототипирование, дизайн жилого помещения.*

Интерьер является неотъемлемой частью жизни каждого человека. Интерьер в переводе с французского означает «внутреннее пространство». В интерьер входит созданная архитекторами и строителями – планировка, а также размещение мебели, систем освещения, и декоративных предметов.

В настоящее время существует много онлайн – сервисов, посвященных созданию интерьера жилых помещений. Аналоги проектируемой системы являются узконаправленными и специализируются на создании дизайн – проектов из базовых предметов интерьера, что в дальнейшем усложняет подбор и поиск подходящего декора и мебели для пользователя.

В рамках исследования проведено тестирование по средствам анкетирования, с целью получения оценки популярных онлайн – сервисов по созданию интерьера жилых помещений. Результаты опроса показали, что текущие решения непонятны и сложны для среднестатистического пользователя, перегружены лишней информацией, несут в себе либо мало функций, либо наоборот перегружены излишней информацией или не используют элементы интерьера из существующих магазинов.

Учитывая возможности и навыки среднестатистического пользователя, необходимо создать систему, которая будет иметь широкий спектр настроек, персонализации и фильтрации, при этом важно учитывать многие аспекты, отвечающие определенным требованиям к формированию проекта таким как эргономическим, санитарно-гигиеническим и эстетическим.

Принцип модульности является средством упрощения задачи проектирования программного обеспечения (ПО) и распределения процесса разработки. При разбиении ПО на модули, для каждого модуля указывается реализуемая им функциональность, а также связи с другими модулями [1, 2].

Проектируемая информационная система по созданию интерьера жилых помещений содержит следующие модули:

- модуль администрирования – назначение привилегий, корректирования форм и шаблонов системы, осуществления резервного копирования базы данных;
- модуль авторизации и идентификации – для проверки подлинности логина и пароля пользователя, входа в систему с назначенными привилегиями;
- модуль управления проектом – для создания и редактирования проектов, изменения статуса выполнения;
- модуль назначения исполнителя – для выбора сотрудника ответственного за выполнение проекта;
- модуль клиентов – для регистрации данных о клиентах онлайн-сервиса;
- модуль отчетности – для формирования отчетов.

Схема взаимодействия модулей представлена на рис. 1.

Для формализации процесса создания дизайн-проекта жилого помещения, разработан алгоритм работы комплекса модулей информационной системы, определяющий поэтапный процесс выполнения функций системы (рис.2).



Рис. 1. Модули информационной системы

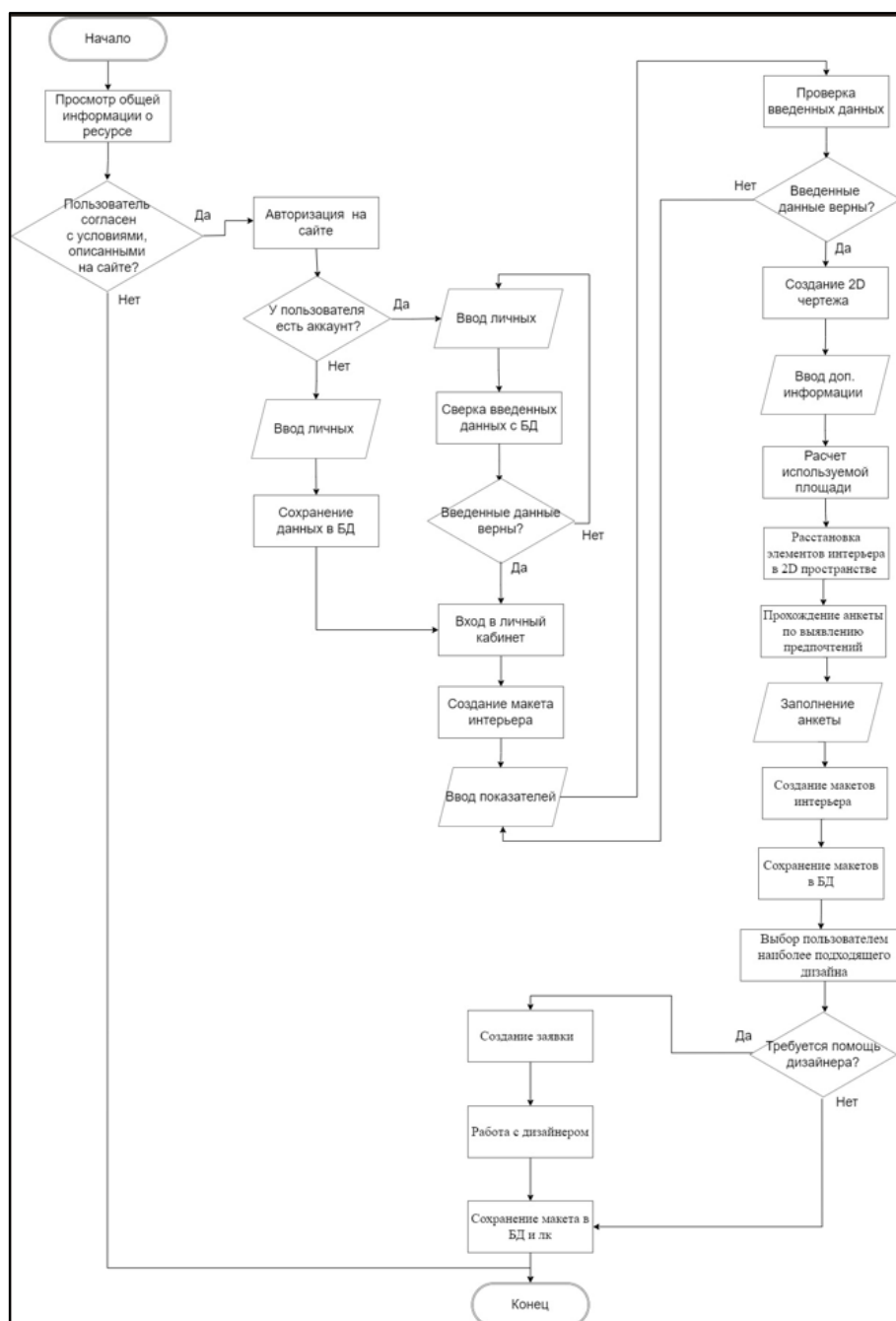


Рис. 2. Алгоритм работы информационной системы

Работа системы подразумевает прохождение следующих этапов:

Этап 1: Информация, полученная с помощью введения показателей в определенную форму, загруженную самой системой: длина всех стен (более или равно 4), высота потолков. По результатам создается чертёж в 2D формате.

Этап 2: Пользователь из каталога выбирает необходимые элементы (дверные и оконные проемы, система отопления). Расставляет их согласно выбранному помещению.

Этап 3: По результатам рассчитывается площадь помещения. Учитывая все условия и правила обозначенных элементов на чертеже.

Универсальный способ расчета площади, учитывая особенности и уникальные углы помещений. Для расчета используется формула площади Гаусса. Предоставленная формула площади (1) верна для любого самопересекающегося многоугольника, который может быть, как выпуклым, так и вогнутым. Формула может быть представлена следующим выражением:

$$S = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i + x_1 y_n \right|, \quad (1)$$

где  $S$  – площадь многоугольника,  $n$  – количество сторон многоугольника,  $(x_i, y_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  – координаты вершин многоугольника.

Частным случаем помещения является круглая планировка, для расчета используемой площади используется формула (2):

$$S = \pi r^2, \quad (2)$$

где  $r$  – радиус,  $\pi$  – это константа, которая выражение отношение длины окружности к диаметру.

Этап 4: Расстановка элементов интерьера в 2D пространстве из определенного набора элементов интерьера (загрузка каталога из базы данных) согласно используемой площади, рассчитанной в предыдущем пункте. Загруженные элементы интерьера в БД с заданными условиями созданы в программе Cinema 4D, используемая для трехмерной графики анимации.

Этап 5: Получение дополнительной информации с помощью прохождения пользователем анкеты, которая включает в себя следующие пункты: стиль создаваемого интерьера; выбор приоритетного цвета в дизайне, соответствующего вкусам пользователя; материал, используемый в создании мебели и элементах декора.

Пользователю необходимо выбрать один и более вариантов ответа.

Этап 6: Преобразование 2D чертежа в 3D.

Этап 7: По результатам полученной информации генерируются макеты интерьера жилых помещений, согласно стилистики, особенности планировки, и личным предпочтениям пользователя.

По полученному списку элементов выставленными пользователем в 2D чертеже, с фильтрацией согласно стилю и габаритам из магазинов, представленных на рынке и сотрудничающие с онлайн-сервисом создаются макеты готовых интерьеров.

Все полученные результаты сохраняются в личный кабинет пользователя.

Этап 8: Выбор пользователем наиболее подходящего дизайна.



Этап 9: Оценив расстановку объектов пользователю предоставляется возможность изменить расположение и внешний вид элементов интерьера. Прибегнув к консультации человека – дизайнера.

В результате выполнения научной работы по созданию интерьера жилых помещений обоснована необходимость проектирования информационной системы сравнены схожие по назначению онлайн-сервисы, приведены основные требования для проектирования информационной системы. Описаны функции, модули и алгоритм работы информационной системы.

#### **Список использованных источников**

1. Дегтяренко И. А., Бурмистров И. Теория деятельности и разработка информационных систем: современные тенденции // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики, 2005. Т. 3, № 32. С. 37–38.

2. Котлова М. В., Давыдова Е. В. Методы и средства проектирования информационных систем и технологий: учебное пособие [Электронный ресурс]; СПбГУТ. СПб., 2015. 64 с.

#### **УДК 004.056.53**

**Е. А. Лакомкина** (студентка гр. ИСМ-113, СПбГУТ)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ С МЯГКОЙ АРХИТЕКТУРОЙ**

*Обоснована актуальность исследования комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой. Предложены альтернативные подходы к организации интеллектуальных комплексных систем защиты информации. Рассмотрены технологии комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой. Выделены направления развития рассмотренных технологий. Определены методологические аспекты развития и исследования технологий комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой.*

*информационная безопасность, защита информации, комплексная система, принципы организации, развитие, мягкая архитектура, методологические аспекты.*

Цифровая трансформация экономики, развитие информационных инфраструктур и сфер профессиональной информационной деятельности в их средах неразрывно связано с обеспечением информационной безопасности с целью обеспечения устойчивого функционирования техногенных систем, национальных магистралей, промышленных объектов и ресурсов, обеспечивающих высокую эффективность деятельности. В условиях изменяющейся динамики окружающей среды, непрерывного развития способов

внешнего информационно-технического воздействия на цифровые технологии, расширения масштабов информационных систем и их технологических возможностей актуализируется вопрос о формировании технологий, обеспечивающих безопасное функционирование информационной инфраструктуры. Особое внимание в подобных условиях уделяется комплексным системам защиты информации с использованием технологий искусственного интеллекта. Высокий уровень значимости технологий искусственного интеллекта определяется в Указе Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации».

В контексте обеспечения информационной безопасности предопределяется объективная необходимость развития современных подходов к защите информации объектов и систем, сопровождающих деятельность во всех секторах цифровой экономики, и повышения её качества путем внедрения технологий искусственного интеллекта. Ключевой особенностью современных условий выполнения деятельности в средах информационных инфраструктур является априорная неопределённость знаний об их состояниях.

В представленных условиях формируются объективные предпосылки для перехода к проектированию, разработке, внедрению и сопровождению комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой [1, 2].

В мягкой архитектуре моделируется и наблюдается поведение окружающей среды, оценивается и уточняется ее состояние, планируются интеллектуальным агентом или интеллектуальной многоагентной системой вариативы комплексирования средств защиты информации исходя из анализа построенной генеральной онтологии средств, каждое из которых описывается с использованием логики предикатов первого порядка, моделируются вариативы спланированного комплексирования, оцениваются и уточняются показатели профилей качества защиты, соответствующих оценённому состоянию среды, выбирается наилучший вариант комплексирования средств, удовлетворяющих необходимым требованиям.

Переход к реализации представленной функциональности нуждается в расширении технологического сопровождения жизненного цикла комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой. В связи с описанной ситуацией исследования комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой нацеливаются на расширение технологического сопровождения их жизненного цикла.

Для достижения представленной цели необходимо поставить и решить следующие задачи:

- формализовать описание знаний о вариативных вариантах целеполагания жизненного цикла комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой;
- определить и классифицировать возможные профили качества комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой;

- построить концептуальные модели комплексных систем защиты информации с мягкой архитектурой;
- разработать модели и методы оценивания состояния окружающей среды интеллектуальными агентами;
- сформировать модели и разработать методы оценивания состояния окружающей среды с помощью интеллектуальных многоагентных систем;
- разработать онтологии средств защиты информации применительно к возможным состояниям окружающей среды;
- разработать подсистему планирования комплексирования средств защиты информации применительно к возможным состояниям окружающей среды;
- разработать математическое обеспечение подсистем моделирования вариативов спланированного комплексирования средств защиты информации применительно к возможным состояниям окружающей среды;
- выбрать среды проектирования и создания инструментальных средств для оценивания и уточнения показателей профилей качества защиты, соответствующих оценённым состояниям окружающей среды;
- разработать методы управления качеством функционирования комплексными системами защиты информации с мягкой архитектурой.

Формализации, представленные в работах [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], могут послужить опорным базисом для решения перечисленных задач.

Представленное направление исследований комплексных систем защиты информации характеризуется научной новизной, предопределяемой составом и содержанием выделенных задач.

#### Список использованных источников

1. Птицына Л. К., Жаранова А. О., Белов М. П., Птицын А. В. Управление мягкой архитектурой распределенных комплексных систем защиты информации // IV Международная конференция по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2021) : сборник докладов. Санкт-Петербург. 21–23 сентября, 2021 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 138–142.
2. Птицына Л. К., Жаранова А. О., Птицын Н. А., Белов М. П. Расширение интеллектуальных технологий мягких архитектур интегрированных биометрических систем // Проектирование и обеспечение качества информационных процессов и систем : сборник докладов Международной конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 104–107.
3. Птицына Л. К., Карачинская Е. А., Маргаритова Я. С. Методика анализа влияния средств извлечения знаний на безопасность персональных данных при их обработке в информационных системах // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019). XI Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 г.: материалы конференции / СПОИСУ. СПб., 2019. С. 140–142.
4. Птицына Л. К., Карачинская Е. А., Маргаритова Я. С. Анализ влияния средств извлечения знаний на безопасность персональных данных в информационных системах // Региональная информатика и информационная безопасность : сборник трудов. Выпуск 7 / СПОИСУ. СПб., 2019. С. 118–120.

5. Птицына Л. К., Дымченко А. В. Аналитическое моделирование мультиагентных систем принятия решений по обнаружению угроз информационной безопасности // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019). XI Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 г. : материалы конференции / СПОИСУ. СПб., 2019. С. 138–140.

6. Птицына Л. К., Дымченко А. В. Моделирование мультиагентных систем принятия решений по обнаружению угроз информационной безопасности // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 7 / СПОИСУ. – СПб., 2019. С. 115–118.

7. Птицына Л. К., Паскин Д. М. Анализ рисков срыва временного регламента по обнаружению угроз информационной безопасности // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019). XI Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 г. : материалы конференции / СПОИСУ. СПб., 2019. С. 466–468.

8. Птицына Л. К., Паскин Д. М. Определение рисков срыва временного регламента по обнаружению угроз информационной безопасности // Региональная информатика и информационная безопасность : сборник трудов. Выпуск 7 / СПОИСУ. СПб., 2019. С. 126–128.

9. Птицына Л. К., Птицын А. В., Ковешников Н. О. Методика анализа влияния агентов мониторинга на качество функционирования комплексных систем защиты информации // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019). XI Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 23–25 октября 2019 г. : материалы конференции / СПОИСУ. СПб., 2019. С. 146–148.

*Статья представлена научным руководителем,  
доктором технических наук, профессором Птицыной Л. К.*

**УДК 004.032**

**Е. А. Марченкова** (преподаватель-программист СКТ филиала СПбГУТ)

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЧЕТЫРЕХ КРУПНЕЙШИХ ПРОВАЙДЕРОВ ПО ВЫЧИСЛЕНИЮ, ОБРАБОТКЕ, ХРАНЕНИЮ И РАБОТЕ С BIG DATA В ОБЛАКЕ**

*Данная статья затрагивает актуальный на сегодняшний день для программиста и техника-программиста вопрос о способах создания ресурсов и об организации работы с Big Data в облаке, а также о вычислении, обработке и хранении данных в облаке. Проведен сравнительный анализ четырех крупнейших провайдеров, Microsoft Azure, Yandex Cloud и Google Cloud по четырем критериям: вычисления, сетевые сервисы, хранение данных, Big Data. В статье отображены преимущества и недостатки (безопасность, глобальная сеть, Big Data, Machine Learning, NoOps и снижение затрат) Amazon Web Services, Microsoft Azure и Google Cloud. Далее приведен пример архитектуры для сравнения стоимости Google Cloud и Amazon Web Services; Google Cloud и Yandex Cloud.*

*облачные сервисы, ресурсы и провайдеры.*

Облачные сервисы – это модель предоставления удобного сетевого доступа по требованию.

В настоящее время крупнейшими облачными провайдерами являются Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud и Yandex Cloud и др. AWS – первый в истории облачный провайдер. Microsoft Azure – облачный провайдер от корпорации Microsoft, обеспечивающий интеграцию практически со всеми сервисами Microsoft. Google Cloud – предоставленный компанией Google набор облачных служб, которые выполняются на той же самой инфраструктуре для вычисления, использования и возврата необходимого результата; это набор коммерческих облачных сервисов, основанных на разработках и опыте Google в эксплуатации собственных продуктов. Yandex Cloud – это предоставленные компаниями Ростелеком и Yandex набор связанных облачных служб, например, виртуальные машины, диски, базы данных и др. и их управление осуществляется при помощи соответствующего сервиса.

Вышеперечисленные облачные провайдеры имеют в основе своих сервисов огромные дата-центры, чьи вычислительные ресурсы с помощью системы виртуализации разделяются на небольшие части: IaaS, PaaS, SaaS, FaaS, KaaS и т. д. [5]. Облачные провайдеры предлагают множество услуг, адаптированных к различным требованиям клиентов. IaaS, PaaS, SaaS, FaaS, KaaS и т. д. Конструкция «aaS», является продолжением основных предложений «как услуга» (*as a Service*), которые облачные провайдеры почти всегда предоставляют.

Это IaaS, PaaS и SaaS, которые обозначают соответственно инфраструктуру как услугу (*Infrastructure as a Service*), платформу как услугу (*Platform as a Service*) и программное обеспечение как услугу (*Software as a Service*). Важно визуализировать облачные сервисы как уровни предоставляемых услуг. Это означает, что, когда мы поднимаемся или спускаемся с уровня на уровень, как клиент, применяем различные варианты обслуживания, которые либо добавляются, либо убираются из основного предложения.

Как пишет А. Сенько, создать облачный ресурс – это отправить запрос контроллеру ресурсов, размещенному в облачном ЦОДе, на выделение требуемых вычислительных ресурсов из пула доступных, т. е. новый ресурс не создается, а только выделяется по требованию [5, с. 16].

Существует четыре способа управления облачной инфраструктурой. Первый способ – задействовать web-портал. Однако пользователь должен иметь соответствующие права на создание ресурса. Второй способ – применить программные библиотеки (*Software Development Kit, SDK*), обеспечивающие доступ к ресурсам облака из кода пользовательских программ. Третий способ – создать облачные ресурсы со специализированным подключением расширения для языков командной строки. Четвертый способ – применение шаблонов, т. е. текстовые файлы с расширением YAML или

JSON. Такой шаблон может быть загружен в соответствующих облачных сервисах напрямую через web-портал или через CLI-команды [5, с. 17–18].

Произведем сравнительный анализ четырех крупнейших провайдеров (*Amazon Web Services (AWS)*, *Microsoft Azure*, *Google Cloud* и *Yandex Cloud*), представленный в таблице 1 (см. ниже), по четырем критериям: вычисления, сетевые сервисы, хранение данных. В таблице 2 (см. ниже) отображены преимущества и недостатки (безопасности, глобальной сети, Big Datab Machine Learning и снижения затрат) Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure и Google Cloud. Далее приведем пример архитектуры для сравнения стоимости Google Cloud и Amazon Web Services (AWS).

Далее приведем пример сравнения стоимости Google Cloud и Amazon Web Services (AWS); Google Cloud и Yandex Cloud.

Пример сравнения стоимости основных ресурсов ПСЗ и AWS во время системы потокового мультимедиа (таблица 3):

- 1) 20 виртуальных машин – 4vCPU/20 Gb RAM;
  - 2) 40000 Gb (= 40Tb) объектного хранилища данных;
  - 3) 100 миллионов запросов к данным.
- Снижение затрат: \$1074,80 в месяц.

ТАБЛИЦА 3. Стоимость подсчитана при помощи Google Cloud Pricing Calculator и AWS Simple Monhly Calculator

GCP		AWS	
20 × custom-4-16384 (4 vCPUs, 16 Gb memory)	\$2192,80	20 × m4.xlarge (4 vCPUs, 16 Gb memory)	\$3147,60
40000 Gb of regional storage 100000000 GET requests	\$840	40000 Gb of S3 Standard stor- age 100000000 GET requests	\$960

Таким образом, существует большое количество облачных технологий, выбирая которые, можно найти что-то, что будет соответствовать критериям и запросам заказчика. Благодаря этому разнообразию решений есть множество отличных платных и бесплатных вариантов для маленьких организаций и для крупных организаций, так и для личного применения, которые позволяют производить вычисление, обработку, хранение и управление большим объемом данных.

#### Список использованных источников

1. GCP: Разбор вычислительного стека Google Cloud Platform // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/company/otus/blog/467749/> (дата обращения: 27.02.2022).
2. Начало работы с AWS. Знакомство с облаком AWS // AWS. URL: <https://aws.amazon.com/ru/getting-started/> (дата обращения: 25.02.2022).
3. Основы Microsoft Azure // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/company/microsoft/blog/423183/> (дата обращения: 23.02.2022).

ТАБЛИЦА 1. Сравнительный анализ критериев четырех крупнейших провайдеров

	Amazon Web Services (AWS)	Microsoft Azure	Google Cloud	Yandex Cloud
Вычислительный стек	AWS предлагает технологии для запуска кода, управления данными и интеграции приложений без управления серверами. AWS облачный провайдер, который обозначает программное обеспечение, инфраструктуру и платформу как услугу (Saas, IaaS и PaaS) [3].	Вычислительная среда Microsoft Azure: служба приложений; Azure CycleCloud; Azure облачный провайдер, который обозначает программное обеспечение, инфраструктуру и платформу как услугу (Saas, IaaS и PaaS) [2].	Google Cloud Platform (GCP) облачный провайдер, который обозначает инфраструктуру, платформу, программное обеспечение, контейнер и функцию как услугу (IaaS, PaaS, Saas, Caas и Faas), который содержит: GCE – это <b>IaaS</b> предложение от Google; GAE – это специализированный Google <b>PaaS</b> ; GCE – это Google <b>FaaS</b> [1].	Легко подключаются и настраиваются нужные сервисы в консоли управления. Google Cloud облачный провайдер, который обозначает инфраструктуру, платформу, программное обеспечение, контейнер как услугу (IaaS, PaaS, Saas и Caas) [4].
Сетевые сервисы	Самый большой и разнообразный набор сетевых сервисов и сервисов по доставке контента в мире благодаря AWS и запуск приложения с высочайшим уровнем надежности, безопасности и производительности в облаке.	Сетевые сервисы: создание безопасных, масштабируемых и высоко-доступных веб-интерфейсов; защита от атак DDoS Azure; Azure DNS; VPN-шлюз; быстрое развертывание частных сетей 5G.	Cloud Virtual Network; Cloud Load Balancing; Cloud CDN – доставка контента пользователям через кеширование на ближайшем edge Location. Также поддерживает Interconnect в других провайдерах.	Compute Cloud; Object Storage; Cloud Interconnect; API Gateway; Network Load Balancer; Application Load Balancer; Virtual Private Cloud; DDoS Protection (защита от DDoS-атак); Cloud DNS (управление доменными именами).
Хранение данных	Amazon Simple Storage Service (Amazon S3); Amazon DynamoDB; Amazon Aurora Serverless и т. д.	Хранение данных: архивное хранилище; Azure vFXT для Azure; Azure Backup; Azure Data Lake Storage 1-го поколения; Azure Data Share и д.	Cloud Storage; Cloud SQL; Cloud Datastore; Cloud Bigtable.	Данные хранятся надёжно и безопасно; возможно развернуть свои проекты в трёх географически распределённых дата-центрах. Платформа соответствует требованиям о хранении персональных данных PCI DSS, GDPR, 152-ФЗ РФ и промышленных стандартов ISO.

ТАБЛИЦА 2. Преимущества и недостатки четырех крупнейших провайдеров Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud и Yandex Cloud

	Amazon Web Services (AWS)	Microsoft Azure	Google Cloud	Yandex Cloud
Безопасность в облаке	Широкие возможности обеспечения безопасности для удовлетворения самых строгих требований.	Оперативно защитите данные, приложения и инфраструктуру с помощью встроенных служб безопасности в Azure.	600 элементов, “purpose-built” аппаратная и программная инфраструктура, шифрование данных клиента at rest и in transit, управление ключами.	Платформа соответствует требованиям о хранении персональных данных PCI DSS, GDPR, 152-ФЗ РФ и промышленных стандартов ISO.
Глобальная сеть	Облако AWS охватывает 84 зоны доступности в 26 географических регионах по всему миру.	Корпорация Майкрософт владеет и управляет глобальной и сложной архитектурой протяженностью более 265 000 км (165 000 миль).	Самая большая в мире сеть облачного провайдера, построена и управляется Google, собственный fiber optic, 70 точек присутствия.	Платформа Yandex Cloud на первом этапе размещается в трех дата-центрах Яндекса, расположенных во Владимирской, Рязанской и Московской областях.
Снижение затрат	AWS помогает клиентам снизить количество используемых лицензий и предоставлять современным приложениям все необходимые ресурсы.	Помощник по Azure помогает оптимизировать и уменьшить общие расходы на Azure, выявляя простаивающие и недостаточно нагруженные ресурсы	GCE дешевле других публичных облаков в среднем на 21 % (до 60 %) в зависимости от конфигурации VM.	По внутренней статистике Яндекс. Облака до 35 % расходов на облачные сервисы можно оптимизировать в зависимости от конфигурации VM



4. Что такое Яндекс Диск // Яндекс Диск URL: <https://yandex.ru/support/disk/> (дата обращения: 23.02.2022).

5. Сенько А. Работа с Big Data в облаках. Обработка и хранение данных с примерами из Microsoft Azure. СПб. : Питер, 2019. 448 с.

## УДК 681.5

А. А. Михеева (студентка гр. ИКТК-86, СПбГУТ)

### **АНАЛИЗ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МЕТЕОДАНЫХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ОТНОСИТЕЛЬНО ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

*Создание лавинных прогнозов является глобальной задачей для лавинных служб. Автоматизация данного процесса позволит уменьшить количество потребляемых человеческих ресурсов и повысить частоту и количество обрабатываемой информации. Внедрение нейронных сетей позволит увеличить точность и долгосрочность получаемых прогнозов.*

*база данных, массив данных, лавинный прогноз, нейронная сеть.*

#### **Актуальность создания лавинных прогнозов**

В современной жизни все больше людей увлекаются спортом, который связан с горной местностью. Это альпинисты, фрирайдеры и просто любители активного отдыха в горах. Горная местность представляет серьезную опасность не только для людей, но и для дорожной инфраструктуры, мостов и зданий.

Снежные лавины представляют собой огромную массу снега, который падает или соскальзывает с горных склонов и устремляется в близлежащие долины или впадины. Это природное явление, несмотря на все меры предосторожности, является той стихией, от которой практически нет спасения и надежды на выживание.

Лавины несут угрозу не только людям, которые оказались в горах, но и близлежащим населенным пунктам. Не редко сход лавины приводит к катастрофическим последствиям и полностью разрушает инфраструктуру городов или поселков, также может причинить ущерб железнодорожным путям и автомагистралям.

Для борьбы с последствиями схода лавин и предупреждения их пагубного воздействия на людей, инфраструктуру и т.д. были созданы лавинные службы. Одной из задач лавинщиков является накопление данные о сходе

лавин, анализ и обработка их, а также составление прогноза лавинной опасности (рис. 1).

В данный момент прогнозирование лавин происходит в основном ручным методом, об этом свидетельствуют руководящие документы РД 52.37.790 от 2013 г., выпущенные для лавинных служб, которые на данный момент являются актуально при работе лавинных служб, соответственно на это уходит много времени [1]. Также не исключен человеческий фактор, могут быть ошибки или неточности при расчетах.

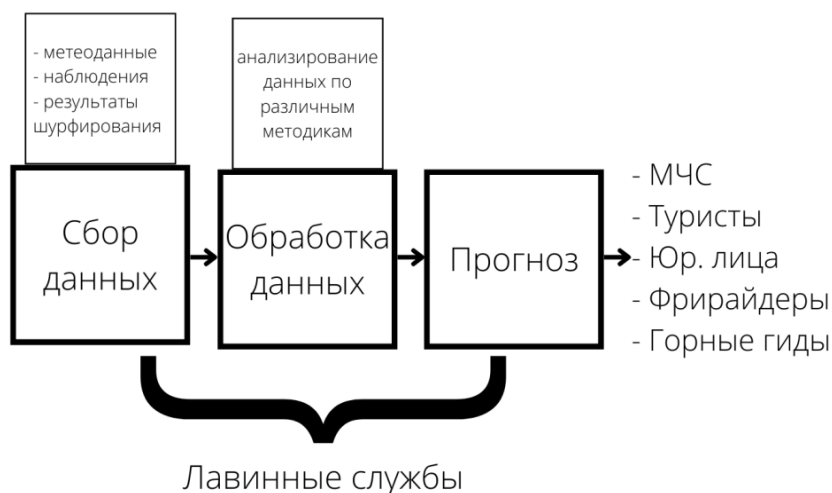


Рис. 1. Этапы обработки данных

Хранение метеоданных в базе данных позволит иметь быстрый доступ к ним, структурировать, автоматизировать процесс обработки и унифицировать данные для дальнейшего использования их при обучении нейронных сетей.

Автоматизирование процесса уже является большим достижением для работы лавинных служб. Прогнозы будут обновляться с большей частотой и это позволит вовремя начать принимать необходимые меры.

Обучение нейронных сетей является следующим этапом в развитии прогнозирования лавинных опасностей. Нейронная сеть способна выявлять сложные и неявные зависимости между входными данными и выходными. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании массива данных, который удалось собрать лавинным службам.

Одновременное использование баз данных и нейронных сетей позволит получить автоматизированную систему для прогнозирования схода снежных лавин.

Важным этапом для достижения результата является подбор базы данных. Для обучения нейронных сетей требуется предварительная подготовка данных и не все базы данных могут позволить сделать ее без дополнительных ресурсов.

## Автоматизация создания лавинных прогнозов

Для создания автоматизированной системы по прогнозированию лавин был выбран горный массив Кольского полуострова Хибин, т. к. в г. Кировск существует муниципальная лавинная служба, которая ежедневно формирует лавинный бюллетень. Это позволит анализировать точность получаемого прогноза по расчету лавинной опасности разработанной автоматической системы.

Изучив и проанализировав различные модели, используемые для составления прогнозов данных, была выбрана реляционная модель данных.

Реляционная модель характеризуется простотой структуры данных, удобным для пользователя табличным представлением и возможностью использования формального аппарата реляционной алгебры и реляционного исчисления [2].

Также реляционные базы данных имеют возможность использования языка SQL. SQL (*Structured Query Language* – язык структурированных запросов) является языком реляционных баз данных, которые уже на протяжении многих лет заслуженно пользуются признанием у разработчиков информационных систем. Сочетание простоты и наглядности основных понятий с их строгим математическим обоснованием обеспечили широкое распространение реляционных баз данных. SQL – это первый и единственный язык работы с базами данных, который получил широкое распространение и поддерживается всеми производителями коммерческих реляционных СУБД [3].

Всем вышеизложенным требованиям удовлетворяет база данных PostgreSQL, для более удобного использования базы данных произведена установка одной из самых популярной и многофункциональной платформы для администрирования и разработки pgAdmin.

На сервер в базу данных были загружены данные с различных источников, которые находятся математическим путем.

Первым источником рассмотрим данные с [openweathermap.org](http://openweathermap.org). Параметры, которые поступают в базу данных: температура, скорость ветра, его направление, порывы ветра, давление, влажность и текущее время [4].

Вторым источником является [app.tomorrow.io](http://app.tomorrow.io). С этого источника поступают такие параметры как: температура, влажность, давление, скорость ветра, его направление, порывы ветра, интенсивность осадков за 1/3/6 ч., их вероятность, вид осадков, количество выпавшего дождя за 1/3/6 ч., количество выпавшего снега за 1/3/6 ч., количество выпавших ледяных гранул за 1/3/6 ч., текущее время.

Также для машинного обучения понадобятся реальные архивы с данными с различных точек Кольского полуострова. Архивы данных взяты с [rp5.ru](http://rp5.ru). Массивы данных были унифицированы и загружены в базу данных.

Еще одним источником данных стали лавинный бюллетень. Из него берутся данные об уровне лавинной опасности на ближайшие сутки [5].

Теперь схема обработки данных выглядит следующим образом (рис. 2):

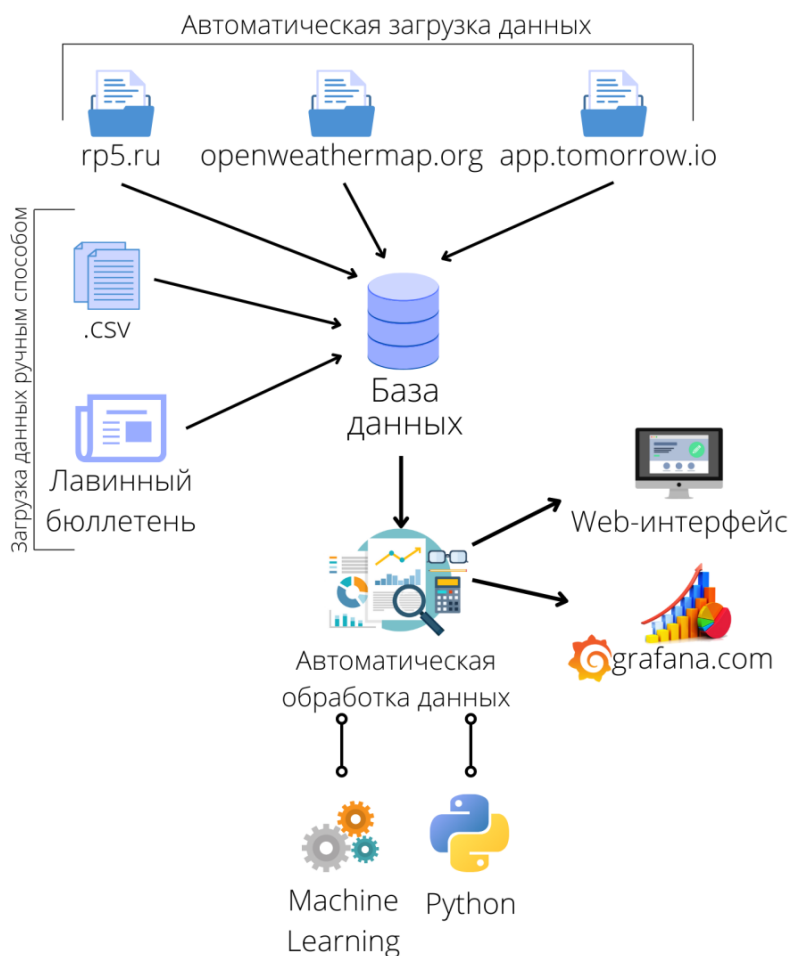


Рис. 2. Схема обработки данных с применением возможностей самой базы данных

Теперь, когда массив данных, которые будут храниться в базе данных понятен, можно переходить к созданию самой базы, табличных пространств и триггеров.

Первое что необходимо сделать – это создать сервер. На сервере создается база данных. Для каждого источника создана отдельная таблица с необходимым набором атрибутов и заданными типами данных.

Данные с первых двух источников, которые были описанные ранее, поступают в базу данных в режиме реального времени с помощью feathc-запросов на node.js сервер, затем с помощью HTTP-запросов поступают в базу данных. Такой метод сбора позволяет накапливать большой массив метеоданных с минимальным использованием человеческого ресурса.

Архивы данных загружены в базу данных с использованием встроенных возможностей самой базы данных, а именно функции «Экспорт/Импорт». Это позволяет загрузить большой массив данных, не прописывая значение каждого параметра вручную, а в виде csv файла.

Данные с лавинных бюллетеней были загружены вручную.

После загрузки данных происходит их математическая обработка. После изучения различных инструкций по созданию лавинных прогнозов, был разработан математический аппарат, строящийся на тех параметрах, которые поступают в базу данных.

Затем с помощью SQL-запросов формируется необходимый датасет, который подается на нейронную модель.

Использование нейронной модели в лавинном прогнозировании позволит создавать более долгосрочные, высокоточные прогнозы, которые будут учитывать множество параметров и природных факторов.

#### Список использованных источников

1. Швейцарский федеральный институт изучения снега и лавин [Сайт]. URL: <https://www.slf.ch>
2. Кара-Ушанова В. Ю. SQL-язык реляционных баз данных. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2016.
3. Крис Фиайли SQL. Руководство по изучению языка [Электронный ресурс]. Издательство: ДМК Пресс, 2003. 456 с., 2.5 Мб ISBN: 5-94074-233-5.
4. Ассоциации горных гидов России Лавинный курс: пособие для студентов, 2022.
5. Прогнозирование лавинной опасности [Электронный ресурс] // Snow Avalanche. URL: <http://snowavalanche.ru/uchebnik/prognozirovanie-lavinnojopasnosti/>

*Статья предоставлена научным руководителем, старшим преподавателем Пупцевым Р. И.*

**УДК 004.51**

**А. Ю. Осипова** (студентка гр. ИСТ-031м, СПбГУТ)

## **РОЛЬ SEO-ОПТИМИЗАЦИИ В ПРОЦЕССЕ UX/UI ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА**

*В статье исследована роль SEO-оптимизации в процессе UX/UI проектирования пользовательского интерфейса. Данный вопрос является актуальным в связи со стремительным ростом числа веб-сайтов, что усложняет процесс их продвижения в сети Интернет. В статье проанализированы элементы UX/UI дизайна пользовательского интерфейса, качественное проектирование которых может облегчить процесс продвижения веб-сайта. На основе проведенного исследования, сформулирован перечень правил и рекомендаций по разработке UX/UI дизайна пользовательского интерфейса для достижения максимальной эффективности продвижения продукта. Таким образом, проведенный анализ подтверждает взаимосвязь SEO-оптимизации и UX/UI проектирования пользовательского интерфейса.*

*веб-ресурс, пользовательский интерфейс, UX/UI дизайн, SEO-оптимизация, пользователь, сайт, пользовательский опыт.*

В настоящее время вопрос взаимосвязи SEO-оптимизации и UX/UI дизайна пользовательского интерфейса является актуальным в связи со стремительным ростом числа веб-сайтов, что усложняет процесс их продвижения в сети Интернет.

Ключевая задача UX/UI дизайна – обеспечить эффективное взаимодействие пользователя и системы. В 2018 году эксперты компании McKinsey представили результаты исследования экономического эффекта от дизайна. По данным исследования, компании, располагающие качественным дизайном, показывают лучшие финансовые результаты. Данная зависимость характерна для компаний различной специфики и сферы обслуживания [1].

Дизайн – это совокупность функциональности, визуальной составляющей и удобства пользования системой. UX/UI дизайн включает большое количество источников обратной связи от пользователя.

Таким образом, UX/UI проектирование – это составляющая часть маркетинга, как и SEO-оптимизация. Поисковое продвижение и визуальная составляющая интерфейса тесно взаимосвязаны, поскольку они ориентированы на обеспечение комфортного взаимодействия пользователя и системы.

В зависимости от специфики, сферы деятельности проекта формируется индивидуальная стратегия продвижения. Однако можно выделить конкретные элементы сайта и его структуры, качественное проектирование которых облегчит процесс поискового продвижения.

Следует спроектировать логику работы системы: грамотно распределить информацию между страницами, обеспечить удобство ориентации между страницами и их разделами. При разработке структуры сайта необходимо определить уровень вложенности страниц в соответствии с их значимостью относительно друг друга. Наилучшим вариантом является соответствие URL-адреса страницы иерархии навигационной цепочки.

Необходимо разработать элементы навигации между страницами. Меню – базовый элемент навигации, визуально отражающий структуру сайта и помогающий пользователю быстро перемещаться между разделами. Следовательно, оно должно быть доступно со всех страниц и содержать ссылки на все основные разделы. Также к элементам навигации можно отнести фильтры и виды сортировки товаров, блоки с ссылками на похожие материалы или товары. Все основные ссылки должны быть читаемыми для пользователя и индексируемыми поисковыми системами.

Важной составляющей, влияющей на эффективность продвижения, является информационное наполнение. Определение оптимального количества и вариантов контента на посадочных страницах – задача, требующая ответственного подхода. Важнейшими элементами, на которые стоит обращать внимание в первую очередь, являются:

- информация о товарах и услугах (стоимость, технические характеристики, примеры работ);
- использование изображений, видео, звука;

- текстовое наполнение (грамотное изложение информации, деление на абзацы, выделение основных мыслей, отсутствие грамматических и пунктуационных ошибок).

Особого внимания требуют заголовки. При размещении заголовков следует придерживаться правил:

- одной странице соответствует один главный заголовок H1, содержащий фразу или слово, передающее суть;
- необходимо соблюдать иерархию заголовков. Например, H1 никогда не должен располагаться ниже заголовка H2;
- заголовки должны быть применимы к контенту [2].

Архитектуру страниц следует разрабатывать в соответствии со спецификой и тематикой веб-сайта. В зависимости от цели, с которой пользователи приходят на сайт, необходимо определить приоритет каждого элемента. Например, важнейшими элементами на сайте интернет-магазина являются фотографии товаров, их цены, основные характеристики, а также кнопка «Купить».

Отдельной задачей при проектировании пользовательского интерфейса является разработка мобильной версии сайта. По данным исследовательской компании Mediascope мобильные устройства являются приоритетными для выхода в интернет среди россиян всех возрастов. В 2020 году интернетом на мобильных устройствах пользовались 70,8 % населения, на персональных компьютерах – 50,8 % населения [3]. Следовательно, сайт должен одинаково хорошо решать задачи пользователей ПК и мобильных устройств.

Итак, чтобы сайт был релевантным поисковым запросам, он должен обеспечивать положительный пользовательский опыт. SEO в свою очередь позволяет рассмотреть реальные сценарии взаимодействия пользователя с сайтом, положительно влияя на поведенческие показатели проекта, что благоприятно сказывается на его продвижении.

Проект с качественным UX/UI дизайном – эффективный маркетинговый инструмент. Его разработка должна основываться на потребностях пользователя и требованиях главного источника трафика – поисковых систем. Сотрудничество дизайнера и SEO-специалиста должно быть взаимодополняемым, причем на каждом из этапов разработки.

Таким образом, определена взаимосвязь SEO-оптимизации и UX/UI дизайна. На основе проведенных исследований сформулирован перечень правил и рекомендаций по разработке UX/UI дизайна пользовательского интерфейса для достижения максимальной эффективности продвижения продукта. Данные принципы нацелены на обеспечение положительного пользовательского опыта и повышение эффективности SEO-продвижения.

Проведенный анализ доказывает, что SEO-оптимизация сайта и UX/UI проектирование тесно взаимосвязаны.

На основе проведенного анализа, планируется исследование, посвященное вопросу расчета окупаемости SEO-оптимизации сайта. Целью предстоящего исследования является изучение существующего метода расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение сайта и определение его недостатков. На основе данного анализа планируется разработка методики расчета окупаемости инвестиций в SEO-продвижение, совершенствующей существующий метод.

#### Список использованных источников

1. McKinsey: как дизайн влияет на бизнес-показатели [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sostav.ru/publication/mckinsey-kak-dizajn-vliyaet-na-biznes-pokazateli-34471.html>, свободный. – Загл. с экрана.
2. SEO и дизайн: продвижение интернет-магазина через оформление [Электронный ресурс]. URL: <https://www.shopolog.ru/metodichka/design-and-usability/seo-i-dizayn-prodvizhenie-internet-magazina-cherez-oformlenie/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Аудитория интернета в России в 2020 году [Электронный ресурс]. URL: <https://mediascope.net/news/1250827/>, свободный. – Загл. с экрана.

#### УДК 004.51

**А. Ю. Осипова** (студентка гр. ИСТ-031м, СПбГУТ)

### РАСЧЕТ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В SEO-ПРОДВИЖЕНИЕ САЙТА

*В статье исследован вопрос расчета окупаемости SEO-оптимизации сайта. Данная проблема является актуальной в связи со сложностью процесса SEO-оптимизации сайта, а также с высоким уровнем затрат на его реализацию. В статье представлены методы расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение сайта. На основе настоящего исследования, сформулированы цели и задачи предстоящего исследования, направленного на совершенствование существующих методов расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение сайта. Таким образом, в ходе исследования выявлены недостатки существующих методов расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение сайта, а также сформулированы цели и задачи предстоящего исследования.*

*веб-ресурс, SEO-оптимизация, пользователь, сайт, рентабельность, инвестиции.*

В условиях постоянного развития рыночных отношений в современном информационном обществе и роста числа компаний, одной из важнейших проблем становится позиционирование организации в среде Интернет.

Наиболее распространенными инструментами для привлечения внимания потенциальных клиентов являются:



- SEO (*Search Engine Optimization*) – оптимизация сайта под поисковые системы;
- SMM (*Social Media Marketing*) – маркетинг в социальных сетях;
- PPC (*Pay Per Click*) – разновидность рекламы, при которой рекламодатель платит за переход пользователя на сайт.

Юдина С. В. в научной статье «Актуальность SEO-продвижения сайта для развития бизнеса в условиях современного информационного общества» [1] приводит данные, выявленные Тоддом Маликоатом, которые отражают распределение предпочтений методов продвижения сайтов в сфере B2B и B2C.

По результатам исследования в сфере B2B 57,4 % предпочтений принадлежит SEO, в сфере B2C – 41 %. Таким образом, большая доля предпочтений в обеих сферах отдаётся поисковому продвижению.

Также Юдина С.В. пишет об исследовании поведения пользователей в поисковых системах, проведенном Jupiter Research, по итогам которого выяснилось, что 62 % пользователей поисковых машин просматривают сайты только с 1-ой страницы результатов поиска.

Таким образом, для компаний, работающих в сфере B2B, B2C, в современном информационном обществе важно правильно представить организацию в среде Интернет и привлечь тем самым больше потенциальных клиентов. Следовательно, SEO-продвижение становится ключевой задачей в вопросе развития компании.

Сегодня ежедневно создаются новые компании и проекты, которые не обладают большим количеством средств на первоначальном этапе. Следовательно, вопрос грамотного распределения финансовых ресурсов является критически важным для таких компаний, так как необдуманные вложения в продвижение, могут привести к разорению.

Таким образом, вопрос расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение является актуальным в связи со сложностью процесса SEO-оптимизации сайта, а также с высоким уровнем затрат на его реализацию.

Для расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение существует показатель ROI (*Return on Investment*).

ROI – показатель окупаемости инвестиций. Используется в интернет-маркетинге для оценки рентабельности SEO-продвижения или рекламы. ROI необходимо регулярно отслеживать, чтобы повысить эффективность рекламы и SEO-продвижения и оптимально расходовать бюджет [2].

Формула расчета ROI:

$$ROI = \frac{\text{Прибыль от SEO} - \text{Инвестиции в SEO}}{\text{Инвестиции в SEO}} \times 100 \%$$

Положительный ROI свидетельствует о доходах, а отрицательный – об убытках.

С определением прибыли от SEO могут возникнуть трудности, так как у разных типов предприятий могут быть разные модели дохода, следовательно, SEO может способствовать увеличению дохода от продаж либо прямо, либо косвенно.

Таким образом, данный метод расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение носит индивидуальный характер в зависимости от типа бизнеса, что подразумевает определение значений дополнительных показателей. Следовательно, данный метод имеет недостатки и требует доработок в плане универсальности и объема проводимых расчетов.

На основе исследования существующего метода расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижения сформулированы цели и задачи предстоящего исследования, направленного на совершенствование данного метода.

Целью предстоящего исследования является разработка прототипа системы расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение, учитывающей недостатки существующего метода расчета.

Чтобы достичь цель необходимо решить следующие задачи:

- исследовать ключевые показатели эффективности, с помощью которых определяется успешность поискового продвижения;
- изучить методы, с помощью которых можно решить проблему расчета окупаемости SEO-оптимизации;
- разработать методику расчета рентабельности вложений в продвижение;
- разработать прототип системы расчета окупаемости вложений в поисковое продвижение.

Предположительно, разработанная система позволит:

- оценить зависимость итоговой прибыли и периода окупаемости SEO-вложений от значений бизнес показателей;
- выявить период начала получения прибыли при определенных бизнес показателях и значениях стоимости и продолжительности SEO-работ;
- выявить минимальные значения бизнес показателей, при которых предприятие окупит SEO вложения за заданный период.

Система будет полезна собственнику бизнеса для понимания:

- при каких бизнес показателях поисковое продвижение будет прибыльным, а при каких убыточным;
- сколько временных и финансовых ресурсов потребуется, чтобы полностью окупить вложения;
- стоит ли вкладывать средства в SEO-продвижение на текущем этапе развития бизнеса.

Система будет полезна SEO-специалисту, чтобы:

- оценить риск отрицательного результата;

- подобрать тариф для клиента, ориентируясь на его реальные возможности;
- увеличить собственный доход (предложение клиенту более дорогого тарифа в рамках рентабельности бизнеса).

Дальнейшее совершенствование данной системы, которое может заключаться, например, в автоматизации поиска минимальных значений бизнес показателей, при которых предприятие окупит SEO-вложения, позволит молодым компаниям грамотно спланировать расходы на продвижение. Таким образом, в ходе исследования проанализирован существующий метод расчета рентабельности инвестиций в SEO-продвижение, а также определены его недостатки. На основе проведенного исследования сформулированы цели и задачи предстоящего исследования.

#### Список использованных источников

1. Юдина С. В. Актуальность SEO-продвижения сайта для развития бизнеса в условиях современного информационного общества // Молодой ученый. 2019. № 13 (251). С. 62–65.
2. ROI [Электронный ресурс]. URL: <https://myacademy.ru/baza-znaniy/glossarii/roi>

**УДК 004.658.6**

**А. А. Романова** (студентка гр. ИСТ-822, СПбГУТ)

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И УЧЁТА РЕЕСТРА ОБЪЕКТОВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА**

*В данной научно-исследовательской работе рассматривается структура информационной системы анализа и учёта реестра объектов физической культуры и спорта города Санкт-Петербург с целью разработки программы для автоматизации процесса ведения учёта учреждений спорта со стороны государственных органов и предоставления достоверной информации о спортивных объектах гражданам. Программный модуль включает в себя базу данных для хранения сведений реестра, модуль бизнес-логики приложения с алгоритмами анализа данных, а также разработанный на основе web-технологий интерфейс для визуализации данных и результатов расчётов анализа состояний учреждений физической культуры.*

*информационная система, реестр объектов спорта, анализ, учёт, объекты физической культуры и спорта, автоматизация, учёт учреждений спорта.*

Одним из главных принципов политической деятельности в Российской Федерации является информационная открытость, которая подразуме-

ваает гарантированный доступ к носителям информации, на которых фиксируется отчётность о деятельности различных органов государственной власти. На сегодняшний день всё более распространённым и наиболее популярным способом получения информации является интернет, в связи с чем государственным органам необходимо иметь легкодоступную и понятную систему для предоставления открытых данных гражданам.

Физическая активность и спортивная деятельность – это сфера, набирающая всё большую популярность среди людей, так как напрямую влияет на качество жизни, здоровье и психологическое состояние. Таким образом предоставления актуальной информации о существующих объектах физической культуры и спорта является важной задачей министерства спорта, поэтому актуальность проектирования системы учёта объектов физической культуры и спорта обусловлена необходимостью создания удобного как со стороны граждан, так и со стороны министерства кроссплатформенного веб-приложения для хранения и обработки информации о спортивных учреждениях.

Цель данного исследования является разработка автоматизированной системы учёта реестра объектов физической культуры и спорта.

Реестр объектов физической культуры и спорта формируется в целях систематизации данных о количестве, назначении и состоянии объектов спорта, которые находятся на территории того или иного федерального объекта Российской Федерации используемых для проведения различных официальных мероприятий физической культуры и спорта [1].

Преимуществом наличия полной, открытой и достоверной информации об учреждениях является повышение общей заинтересованности населения в занятии спортом. В разработанной системе реестра объектов физической культуры предполагается наличие данных о существующих секциях, помещениях для проведения занятий и аренды, информация о спортивных мероприятиях и тренировках со специалистами. Общая доступность такого набора данных и наличие возможности поиска и фильтрации подходящих по бюджету, уровню и виду спорта секций и учреждений облегчит гражданам выбор места для занятия спортом, тем самым влияя на общую тенденцию заинтересованности населения в физкультурно-спортивной деятельности [2].

Предварительно перед переходом к этапу разработки информационной системы определены существующие решения организации хранения и представления информации данной предметной области. Сравнительный анализ конкурентов, систем со схожим информационным ресурсом, демонстрирует и подтверждает отсутствие аналогичных ресурсов, удовлетворяющих всех требований к системе анализа и учёта реестра физической культуры и спорта, таких как хранение специфических для реестра спорта сведений,

таких как информация о капитальном ремонте, пропускной способности сооружения, возможности аренды помещения, инвентаризации и прочих данных, в чём и заключается новизна и актуальность разрабатываемой системы.

При выборе архитектуры приложения было учтено, что разрабатываемая система предполагает работу с удалёнными пользователями, из чего следует, что данный ресурс должен иметь клиент-серверную архитектуру.

Так как система предполагает хранение, выдачу и анализ информации, необходимо наличие базы данных для данного ресурса. Разработка непосредственно системы началась с проектирования базы данных. На основе анализа предметной области реестра объектов физической культуры и спорта выделено 11 сущностей инфологической модели, такие как «Спортивное учреждение», «Директор», «Тренер», «Секция», «Вид спорта», «Спортивный уровень», «Спортивный зал», «Инвентаризация», «Реквизит», «Единица измерения», «Финансирование», а также характеризующие их атрибуты. Между ними также определены связи, показывающие, каким образом сущности соотносятся или взаимодействуют между собой.

Перед переходом к физическому проектированию базы данных, то есть переносу логической модели в среду выбранной целевой СУБД MySQL, определены типы данных для атрибутов каждой сущности. После нормализации таблиц, цель которой заключается в минимизации повторения данных, что достигается за счёт разбиения одной таблицы на несколько, и определения ограничения по типам данных их сущностей была создана база данных в веб-приложении для работы с базами данных PhpMyAdmin. Дата-логическая модель, реализованная в инструменте PhpMyAdmin, представлена на рис. 1.

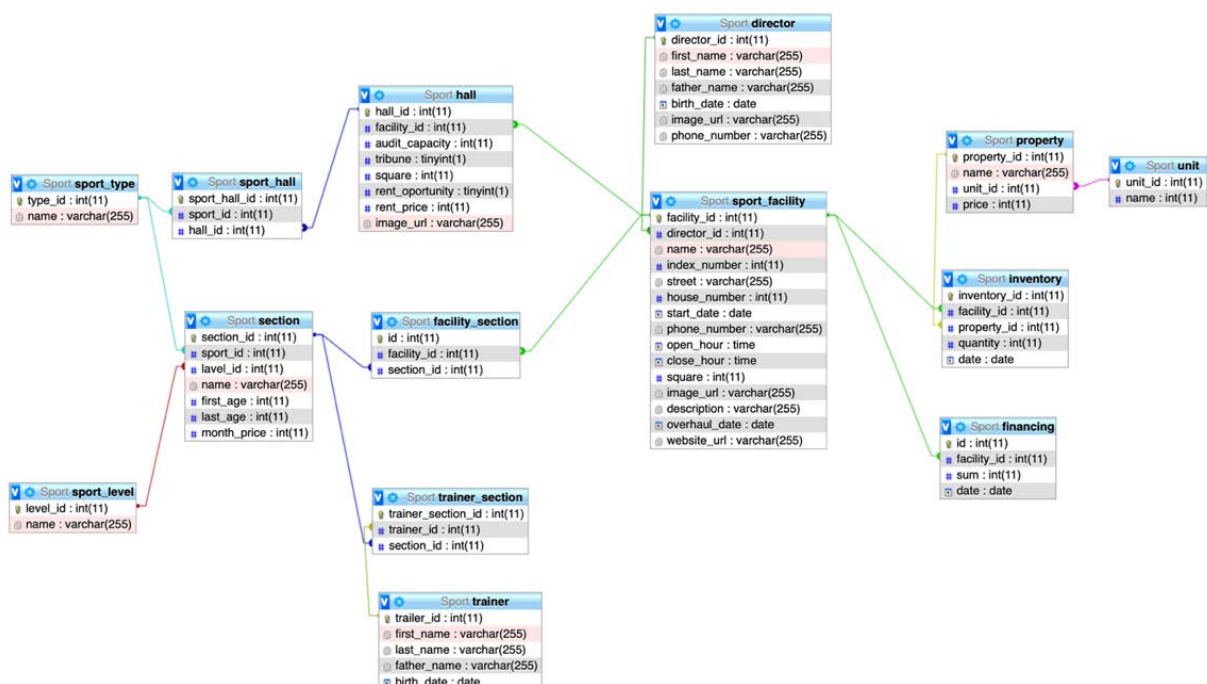


Рис. 1. Дата-логическая модель базы данных в системе PhpMyAdmin

Следующим этапом разработки системы является проектирование web-интерфейса, этап, в ходе которого разрабатывается внешний вид приложения, с которым будет непосредственно взаимодействовать пользователь. По спроектированным интерфейсам реализован программный модуль. Система также предполагает использование сторонних ресурсов для реализации картографического интерфейса приложения. Таким ресурсом является Яндекс Карты. Для отображения объектов на карте необходимо определение их географических координат, для чего используется сервис Яндекс Геокодер. Подключение осуществляется с помощью HTTP-запросов по ключу API. Алгоритм работы данного фрагмента системы представлен на диаграмме кооперации UML (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма кооперации

Связь двух компонентов системы реализована посредством запросов к базе данных на языке программирования SQL. Результаты запросов выводятся на страницах веб-приложения посредством языка гипертекста HTML и языка программирования JavaScript. К примеру, одним из разделов веб-приложения является «Статистика», где в графическом виде отображаются рассчитанные показатели по различным направлениям реестра. Данные для расчёта берутся из таблиц базы данных и представляются в графическом виде для наглядного отображения различных статистических показателей реестра. На рис. 3 (см. ниже) проиллюстрирован результат расчётов данных по различным видам спорта и их преобразование в диаграммы.

В результате выполненной работы достигнута поставленная цель исследования, заключающаяся в разработке информационной системы анализа и учёта реестра объектов физической культуры и спорта. В процессе работы проведён анализ предметной области, разработана база данных реестра, а также реализованы основные рабочие модули системы. Созданный

ресурс представляет собой веб-приложений и логически разделён на три части: серверная часть, сервер приложения и клиентская часть.

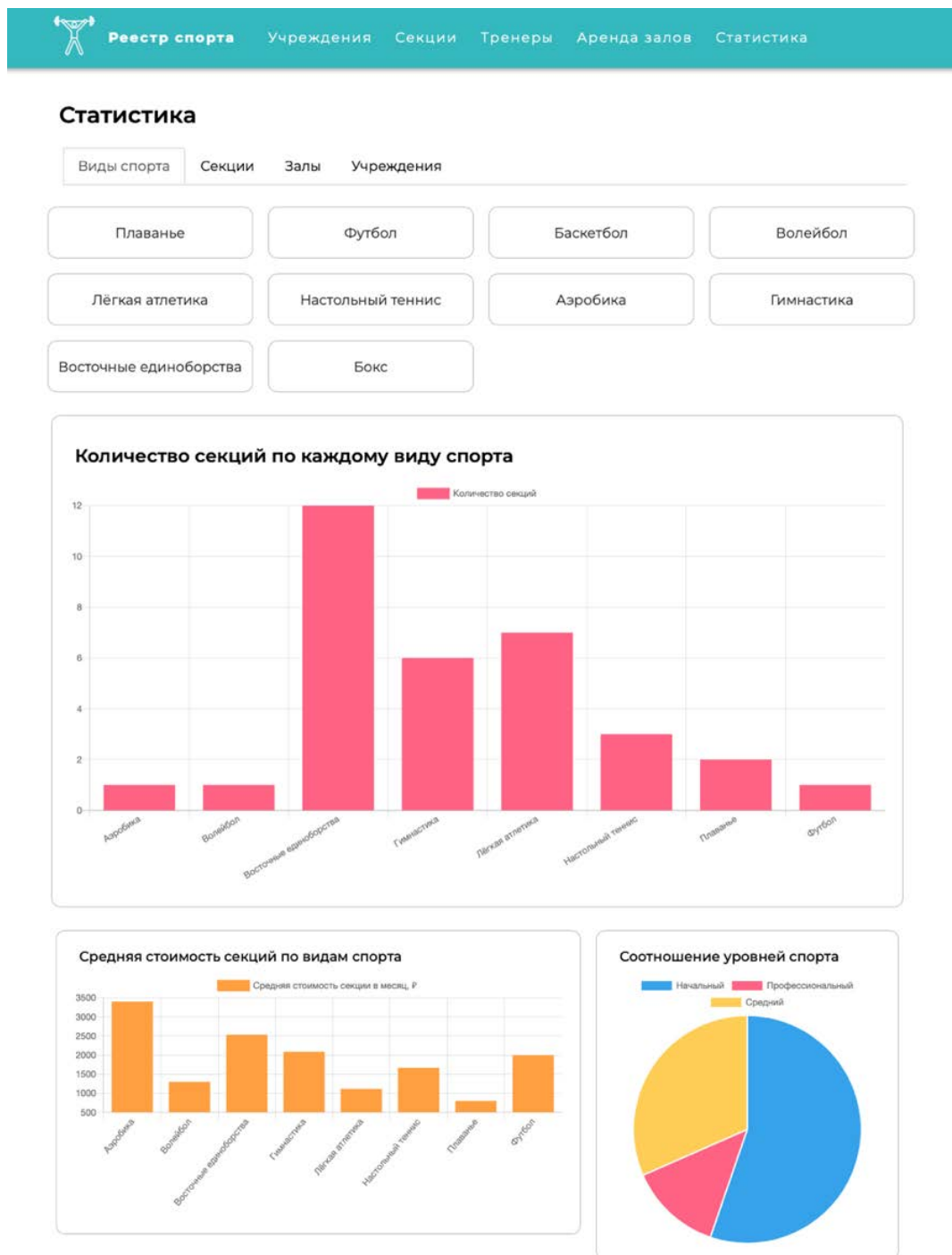


Рис. 3. Отображение статистики по видам спорта реестра

Система решает задачи управления и ведения отчётности по реестру объектов физической культуры и спорта для государственных органов, предоставляя уполномоченным лицам графическое отображение статистики по различным аспектам реестра, карты учреждений для более наглядного территориального распределения объектов спорта, а также удобный

интерфейс для отображения общего состояния сооружений центров физической культуры, что также способствует повышению поддержки со стороны государства и развитию спортивной индустрии.

#### Список использованных источников

1. Федеральный закон от 04.12.2007 № 329-ФЗ (ред. от 06.03.2022) «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» // СПС КонсультантПлюс.
2. В чем заключается польза от включения сведений об объекте спорта во Всероссийский реестр объектов спорта: [сайт]. URL: <https://www.nposport.ru/4> (дата обращения: 22.05.2022).

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом технических наук Бородянским Ю. М.*

**УДК 004.55**

**С. С. Сергиенко** (студентка гр. ИСТ-031м, СПбГУТ)

### **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗРАБОТКУ МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ**

*Данная работа посвящена проблеме низкого качества проработки аспекта пользовательского опыта при создании виртуальных музеев, что снижает уровень вовлеченности пользователей. Изучены существующие модели разработки программного обеспечения и выбрана базовая модель, на основе которой разработана методика создания виртуальных музеев с учетом принципов разработки приложений виртуальной реальности.*

*виртуальный музей, пользовательский интерфейс, итеративная модель разработки, VR-приложение.*

Разработка приложений виртуальной реальности является трудоемкой задачей, так как данная технология достаточно нова и не имеет каких-либо стандартных подходов к разработке. В настоящий момент не существует определенных требований к VR-приложению, чтобы разработанный продукт соответствовал всем нормам и ожиданиям пользователей.

В сфере разработки виртуальных музеев наблюдается успешное развитие технологий визуализации и оцифровки объектов культуры, но не уделяется внимание проработке пользовательского опыта [1]. Большая часть исследований по данной тематике последние посвящена поиску решений максимально быстрой и простой оцифровки музейных экспонатов. Учитывая, что в аспекте музея ключевым является взаимодействие пользователя



с экспонатами, основной уклон необходимо делать на создании положительного пользовательского опыта, а не на технологии. Таким образом, проблематика разработки виртуальных музеев строится на необходимости повышения пользовательского опыта и использовании технологий для оптимизированного представления музейного контента.

Согласно исследованиям Валери Бир посетители виртуальных музеев тратят менее одной минуты для просмотра целой коллекции, игнорируя тексты и не досматривая до конца аудиовизуальный контент [2]. В физически существующих музеях посетители зачастую не читают текстовую информацию, расположенную возле экспоната. В то же время разработчики современных виртуальных музеев продолжают использовать только текстовое описание для экспонатов, хотя имеется большое количество возможностей для альтернативных способов подачи информации с большей степенью вовлеченности пользователей.

Для разработки методики были изучены основные методологии разработки программного обеспечения: каскадная модель, спиральная, V-модель, RUP (рациональный унифицированный процесс), инкрементная модель, итеративная и гибкие методологии разработки Agile. Результаты сравнения данных моделей представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1 – Сравнительный анализ методологий

Методология	Подход	Риски	Критерий успеха	Требования	Рефакторинг
Каскадная	негибкий	Высокие	Следование плану	Определены и фиксированы	Невозможен
Спиральная	гибкий	Минимальные	Минимизация рисков	Нечеткие, легко изменяемы	Возможен
V-модель	негибкий	Высокие	Качественный продукт	Определены и фиксированы	Затратно
RUP	гибкий	Минимальные	Качественный продукт	Могут меняться	Возможен
Инкрементная	гибкий	Минимальные	Высокая скорость разработки	Внедряются пофазово	Возможен
Итеративная	гибкий	Минимальные	Ценность продукта	Могут меняться	Возможен
Agile-подход	гибкий	Не определены	Ценность продукта	Легко изменяемы	Недорого

При анализе рассматриваемых моделей учитывались следующие моменты:

- разработка VR-приложений и виртуальных музеев, в частности, является малоисследованной областью и не существует определенных стандартов, предъявляемых к разработке;
- неизвестны конечные требования, предъявляемые к виртуальным музеям, обеспечивающие необходимый результат, что влечет за собой необходимость изменяемости данных требований в процессе разработки;
- при создании приложений виртуальной реальности важно получение обратной связи от конечных пользователей;
- главным критерием успеха при разработке виртуального музея является ценность продукта для конечного пользователя, обеспечение его вовлеченности в пользование продуктом,

Наиболее подходящими методологиями, на основе которых можно рассматривать процесс разработки виртуального музея, является итеративная модель и Agile-подход, разработанный на основе итеративной модели. Ключевыми преимуществами итеративной модели разработки являются:

- быстрый выпуск минимального продукта даёт возможность оперативно получать обратную связь от заказчика и пользователей, а значит, фокусироваться на наиболее важных функциях ПО и улучшать их в соответствии с требованиями рынка и пожеланиями клиента [3];
- постоянное тестирование пользователями позволяет быстро обнаруживать и устранять ошибки;
- модель подходит для работы над большими проектами с неопределёнными требованиями, либо для задач с инновационным подходом, когда заказчик не уверен в результате [4].

Графическое представление итеративной модели представлено на рис. 1.



Рис. 1. Итеративная модель разработки программного обеспечения

После выбора методологии на ее основе была разработана методика создания виртуального музея, краткая версия которой описана далее.

1) Фаза требований, в которой собираются и анализируются требования к программному обеспечению. На первом этапе определяется проблема, которая может исходить из литературы, полевых исследований, новых технологических разработок или от практиков, которые выражают потребность в чем-то и формируются требования. В завершение итерации получена полная и окончательная спецификация требований.

2) Фаза дизайна, в ходе которой создается предварительная идея того, как можно решить проблему.

3) Фаза разработки состоит из реализации дизайнерской идеи. Этот шаг включает в себя создание программного обеспечения, отвечающего требованиям. На данном этапе производится оцифровка объектов культуры и оптимизация полученных 3D-объектов, а также их внедрение в интерфейс.

4) Фаза тестирования, в которой оценивается программное обеспечение путем его тестирования с целью получения обратной связи, в том числе и проведение юзабилити-тестирований конечных пользователей. Данный этап позволяет выявить отклонения от требований в связи с ожиданиями пользователей, производится оценка продукта и составляется перечень дополнений, необходимых для внесения в требования и доработки на новой итерации.

Графическая интерпретация пользовательского сценария согласно методике, представлена на рис. 2.



Рис. 2. Пользовательский сценарий виртуального музея

Данный сценарий рассматривает возможности выбора пользователем формата представления информации об экспонатах и отправной точки начала выставки, взаимодействие с обучающими сценами, расширенное

взаимодействие с экспонатами, а также тематические казуальные игры, способные повысить вовлеченность пользователя любых возрастов. Разработанная методика описывает поэтапно фазы создания виртуального музея, включая технический аспект и аспект пользовательского опыта с целью выполнения образовательной функции музеев.

#### Список использованных источников

1. Sylaiou, Stella & Liarokapis, Fotis & Kotsakis, Kostas & Patias, Petros. (2009). Virtual museums, a survey and some issues for consideration // Journal of Cultural Heritage. 10. 520–528.
2. V. Beer, “Great expectations: do museums know what visitors are doing?” Curator: The Museum Journal, vol. 30, no. 3, pp. 206–215, 1987.
3. Итеративная разработка программного обеспечения [Электронный ресурс]. URL: [https://web-creator.ru/articles/iterative\\_development](https://web-creator.ru/articles/iterative_development) (дата обращения: 20.04.22).
4. Модели и методологии разработки ПО [Электронный ресурс]. URL: <https://gb.ru/posts/methodologies> (дата обращения: 25.04.2022).

*Статья представлена научным руководителем,  
кандидатом экономических наук, доцентом Фёдоровой А. В.*

**УДК 004.048**

**Д. Ю. Чабдарова** (студентка, СПбГУТ)

### **ФОРМИРОВАНИЕ НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВАНИИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОМ ИСКУССТВЕ**

*В рамках статьи рассматривается процесс создания набора данных для построения рекомендаций и кластеризации пользователей информационно-образовательной среды для формирования кругозора в сфере изобразительного искусства. Исследуются основные принципы разработки датасетов для машинного обучения, а также свойства наборов данных. Путем обогащения результатов социологического опроса разрабатывается датасет, содержащий оценки респондентов, выставленные более чем по пятидесяти произведениям искусства, относящимся к основным направлениям в изобразительном искусстве XVI–XXI веков.*

*датасет, машинное обучение, кластеризация, рекомендательная система, онтологическая модель, Protege.*

Машинное обучение всё глубже проникает в повседневную жизнь посредством клиентоориентированных программных продуктов, предоставляющих в том числе персонализированные рекомендации. Построение систем

машинного обучения является актуальной и востребованной областью человеческой деятельности на стыке информационных технологий, математического анализа и статистики, позволяющей улучшить опыт пользовательского взаимодействия с системой, оказать помощь в принятии решений и продвинуть продукт на рынке.

Машинное обучение – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых выступает обучение в процессе обработки решений большого количества сходных задач [1]. Данные представляют собой основу машинного обучения. Корректность их формирования и представления напрямую влияет на результат анализа данных. Наборы сведений для машинного обучения зачастую распространяются свободно для учебных и некоммерческих целей.

Датасет – это массив статистических данных, удобная для автоматической обработки и проведения исследований. Использование датасетов позволяет значительно ускорить обучение, поскольку предварительная подготовка данных обеспечивает экономию вычислительных и временных ресурсов в процессе обработки данных.

Качественный датасет должен обладать следующими свойствами [2]:

- объемность – данные считаются ценными при значительном объеме хранимой информации;
- быстрота – данные регулярно обновляются и обрабатываются динамически;
- разнообразие – датасет хранит сведения об объектах с различными признаками, данные могут быть неструктурированными или частично структурированными.

В рамках информационно-образовательной среды для формирования предпочтений в сфере изобразительного искусства [3] стоят такие основные задачи, как генерирование рекомендаций произведений искусства и определение предпочитаемых художников и направлений для каждого пользователя. Выявление предпочтений производится путем обработки матрицы оценок пользователей, выставленных произведениям искусства, и кластеризации пользователей на основании сходства предпочтений [4]. При эксплуатации системы предполагается динамическое обновление датасета при помощи запроса к реляционной базе данных.

Целью статьи является разработка первоначального набора данных для построения рекомендаций и кластеризации пользователей информационно-образовательной среды для формирования кругозора в сфере изобразительного искусства.

Для достижения поставленной цели необходимо обеспечить равномерное наполнение датасета сведениями о направлениях в искусстве. По этой причине требуется предложить для оценивания респондентам равное количество картин по каждому из направлений.

В качестве основы для формирования датасета использованы результаты социологического опроса, проведенного среди студентов факультата социальных и экономических наук университета им. Я. Коменского в Братиславе. Данные опроса распространяются свободно по лицензии «CC0: Public Domain» на сайте организации конкурсов по исследованию данных «Kaggle» [2]. Опрос содержит оценки, выставленные по пятибальной шкале 48 респондентами 39 картинам, относящимся к 13 направлениям изобразительного искусства. Таким образом, отношение респондента к направлению может быть определено на основании анализа оценок, выставленных трем картинам, которые относятся к направлению. В опросе приведены картины, относящиеся к основным направлениям в искусстве XVI–XXI веков: ренессанс, барокко, неоклассицизм, романтизм, импрессионизм, пост-импрессионизм, символизм, модерн, кубизм, абстракционизм, сюрреализм, оп-арт и поп-арт. Фрагмент исходного датасета «Paintings.csv» представлен на рис. 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	S1,"S2","S3","S4","S5","S6","S7","S8","S9","S10","S11","S12","S13","S14","S15","S16","S17","S18","S19","S20","S21","S22","S23","S24","S25","S26","S27","S28","S29","S30","S31"																
2	3,2,3,1,1,2,2,3,1,2,2,2,2,4,5,5,4,3,1,1,5,4,4,2,2,1,1,2,2,5,1,1,3,3,2,2,3,2,1,2,2,4,2,2,"Renaissance","Sandro Botticelli","The Birth of Venus"																
3	2,2,2,4,1,1,2,3,4,3,2,4,2,5,3,3,5,2,4,3,3,1,2,2,3,4,1,3,1,3,5,5,4,4,2,2,3,4,4,4,4,1,4,2,2,1,"Renaissance","Leonardo da Vinci","Lady with an Ermine"																
4	1,3,3,1,1,1,5,2,1,2,2,1,1,1,1,2,5,4,1,4,1,2,3,1,4,4,5,2,1,1,1,1,2,3,2,2,1,1,1,1,2,1,1,1,4,3,1,3,"Renaissance","Raphael","Three Graces"																
5	5,3,1,1,1,3,3,1,1,2,2,2,1,3,5,3,5,5,1,2,4,4,1,2,1,1,2,1,2,1,4,2,2,4,3,3,2,2,3,1,1,3,2,5,"Baroque","Caravaggio","Entombment"																
6	2,2,2,1,1,1,1,2,1,1,1,1,2,2,2,5,5,2,3,1,2,3,2,4,2,2,1,1,1,1,1,2,2,3,3,1,1,1,1,2,1,1,2,1,4,2,4,"Baroque","Diego Velazquez","Rokeby Venus"																
7	5,4,4,1,1,1,3,5,2,1,2,2,2,3,3,3,5,5,4,3,4,4,5,1,4,5,2,2,2,1,4,3,5,3,3,3,1,1,3,1,2,2,2,3,4,1,5,"Baroque","Rembrandt van Rijn","The Night Watch"																
8	4,5,4,3,2,2,5,3,2,4,4,3,5,4,2,4,3,5,5,4,2,4,4,3,2,3,2,2,3,2,5,4,4,4,1,4,4,3,4,1,2,5,3,1,"Neoclassicism","Jacques-Louis David","Napoleon Crossing the Alps"																
9	2,1,1,2,2,3,1,3,2,1,2,4,1,2,3,3,3,1,2,1,1,1,2,1,4,4,2,1,2,1,1,1,4,4,4,2,1,3,2,4,3,3,1,3,2,4,1,"Neoclassicism","Jean-Auguste-Dominique Ingres","Mademoiselle Caroline Riviere"																
10	1,2,2,1,1,1,3,3,1,1,1,1,1,2,1,1,5,1,2,1,1,1,2,2,1,1,1,2,2,1,1,1,1,1,1,1,1,1,2,1,1,2,3,3,1,5,"Neoclassicism","Francisco Goya","The Nude Maja"																
11	3,5,5,2,2,5,4,4,4,3,4,5,4,5,4,5,5,4,3,2,5,1,4,3,2,1,3,1,3,5,5,4,4,4,2,3,5,5,1,3,4,5,1,5,"Romanticism","Eugene Delacroix","Liberty Leading the People"																
12	2,3,3,1,1,1,5,3,1,2,1,3,1,3,2,2,5,5,3,2,2,1,3,2,3,1,2,1,3,1,4,4,4,2,2,3,1,1,1,2,2,1,2,3,4,1,4,"Romanticism","Theodore Gericault","The Raft of the Medusa"																
13	3,2,3,2,4,4,3,5,3,5,3,4,5,5,5,2,4,3,5,1,4,2,5,5,2,3,4,3,2,2,5,5,3,3,3,5,5,2,4,5,4,4,4,3,5,"Romanticism","Caspar David Friedrich","The Cross in the Mountains"																
14	2,1,2,1,1,1,2,4,1,4,1,2,4,3,5,5,2,2,1,3,4,1,5,4,3,3,1,2,1,3,4,4,3,3,2,2,1,4,2,4,5,3,2,3,3,4,"Impressionism","Edouard Manet","The Luncheon on the Grass"																
15	4,4,4,2,1,2,3,2,5,4,4,4,3,5,4,1,5,4,5,4,3,1,4,5,3,5,5,1,5,5,5,4,4,4,4,5,3,5,5,5,4,4,4,"Impressionism","Claude Monet","Impression, Sunrise"																
16	5,3,2,4,5,5,3,3,4,3,4,5,4,5,4,4,1,5,2,3,2,3,3,4,1,5,5,3,3,4,4,5,5,5,4,2,3,5,5,5,5,4,5,4,3,2,5,5,"Impressionism","Edgar Degas","Ballet Rehearsal"																
17	2,1,1,5,1,1,1,1,2,3,3,2,2,1,4,3,2,1,1,2,3,3,3,2,4,1,3,1,1,3,4,2,2,3,5,2,2,2,3,4,3,2,2,4,3,"Post-Impressionism","Paul Gauguin","Tahitian Women on the Beach"																
18	3,3,2,5,4,5,3,1,2,5,5,3,5,3,4,5,1,5,3,1,1,2,2,2,1,3,2,4,3,3,5,5,2,5,2,1,4,2,3,3,4,4,5,5,3,3,5,"Post-Impressionism","Vincent van Gogh","Sunflowers"																
19	3,1,3,1,1,2,2,1,1,2,5,2,3,4,2,3,5,3,4,4,1,2,3,2,5,5,3,3,4,3,1,1,4,2,2,5,3,3,4,4,3,4,4,3,4,"Post-Impressionism","Paul Cezanne","The Card Players"																
20	1,1,3,1,4,1,1,1,3,1,1,1,1,1,5,5,2,4,1,3,1,3,5,2,1,4,2,3,1,1,1,1,3,3,2,1,1,1,4,1,4,2,4,2,2,5,"Symbolism","Odilon Redon","The Cyclops"																

Рис. 1. Исходный датасет «Paintings»

Чтобы избежать возникновения ложных корреляций, связанных с малым количеством картин по каждому направлению, принято решение провести дополнительный опрос респондентов, содержащий альтернативные картины, относящиеся к указанным направлениям. Полный пересмотр исследуемых картин не целесообразен, так как приведет к разрежению матрицы оценок, вызовет дополнительные трудности при анализе данных, связанные с заполнением пустых ячеек. По этой причине заменено по одной картине из каждого направления на альтернативную. Соотношение направлений и оцениваемых картин, относящихся к ним, представлено на рис. 2 в виде онтологической модели, построенной в инструментальной среде «Protege» при помощи функции «Ontograf». Для удобства восприятия узлы со связанными картинами раскрыты только для направлений «Барокко» и «Ренессанс». Таким образом, результирующий датасет, содержащий результаты опроса студентов университета им. Я. Коменского в Братиславе

и результаты нового опроса, содержит 51 картину: по 4 картины по каждому из 13 выбранных направлений.

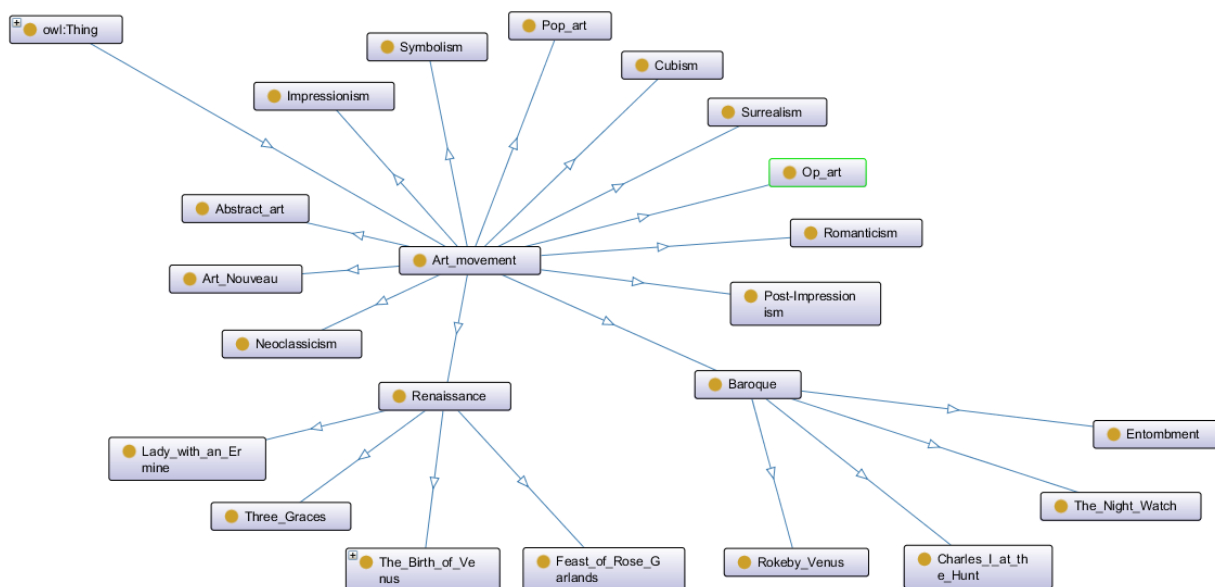


Рис. 2. Онтологическая модель соотношения оцененных картин и направлений

Обогащение исходного датасета произведено при помощи результатов опроса, проведенного среди представителей целевой аудитории проектируемой информационной системы в возрасте от 16 до 27 лет. В качестве респондентов выступили в том числе студенты СПбГУТ и РГПУ им. А. И. Герцена. В опросе приняли участие 32 респондента. В качестве платформы для проведения опроса выбран бесплатный веб-сервис для администрирования опросов «Google Forms». Вопросы перемешаны для предотвращения возникновения ложных корреляций и влияния последовательности демонстрации картин на результаты из оценивания. Фрагмент созданного опроса для сбора оценок картин представлен на рис. 3

Рис. 3. Форма опроса для сбора оценок, выставленных картинам

Результаты опроса экспортированы в виде таблицы в формате XLSX. Выгруженная матрица оценок транспонирована стандартными средствами Excel для соблюдения формата представления данных исходного датасета. Результирующий датасет, содержащий 3118 оценок, представлен на рис. 4. На основании полученных данных возможно построение рекомендаций картин и кластеризация пользователей на основании предпочитаемых художников и направлений. Результирующий датасет сохранен в формате CSV, являющимся одним из наиболее распространенных форматов импорта и экспорта электронных таблиц и баз данных, удобным для обработки при помощи стандартных библиотек Python.

	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE
1	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	art movement	artist	painting
2	5	5	3	5	5	5	5	2	5	5	5	5	3	3	4	3	Renaissance	Sandro Botticelli	The Birth of Venus
3	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	3	3	5	3	Renaissance	Leonardo da Vinci	Lady with an Ermine
4	5	4	1	5	4	5	5	2	5	5	5	4	4	2	5	1	Renaissance	Albrecht Dürer	Feast of Rose Garlands
5																	Renaissance	Raphael	Three Graces
6	5	5	2	4	4	4	5	3	5	5	5	5	3	4	5	1	Baroque	Caravaggio	Entombment
7	4	4	1	4	4	3	5	3	5	5	4	4	4	3	5	2	Baroque	Anthonis van Dyck	Charles I at the Hunt
8																	Baroque	Diego Velazquez	Rokeby Venus
9	3	4	1	5	5	4	5	2	5	5	5	4	3	5	1	Baroque	Rembrandt van Rijn	The Night Watch	
10	5	5	1	4	5	5	5	2	5	5	5	5	4	2	5	1	Neoclassicist	Jacques-Louis David	Napoleon Crossing the Alps
11	5	5	3	4	5	4	5	3	5	4	4	4	3	2	4	2	Neoclassicist	Jean-Auguste-Dominique Ingres	Mademoiselle Caroline Riviere
12	5	5	2	5	5	5	5	2	5	5	5	4	4	3	5	3	Neoclassicist	Jacques-Louis David	Sappho and Phaoon
13																	Neoclassicist	Francisco Goya	The Nude Maja
14	5	5	4	5	5	5	5	3	5	5	4		3	3	4	1	Romanticism	Eugene Delacroix	Liberty Leading the People
15	4	5	1	3	5	5	5	3	5	5	5	5	4	2	4	1	Romanticism	Theodore Gericault	The Raft of the Medusa
16	5	5	2	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5	4	Romanticism	Caspar David Friedrich	Wanderer above the sea of fog
17																	Romanticism	Caspar David Friedrich	The Cross in the Mountains
18	4	3	5	5	5	5	5	2	5	5	4	5	2	3	5	3	Impressionist	Edouard Manet	The Luncheon on the Grass
19	5	4	5	5	5	4	5	3	5	3	4	5	5	5	5	4	Impressionist	Claude Monet	Impression, Sunrise
20	5	4	2	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	3	5	4	Impressionist	Edgar Degas	Blue dancers
21																	Impressionist	Edgar Degas	Ballet Rehearsal
22	3	4	3	5	4	5	5	2	4	5	4	4	3	3	3	4	Post-Impress	Paul Gauguin	Tahitian Women on the Beach
23	3	3	5	4	5	5	5	3	5	4	4	5	5	5	4	4	Post-Impress	Vincent van Gogh	Sunflowers
24	5	4	5	5	5	4	5	3	5	4	4	5	4	3	5	4	Post-Impress	James Abbot McNeill Whistler	Arrangement in Grey and Black, No.1: Portrait of a Woman
25																	Post-Impress	Paul Cezanne	The Card Players
26	3	4	5	5	3	5	5	4	3	5	4	3	1	3	5	1	Symbolism	Odilon Redon	The Cyclops

Рис. 4. Результирующий датасет «Result Art marks dataset»

Таким образом, в результате объединения исходного датасета с результатами опроса, проведенного для обогащения данных, сформирован результирующий датасет, хранящий более 3000 оценок от 80 респондентов, относящихся к основной целевой аудитории системы. Оценки характеризуют отношение респондентов к 51 картине, относящейся к 13 направлениям в изобразительном искусстве. При помощи полученного набора данных возможно построение персонализированных рекомендаций картин и кластеризация пользователей на основании предпочтений в изобразительном искусстве.

#### Список использованных источников

1. Официальный сайт образовательного портала Towards data science [Электронный ресурс]. URL: <https://towardsdatascience.com/> (дата обращения: 02.05.2022).
2. Карпов Д. К. Обработка больших данных с использованием средств языка Python // StudNet. 2021. № 6. С. 1397–1412.
3. Чабдарова Д. Ю. Разработка прототипа информационной системы рекомендаций произведений изобразительного искусства // Сборник материалов Всероссийской конференции «Неделя науки ИСИ» В 3 ч. Ч. 3. СПб. : ПОЛИТЕХПРЕСС, 2021. С. 299–302.



4. Чабдарова Д. Ю. Анализ методов кластеризации данных на основе моделей машинного обучения для информационно-образовательной среды для формирования кругозора в сфере изобразительного искусства // Сборник лучших докладов конференции «ПКМ-2021». СПб. : СПбГУТ, 2022. С. 430–433.

5. Kaggle. Dataset «Paintings» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/miroslavsabo/paintings> (дата обращения: 01.05.2022).

*Статья представлена научным руководителем,  
доктором технических наук, доцентом Волошиновым Д. В.*

## УДК 004.946

А. Д. Щербатюк (студентка гр. ИСТ-132м, СПбГУТ)

### ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

*Технология виртуальной реальности открывает массу новых возможностей для художников, стирая границу между реальным миром и вымышленным. Она позволяет погрузиться в произведение искусства и взаимодействовать с ним. Меняется и подход к обучению изобразительному искусству, возрастает интерес к интеграции в процесс новых технологий. Целью данной работы является анализ тенденций, связанных с использованием виртуальной реальности в изобразительном искусстве, а также технологиями, применяемыми в художественном образовании. Исследования показали, что использование виртуальной реальности может повысить мотивацию обучающихся и благоприятно повлиять на развитие художественного образования.*

*виртуальная реальность, художественное образование, трехмерная среда.*

Виртуальная реальность (англ. *virtual reality*, VR) – созданная техническими средствами трехмерная компьютерная среда. Технология виртуальной реальности является иммерсивной, она обеспечивает эффект погружения в пространство, а также взаимодействие с находящимися в нем объектами. В современном мире VR используется во многих сферах человеческой деятельности, таких как игровая индустрия, криминалистика, медицина, архитектура.

Виртуальная реальность плотно интегрировалась в искусство. Популярность набирают VR выставки, предоставляющие возможность увидеть уникальные экспозиции онлайн. Также можно побывать в самих картинах известных художников. Иммерсивная трехмерная экспозиция «Ночное кафе» (рис. 1) позволяет изучить мир Ван Гога, ощутить себя персонажем из одноименного произведения искусства.



Рис. 1. Виртуальное пространство «Ночное кафе»

Технология VR открывает перед художниками новые возможности для самовыражения.

Специфика виртуальных миров заключается в интерактивности, восприятие как процесс становится важнее результата творчества [1]. Виртуальная реальность представляет собой иллюзию участия в синтетической среде, а не внешнее наблюдение за такой средой. Человек взаимодействует с искусственной реальностью с помощью зрения, слуха, в некоторых случаях используется осязание и обоняние. Зритель перестает быть пассивным наблюдателем, он становится участником, влияющим на становление произведения и испытывающим при этом эффект обратной связи. Происходит трансформация эстетического восприятия, связанная с шоком от открывшегося воздействию эстетического объекта, утратившего границы, целостность и стабильность. В данной ситуации художник выступает режиссером, продумывающим опыт пользователя и влияющим на восприятие. Однако виртуальная реальность позволяет зрителю персонализировать опыт, выбрать с какой перспективы смотреть на произведение.

Существует несколько методов создания объектов современного искусства в VR:

– двухмерное рисование: симуляция традиционного способа рисования на плоской поверхности (рис. 2);

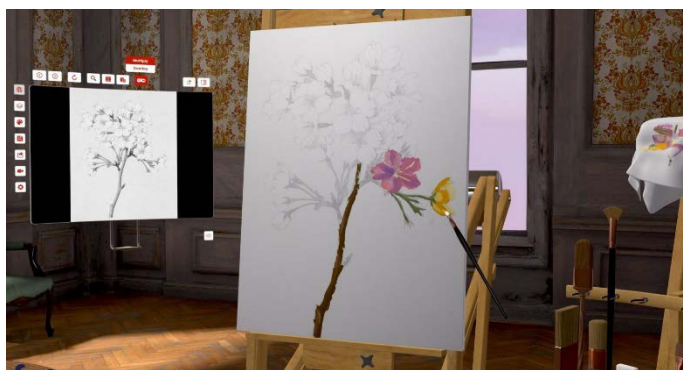


Рис. 2. Имитация работы с красками в виртуальной среде

- трехмерное рисование: холст отсутствует, мазки создаются в пространстве и вместе образуют объемную форму;
- моделирование: имитация работы редакторов для создания трехмерных моделей.

Пример трехмерного арт-объекта, созданного в VR представлен на рис. 3.



Рис. 3. Рисование в трехмерном пространстве

Несмотря на растущую популярность использования VR в изобразительном искусстве, художественное образование по-прежнему сохраняет более традиционный облик.

Художественное образование – процесс формирования навыков освоения и воспроизведения мира в образах, способствующий развитию творческого потенциала личности, формированию ее целостности, духовного и эмоционального богатства. В современном обществе художественное образование имеет два разных смысла и содержания. В узком смысле, это теоретическое и практическое обучение для выращивания художников или профессиональных художественных талантов. В широком смысле художественное образование является ядром эстетического воспитания. Оно выходит за рамки дисциплины знания, поскольку направлено на поиск чувства идентичности. Его основополагающей целью является воспитание всесторонне развитых людей.

В России существует три уровня художественного образования:

- начальная ступень (детская художественная школа);
- среднее специальное образование (художественные училища);
- высшее образование (художественные академии, вузы, институты).

Стоит заметить, что устройства виртуальной реальности имеют возрастные ограничения. Японская компания Sony рекомендует не использовать очки виртуальной реальности детям младше 12-и лет. Ограничение на использование детьми до 13 лет было введено производителем Oculus Rift. А в инструкции к HTC Vive неопределенно указано, что «устройство не предназначено для детей», но конкретного возрастного ограничения нет.

По причине наличия подобных ограничений применение VR технологий в детских художественных школах возможно только в последние годы обучения, когда учащиеся достигнут подходящего возраста, так как в школы поступают в основном дети от семи до 7 до 10 лет. Обучение в зависимости от направления длится от 5 до 8 лет.

Возраст находящихся на средней и высшей ступени художественного образования удовлетворяет условиям производителей оборудования для виртуальной реальности, что делает возможным полноценную интеграцию технологии в процесс обучения.

VR имеет многообещающее будущее в данной сфере в связи с ее творческими возможностями и уровнем интерактивности. Технология виртуальной реальности способна обеспечить разнообразные учебные сцены, создавая богатую среду для изучения [2].

Использование VR в художественном образовании обладает рядом преимуществ. Во-первых, виртуальное пространство позволяет детально исследовать объекты и процессы, которые невозможно или очень сложно отследить в реальном мире. Например, анатомические особенности человеческого тела. Во-вторых, в виртуальном мире внешние раздражители практически не действуют на человека. Он может полностью сосредоточиться на материале и лучше его усвоить. Кроме того, сценарий процесса обучения можно программировать и контролировать с высокой точностью. Значительную часть информации можно подать в игровой форме. Таким образом, процесс обучения становится намного более интересным, чем еще больше вовлекает обучающихся и увеличивает эффективность образования.

Использование VR в стандартной схеме очного образовательного процесса позволяет несколько расширить возможности, но при этом не искажает традиционные устои преподавания, а просто дополняет их. Человеческий мозг устроен таким образом, что ему ежедневно необходимо получать разного рода информацию. Рисование в виртуальной реальности может стать дополнительным предметом в образовательной программе, обеспечить разнообразие деятельности, тем самым предотвращая хандру и скуку. VR также делает обучение более интересным и вовлекающим, а также способствует улучшенному закреплению материала за счет визуализации.

Наиболее широкие перспективы открывает виртуальная реальность в образовании, проходящем в дистанционном формате, поскольку как преподаватель, так и его ученики могут находиться в любой точке мира, но при этом взаимодействовать друг с другом в рамках трехмерного мира. В ходе занятия, учащиеся могут вступать во взаимодействие между собой и выполнять групповые задания. Учебные постановки по живописи и рисунку очень важно выполнять с натуры. Рисование с натуры – это не копирование, а осмысленное изучение натуры, которое требует рассуждения и анализа [3]. Художник исследует объект, рассматривая его с разных сторон,

анализирует форму, объем, фактуру и цвет, а также влияние среды, в которой находится объект. Виртуальная реальность позволяет симулировать среду и моделировать объекты для рисования с натуры, при этом полностью погружая учащихся в трехмерное пространство. Таким образом, технологии VR более эффективны в дистанционном обучении, чем формат видеоконференций с использованием в качестве натуры изображение на экране.

Виртуальная реальность подходит также для самостоятельного обучения или закрепления усвоенного материала в домашних условиях.

К недостаткам использования VR технологий в художественном образовании можно отнести высокую стоимость оборудования, а также небольшое число подходящих для обучения программ. Кроме того, для интеграции виртуальной реальности в образовательный процесс необходимо провести соответствующее обучение преподавателей в учебных заведениях.

Проведён опрос среди обучающихся в детской художественной школе с целью выявления их отношения к использованию технологии VR в процессе обучения. Перед этим респондентам показано видео с демонстрацией процесса рисования и создания объёмных арт-объектов в виртуальной реальности. В опросе приняло участие 23 человека в возрасте 14–17 лет. Полученные результаты представлены в таблице.

ТАБЛИЦА. Результаты опроса обучающихся изобразительному искусству (%)

Вопрос	Ответы		
	Да	Нет	Затрудняюсь ответить
Интересно ли для вас проведение урока в VR?	91	0	9
Считаете ли вы данную технологию востребованной?	82	4	14
Целесообразно ли включать VR в учебную программу художественной школы?	26	39	35
Хотели бы вы видеть обучение творчеству в VR в учебных программах художественных вузов, академий?	86	0	14
Считаете ли вы что использование VR в обучении может повысить мотивацию учащихся?	91	4	4
Окажет ли использование современных технологий положительное влияние на развитие сферы художественного образования?	96	0	4

По результатам опроса видно, что учащиеся положительно относятся к использованию виртуальной реальности в процессе обучения. При этом респонденты с сомнением отнеслись к возможности включения VR в их образовательную программу, и с энтузиазмом – к использованию данной тех-

нологии в учебных заведениях более высокой степени образования. Ученики художественной школы считают, что использование новых технологий поможет повысить мотивацию и интерес к обучению.

Проведённое исследование показало, что интеграция VR технологий в художественное образование имеет многообещающее будущее, может положительно повлиять как на степень заинтересованности учащихся, так и на процесс обучения в целом. Виртуальная реальность способна предложить новый опыт творчества и расширенное влияние на восприятие зрителя. Данная технология может сделать процесс обучения более привлекательным и эффективным. Вместе с тем недостаточная разработанность VR продуктов для использования в художественном образовании мешает внедрению виртуальной реальности в процесс обучения и доказывает актуальность создания соответствующего программного средства.

#### **Список использованных источников**

1. Маньковская Н. Б., Могилевский В. Виртуальный мир и искусство // Архетип. 1997. № 1. С. 57–61.
2. Степанов В. Г., Колесник Е. А. Онлайн-обучение: технологии виртуальной реальности в образовании // Непрерывная система образования «Школа – университет». Инновации и перспективы: сборник статей V Международной научно-практической конференции. Минск, 2021. С. 264–268.
3. Федоренко Н. Я. Специфика дисциплины «Академический рисунок» в системе профессиональной подготовки учителей изобразительного искусства // Молодой ученый. 2016. № 7. С. 720–723.

*Статья представлена научным руководителем,  
доктором технических наук, доцентом Волошиновым Д. В.*