

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»  
(СибГУТИ), г. Новосибирск**

**УРАЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ (ФИЛИАЛ) ФГБОУ ВО «СИБИРСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ» в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ)**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ» (УрГУПС), г. Екатеринбург**

# **ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

**Сборник научных трудов III Международной научно-  
практической конференции**

Екатеринбург  
2023



Уральский технический  
институт связи  
и информатики

## III Международная научно-практическая конференция «Инфокоммуникационные технологии: актуальные вопросы цифровой экономики»

### Научные направления:

#### Scientific directions:

- Радиоэлектроника, радиотехника и системы связи  
Radio Electronics, radio engineering and communication systems
- Информатика и вычислительная техника  
Informatics and computer engineering
- Экономика и образование в цифровом мире  
Economics and education in the digital world

### Партнёры:



СИБИРСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
И ИНФОРМАТИКИ

СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И  
ИНФОРМАТИКИ (СибГУТИ), г. НОВОСИБИРСК

СибГУТИ



УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
(УрГУПС), г. ЕКАТЕРИНБУРГ

УДК 378

ББК 74.58 + 32.88-01

**Инфокоммуникационные технологии:**  
**актуальные вопросы цифровой экономики. III**  
Международная научно-практическая  
конференция;  
Сб. науч. ст. в 1 т. / Под ред. Шувалова В.П.;  
Сост.: М.П. Карачарова.  
УрТИСИ СибГУТИ, 2023. 227 с.

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

### Председатель:

*Минина Е. А.*, кандидат технических наук,  
директор УрТИСИ СибГУТИ;

### Заместитель председателя:

*Шувалов В. П.*, доктор технических наук,  
профессор, профессор кафедры  
Инфокоммуникационных систем и сетей  
СибГУТИ;

### Члены программного комитета:

*Горлов Н. И.*, доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры Фотоники в  
телекоммуникациях СибГУТИ;

*Будылдина Н. В.*, кандидат технических наук,  
доцент, зав. кафедрой Инфокоммуникационных  
технологий и мобильной связи УрТИСИ  
СибГУТИ;

*Кусайкин Д. В.*, кандидат технических наук,  
доцент, доцент кафедры Многоканальной  
электрической связи УрТИСИ СибГУТИ;

*Вольнская А. В.*, кандидат технических наук,  
доцент, начальник Управления обеспечения  
образовательного процесса УрГУПС.

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ УрТИСИ СибГУТИ

### Председатель:

*Поршнев С. В.*, доктор технических наук,  
профессор, профессор кафедры  
Инфокоммуникационных технологий и  
мобильной связи УрТИСИ СибГУТИ;

### Члены организационного комитета:

*Будылдина Н. В.*, кандидат технических наук,  
доцент, заведующая кафедрой  
Инфокоммуникационных технологий и  
мобильной связи УрТИСИ СибГУТИ;

*Кусайкин Д. В.*, кандидат технических наук,  
доцент, доцент кафедры Многоканальной  
электрической связи УрТИСИ СибГУТИ;

*Куанышев В. Т.*, кандидат физико-математических  
наук, доцент, заведующий кафедрой Высшей  
математики и физики УрТИСИ СибГУТИ;

*Евдакова Л. Н.*, кандидат экономических наук,  
доцент, заведующая кафедрой Экономики связи  
УрТИСИ СибГУТИ;

*Карачарова М. П.*, начальник методического  
отдела УрТИСИ СибГУТИ.

В сборник включены научные доклады,  
выполненные в рамках III Международной  
научно-практической конференции  
«Инфокоммуникационные технологии:  
актуальные вопросы цифровой экономики» по  
актуальным научным направлениям  
совершенствования и перспективного развития  
современных инфокоммуникационных  
технологий и систем связи, информационной  
безопасности, информационных технологий и  
защите информации, рассмотрены социально-  
экономические проблемы стратегии развития и  
моделирования экономики и образования в  
условиях цифровизации.

Предназначено для научных работников,  
аспирантов, студентов и специалистов,  
работающих в области современных  
инфокоммуникационных технологий.

Научное издание

Рецензирование: д.т.н., проф. В.П. Шувалов; к.т.н., доцент Д.В.

Кусайкин; к.э.н., доцент Л.Н. Евдакова.

Оформление: М.П. Карачарова.

Подписано в печать 06.02.2023. Вышло в свет 01.03.2023.

Уст. печ. л. 14,1.

620109, Россия, г Екатеринбург, ул. Репина, д. 15

© УрТИСИ СибГУТИ, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ RADIO ELECTRONICS, RADIO ENGINEERING AND COMMUNICATION SYSTEMS

№ п/п	Авторы и название статьи	Стр.
1	<b>И.В. Азанов, С.А. Баранов.</b> Типы активных элементов в микроволновых монолитных интегральных схемах (МИС).....	7
2	<b>Е.А. Арефьева, А.М. Кобелев, С.А. Титов.</b> Анализ беспилотных летательных аппаратов применяемых для выявления очагов природных и техногенных чрезвычайных ситуаций и их возможное применение в Арктическом регионе.....	11
3	<b>Д.И. Бурумбаев, В.Т. Куанышев, Н.М. Барбин.</b> Системный анализ мостовых измерителей для изучения электрофизических свойств жидкости.....	16
4	<b>Н.В. Верликов, А.Р. Кубалова.</b> Алгоритм оптимального проектирования применительно к расчётам СВЧ фильтров методом Розенброка.....	20
5	<b>Е.В. Глазырин, Д.В. Кусайкин.</b> Методы компенсации четырехволнового смешения в ВОСП алгоритмами цифровой обработки сигналов.....	25
6	<b>А.Л. Глебец, М.О. Головлев, А.Н. Рагозин.</b> Разработка цифровой нейросетевой модели раннего обнаружения аномальных изменений в процессах, отражающих работу оборудования, используемого на промышленных предприятиях.....	29
7	<b>Н.И. Горлов.</b> Последние исследования и разработки в области мониторинга оптического волокна в системах связи.....	35
8	<b>Н.И. Горлов.</b> Методы мониторинга физической среды пассивных оптических сетей на основе одноволновой рефлектометрии.....	40
9	<b>Н.И. Горлов.</b> Методы мониторинга физической среды пассивных оптических сетей.....	46
10	<b>О.Д. Лобунец.</b> О проблеме повышения электромагнитной совместимости и надежности радиоэлектронной аппаратуры.....	50
11	<b>Ю.А. Никитин.</b> Построение широкополосных синтезированных генераторов с уменьшенным уровнем шумов.....	52
12	<b>Ю.А. Никитин.</b> Умножающие кольца фазовой автоподстройки.....	57
13	<b>Д.С. Плотников, М.В. Шаров, Ю.В. Могильников.</b> Развитие каналов связи с высокой доступностью.....	62
14	<b>Н.С. Потапов, И.И. Шестаков.</b> Исследование алгоритма применения рефлектометра OTDR в сетях PON.....	67
15	<b>Р.И. Баимов, А.Н. Рагозин.</b> Выбор весового окна амплитудного распределения на элементах линейной фазированной антенной решетки по критерию ширина луча – уровень боковых лепестков диаграммы направленности.....	72
16	<b>К.И. Семчук, И.И. Салифов, И.И. Шестаков.</b> Исследование различных кольцевых архитектур в сетях Ethernet.....	78
17	<b>Е.С. Тарасов, Н.В. Будылдина, Д.А. Фастов, А.С. Никитин.</b> Разработка виртуальной системы связи с обработкой реального трафика беспроводной сети.....	82
18	<b>К.И. Брагин, С.А. Тычинкин.</b> Применение алгоритмов машинного обучения для управления ресурсами в мобильных сетях 5G.....	88
19	<b>И.И. Шестаков.</b> Оценка эффективности использования источника фоновой помехи для противодействия скрытого перехвата конфиденциальной информации в сетях P2MP PON-TDM.....	92
20	<b>В.П. Шувалов, И.Г. Квиткова.</b> К вопросу о прогнозе срока службы оптического кабеля.....	97
21	<b>Е.В. Юрченко, Н.В. Будылдина.</b> Распределение ресурсов с учетом задержки в сетях IoT.....	101

### ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

## INFORMATICS AND COMPUTER ENGINEERING

22	<b>П.И. Артемьев, И.А. Осипова.</b> Сравнительный анализ использования реляционных и графовых баз данных в разработке цифровых образовательных систем.....	105
23	<b>А. Базарбекова, А.Н. Базарбаева.</b> Использование информационной энтропии в обработке результатов тестирования.....	109
24	<b>А.Е. Кайгородов, И.А. Осипова.</b> Анализ использования байесовских сетей в медицине.....	112
25	<b>А.Д. Мехтиев, Л.Н. Кириченко, И.М. Казамбаев.</b> Разработка охранной системы силовых кабелей с применением волоконно - оптических датчиков.....	116
26	<b>И.В. Коробицын, Н.В. Будылдина, Е.В. Юрченко.</b> Исследование взаимодействия умных устройств при разной архитектуре подключения к умному зеркалу.....	121
27	<b>Ю.И. Найденова, О.А. Сафарьян.</b> Аналитический обзор потенциальных атак на потоковое шифрование в инфотелекоммуникационных системах и сетях.....	126
28	<b>А.С. Петров, Е.В. Кислицын.</b> Анализ рынка CRM-систем в России.....	129
29	<b>А.М. Романов, О.А. Сафарьян, Л.В. Черкесова.</b> Повышение устойчивости скрытых стеганосообщений к модификации контейнера.....	133
30	<b>Е.В. Рощина, В.А. Киреев.</b> Обзор алгоритмов поддержки принятия решений и интеллектуальных систем, используемых при распознавании языка жестов.....	139
31	<b>К.В. Свалухин, С.Н. Мамоиленко.</b> Исследование и внедрение стратегии планирования в Kubernetes.....	145

## ЭКОНОМИКА И ОБРАЗОВАНИЕ В ЦИФРОВОМ МИРЕ ECONOMICS AND EDUCATION IN THE DIGITAL WORLD

32	<b>А.Е. Аникеева, М.Е. Аникеева.</b> Автоматизация контроля удаленных сотрудников...	149
33	<b>М.О. Белоногов, Р.А. Курбанов, Д.И. Бурумбаев.</b> Оценка экономической эффективности использования искусственного интеллекта в образовательной среде вуза.....	155
34	<b>А.С. Бугров.</b> Анализ педагогических рисков при организации электронного обучения в профессиональном образовании.....	158
35	<b>Т.И. Волкова.</b> Детерминанты развития технологий искусственного интеллекта: экономико - правовой аспект.....	161
36	<b>Е.И. Гниломёдов.</b> Использование учебных видеофильмов в процессе практической подготовки специалистов отрасли инфокоммуникаций.....	164
37	<b>Н.Д. Желябовский, Л.Н. Евдакова.</b> Криптовалюты. Куда не страшно вложить деньги?.....	169
38	<b>А.В. Куракина, Л.Н. Евдакова.</b> Развитие личного бренда в IT отрасли на примере компании START.....	174
39	<b>Р.Г. Новокшенова.</b> Особенности организации учебного занятия по иностранному языку в техническом вузе в новых условиях профессионального лингвообразования...	177
40	<b>С.М. Плеханов, Л.Н. Евдакова.</b> Перспективы внедрения сетей 5G в Российской Федерации.....	181
41	<b>И.М. Сайпидинов, А.Т. Ажибекова.</b> Теория цифровизации в экологическом маркетинге и ее современное развитие: шаги к умной зеленой планете.....	184
42	<b>Н.И. Сухих.</b> О развитии некоторых положений концепции «Информационного общества» Э. Тоффлера в контексте современных финансовых технологий.....	189
43	<b>К.А. Такшеев, Л.Н. Евдакова.</b> Оценка целесообразности внедрения модели корректировки временной оценки при разработке программного обеспечения.....	192
44	<b>К.М. Тупицын, Л.Н. Евдакова.</b> Микротранзакции в видеоиграх.....	196
45	<b>С.А. Тычинкин, Л.Н. Евдакова.</b> Актуальность внедрения методов машинного обучения при развертывании сетей 5G.....	200
46	<b>Д.А. Шмаков, Л.Н. Евдакова.</b> История развития рынка игровой индустрии в России.	203
47	<b>Р.В. Фаткуллин, Л.Н. Евдакова.</b> Применение графовых баз данных в социально - экономической сфере.....	206
48	<b>В.М. Якимов, Л.Н. Евдакова.</b> Импортозамещение в IT-отрасли и его влияние на экономику страны.....	211

49	<b>К.И. Брагин, Д.М. Сабуров, Л.Н. Евдакова. AGILE как концепция развития высшего образования.....</b>	215
	<b>АВТОРЫ СТАТЕЙ</b>	
	<b>AUTHORS OF ARTICLES.....</b>	220
	<b>АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ</b>	
	<b>THE AUTHORS INDEX.....</b>	227

# **СЕКЦИЯ 1. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ**

## **SECTION 1. RADIO ELECTRONICS, RADIO ENGINEERING AND COMMUNICATION SYSTEMS**

**И.В. Азанов, С.А. Баранов**

### **ТИПЫ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МИКРОВОЛНОВЫХ МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ (МИС)**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: МИС, транзистор, НЕМТ.

В статье рассмотрены различные методы реализации активных элементов в МИС СВЧ, которые на данный момент времени применяются при производстве данных изделий. Приведены основные структуры и материалы, из которых изготавливаются монолитные интегральные схемы. Произведен обзор ключевых отличий и особенностей различных типов активных элементов МИС СВЧ.

**I.V. Azanov, S.A. Baranov**

### **TYPES OF ACTIVE ELEMENTS IN MICROWAVE MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUITS (MMIC)**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: MMIC, transistor, NEMT.

The article discusses various methods for the implementation of active elements in MMIC, which are currently used in the production of MMIC.

Монолитная интегральная схема сверхвысокочастотного диапазона (МИС СВЧ) – интегральная схема неразрывно связанных элементов, изготовленных в объеме и/или на поверхности кристалла (подложки), сверхвысокочастотного диапазона, выполняющая функции модуля СВЧ и представляющая собой законченный одно- или многофункциональный узел аппаратуры [1].

Для реализации многих устройств аппаратуры связи необходимы активные элементы. В качестве одних из самых важных устройств для аппаратуры связи являются усилители мощности, усиление сигнала в которых достигается при помощи транзисторов. В свою очередь транзисторы на подложке МИС СВЧ реализовываются различными способами.

Изначально в качестве активного элемента МИС СВЧ использовались полевые транзисторы с однородным легированием канала (MESFET – metal-semiconductor field-effect transistor).

Данный тип транзисторов имеет непосредственный контакт с материалом подложки, и это образует диодный переход с барьером Шоттки. Используемый материал подложки может быть кремнием или другими формами проводника, в настоящее время наиболее часто применяется арсенид галлия. Данный материал выбирают из-за высокой подвижности электронов, что обеспечивает хорошую работу на высоких частотах [2].

В данном типе транзистора в направлении, перпендикулярному затвору профиль легирования является неоднородным. Данная особенность обеспечивает хорошую линейность и

низкий уровень шумов. Для большинства устройств аппаратуры связи критично быстроедействие работы, поэтому в данных транзисторах используется n-канал, так как электроны обладают гораздо большей подвижностью, чем дырки, которые присутствовали бы в p-канале.

Контакты затвора данного типа транзисторов могут быть изготовлены из различных материалов, таких как алюминий, платина, вольфрам, многослойные структуры титан-платина-золото и другие. Они обеспечивают высоту барьера, что снижает ток утечки.

Исток и сток формируются путем ионной имплантации. Контакты стока для MESFET на основе арсенида галлия обычно изготавливаются из сплава золота и германия (AuGe).

На данный момент есть две структуры, которые используются при производстве MOSFET транзисторов – самовыравнивающиеся исток и сток и не самовыравнивающиеся исток и сток

*Самовыравнивающиеся исток и сток.* Структура данного MESFET представлена на рисунке 1. В данной форме конструкции контакт затвора покрывает всю длину.

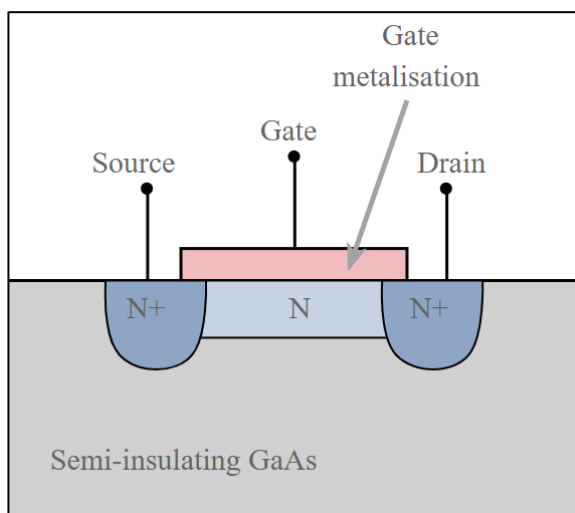


Рис. 1. Самовыравнивающаяся структура MESFET

*Не самовыравнивающиеся исток и сток.* Структура данного MESFET представлена на рисунке 2. Для данной формы MESFET затвор размещается на участке канала. Контакт затвора не покрывает всю длину канала. Это происходит потому, что контакты истока и стока обычно формируются перед затвором.

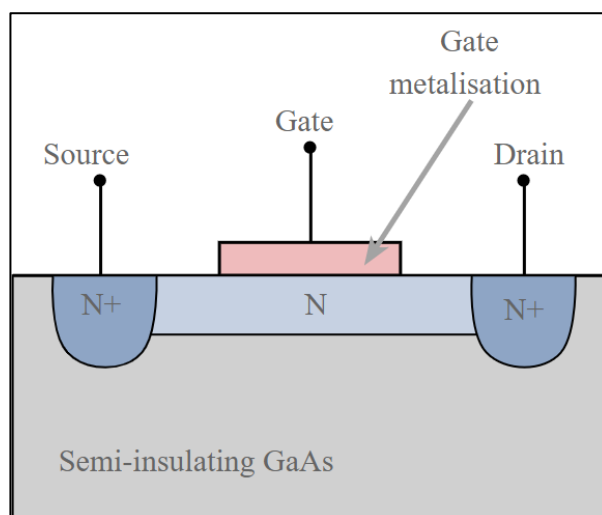


Рис. 2. Не самовыравнивающаяся структура MESFET

К одним из ключевых характеристик MESFET можно отнести:

1. Высокая подвижность электронов.
2. Низкие уровни паразитной емкости.
3. Отсутствие оксидных ловушек.
4. Высокий входной импеданс.



## 5. Отрицательный температурный коэффициент.

Так же существуют транзисторы с высокой подвижностью электронов, такие как НЕМТ, рНЕМТ, mНЕМТ.

Ключевым элементом НЕМТ транзистора является специальный р-п переход (гетеропереход), переход, в котором используются разные материалы по обе стороны от перехода. Вместо р-п перехода используется переход металл-полупроводник (барьер Шоттки с обратным смещением).

Самыми частыми материалами являются арсенид алюминия-галлия (AlGaAs) и арсенид галлия (GaAs). Выбор материала, как и в случае MESFET транзисторов, обусловлен высоким уровнем базовой подвижности электронов в данном материале, чем в кремнии. Схематичное строение структуры НЕМТ транзистора представлено на рисунке 3.

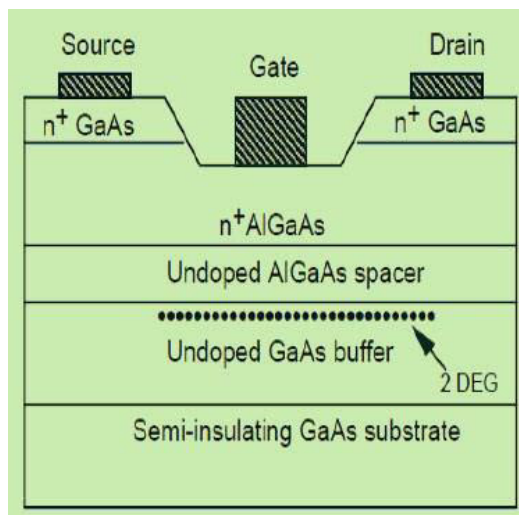


Рис. 3. Схематичное строение структуры НЕМТ транзистора.

Производство НЕМТ осуществляется следующим образом: сначала на полуизолирующий слой GaAs наносится внутренний слой GaAs. Толщина слоя около 1 микрона. После этого поверх этого слоя наносится очень тонкий слой AlGaAs. Основное назначение этого слоя — обеспечить отделение гетероперехода от области легированного AlGaAs[3]

При производстве НЕМТ транзисторов особое внимание уделяется толщине AlGaAs слоя. Так как для корректной работы НЕМТ транзистора необходима точная толщина данного слоя и требуются специальные методы контроля толщины.

НЕМТ разрабатывался для высокоскоростной радиоаппаратуры. Благодаря своим низким шумовым характеристикам они широко используются в малощумящих усилителях (МШУ), усилителях мощности (УМ), генераторах и смесителях, работающих на частотах до 60 ГГц.

Использование двух полупроводников в структуре НЕМТ должны иметь одинаковые постоянные решетки или расстояние между атомами. Если константы не совпадают, то может произойти разрыв, что в конечном итоге приводит к снижению производительности НЕМТ.

Для улучшения работы НЕМТ транзистора были разработаны технологии рНЕМТ и mНЕМТ.

Псевдоморфный гетеропереход (рНЕМТ), переход, в котором не соблюдается правило соответствия параметра кристаллической решетки слоев. Для реализации перехода слой одного из материалов делается очень тонким, до того состояния, что его кристаллическая решетка растягивается до соответствия другому материалу. Данный способ изготовления позволяет изготовить структуры с разницей в ширине запрещенной зоны. Данный способ способствует улучшению производительности.

Метаморфный гетеропереход (mНЕМТ), переход, в котором для совмещения материалов с разными кристаллическими решетками применяется помещение буферного слоя между данными материалами. В качестве буферного слоя чаще всего используется арсенид алюминия-индия (AlInAs). Главным преимуществом данной технологии является возможность выбора

концентрации индия для создания канала. Увеличение концентрации индия будет способствовать увеличению степени усиления, уменьшение концентрации будет обеспечивать низкий шум.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ Р 59702-2021 – Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии – Москва [2021]
2. MESFET & GaAs FET [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.electronic-notes.com/articles/electronic\\_components](https://www.electronic-notes.com/articles/electronic_components)
3. Sheng S. Li. Semiconductor Physical Electronics. — Second Edition. — Springer, 2006. — 708 с

## **АНАЛИЗ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОЧАГОВ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

Уральский институт Государственной противопожарной службы  
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,  
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия

Ключевые слова: система связи, мониторинг, беспилотный летательный аппарат, чрезвычайная ситуация, Арктический регион.

Приведены сравнительные характеристики используемых беспилотных летательных аппаратов для выявления очагов природных и техногенных ЧС, оперативной передачи по каналам связи видовой и аналитической информации о местах возникновения и масштабах аварий. Получение актуальных данных позволяет прогнозировать развитие и своевременно реагировать на ситуацию.

E.A. Arefeva, A.M. Kobelev, S.A. Titov

## **ANALYSIS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES USED TO DETECT HOUSES OF NATURAL AND MAN-MADE EMERGENCIES AND THEIR POSSIBLE APPLICATION IN THE ARCTIC REGION**

Ural Institute of the State Fire Service Ministry of the Russian Federation for Civil Defense,  
Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Russia

Keywords: communication system, monitoring, unmanned aerial vehicle, emergency, Arctic region.

Comparative characteristics of unmanned aerial vehicles used in the Arctic region for identifying sources of natural and man-made emergencies, operational transmission of visual and analytical information on the locations and scale of accidents through communication channels are given. Obtaining up-to-date data allows you to predict development and respond to the situation in a timely manner.

Система связи является наиболее важным компонентом структуры управления и представляет собой техническую основу для информатизации и автоматизации управления подразделениями служб реагирования на чрезвычайные ситуации. Силы и средства, расположенные непосредственно в арктической зоне или находящиеся в оперативной доступности их возможного использования к арктическим регионам в случае чрезвычайной ситуации, относятся к различным функциональным подсистемам РСЧС федеральных органов исполнительной власти.

Арктика играет важную геостратегическую и экономическую роль для ряда государств благодаря своим колоссальным запасам углеводородов и возможности обеспечения энергетической безопасности многих стран Европы и мира в ближайшие десятилетия.

В разные годы в регионе наблюдается устойчивый рост аварий на производствах и риск возникновения ЧС, поэтому, основными задачами данной статьи будет сравнительный анализ применяемых беспилотных летательных аппаратов, а также изучение проблем мониторинга и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Всего на территории Арктической зоны находится несколько тысяч потенциально опасных объектов, которые могут стать источниками техногенных ЧС.

Анализ состава и дислокации имеющихся сил и средств показывает, что их недостаточно для адекватного и оперативного реагирования на возникающие угрозы и риски в значительной части Арктического региона [1].

Основной задачей системы аварийного мониторинга и прогнозирования является информационное обеспечение принятия управленческих решений по предупреждению чрезвычайных ситуаций, оповещение органов управления, сил и средств функциональных и территориальных подсистем системы ликвидации чрезвычайных ситуаций к действиям в случае возникновения угрозы и возникновения чрезвычайных ситуаций.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для ликвидации чрезвычайных ситуаций, их предотвращения и устранения последствий и связи с центрами управления эффективно в ситуации, где скорость и оперативность особенно важны. Они экономят время и ресурсы, могут выполнить работу, опасную для человека и недоступную для другой техники [2].

Использование беспилотных летательных аппаратов для информирования спасательных служб позволяет быстро реагировать на обстановку, уменьшая крупные потери и ущерб.

Съемка с воздуха помогает спасателям корректировать эвакуацию, точно прогнозировать дальнейшее развитие ситуации, правильно оценивать масштаб катастрофы [5].

В свою очередь, разведка с помощью БПЛА должна установить:

- вид, силу и локацию пожара;
- наличие особо ценных участков и пожароопасных зон;
- наличие преград (как естественных, так и искусственных);
- безопасные места.

По типу управления различают БПЛА:

- управляемые автоматически,
- управляемые оператором с пункта управления (ДПЛА),
- гибридные.

Большинство задач, решаемых с помощью беспилотных летательных аппаратов, требуют наличия доступных высокоскоростных линий передачи данных между БПЛА и наземным комплексом управления (НКУ). В этом случае передача информации с высокой скоростью на расстояние более 300 км возможна с использованием ретрансляционного оборудования, систем спутниковой связи, стационарных систем передачи информации [3].

Для сравнительного анализа предлагается рассмотреть некоторые виды беспилотных летательных аппаратов.

БПЛА «Орлан-10» (рис. 1) – многофункциональный беспилотный комплекс, предназначенный для мониторинга протяженных (например, нефте- и газопровода, леса) и локальных объектов в труднодоступных районах. Способ запуска - со специальной складной катапульты. Скорость полета может достигать 90-150 км/ч. Максимальная продолжительность полета составляет до 16 часов, а дальность действия комплекса составляет 120 км от наземного комплекса управления. Высота полета над уровнем моря может достигать 5000 метров при скорости ветра 10 м/с. Диапазон рабочих температур поверхности земли в пределах от -30 до 40 °С [4].



Рисунок 1 – Беспилотный летательный аппарат «Орлан-10».

БПЛА «INSPECTOR» (рис. 2). Приборы предназначены для наблюдения за окружающим пространством и отдельными объектами в стесненных условиях, например, в промышленных и жилых районах, на труднопроходимой местности. Конструктивно устройство представляет собой микро-беспилотник, похожий на квадрокоптер. Полезная нагрузка включает в себя микросхемы передачи информации, а также переднюю или панорамную видеокамеру небольшого размера. Устройство запускается вручную с помощью специальной катапульты. Прием информации от беспилотного транспортного средства и выдача ему команд осуществляется через пульт управления, выполненный на базе портативного компьютера. Комплекс может быть развернут в течение 10 минут, дальность действия - 1,5 км, со скоростью до 20 м/с, время полета - 30-40 минут. Полеты можно проводить на высотах 25–500 м, при температуре воздуха от -30 до 50°C, скорости ветра до 10 м/с в умеренный снегопад и дождь [4].



Рисунок 2 – Беспилотный летательный аппарат «INSPECTOR».

Беспилотный самолет ZALA 421-04M (рис. 3). Он предназначен для разведывательных полетов в широком диапазоне погодных условий, определения степени ущерба, обнаружения взрывных устройств, сброса небольших грузов, пограничного контроля, обнаружения разливов нефти, обследования состояния трубопроводов, поиска и обнаружения людей. Продолжительность полета составляет 90 минут. Беспилотник передает высококачественную фото-, видео- и тепловизионную информацию в режиме реального времени на расстояние до 25 км. Размах крыльев составляет 1615 мм, длина самолета – 635 мм. Максимальная высота полета составляет 3600 м, скорость может достигать 65-100 км/ч. [4].



Рисунок 3 – Беспилотный самолет ZALA 421-04M

Автономный беспилотный комплекс БАС-200 (рис. 4). Главной особенностью беспилотных вертолетов является возможность вертикального взлета с любого места – неподготовленных площадок, в труднодоступных районах и даже с транспортных средств. Очевидным преимуществом является возможность снижать скорость во время полета практически до нуля, включая режим зависания. В некоторых ситуациях умение «зависнуть» и детально изучить ту или иную область просто незаменимо. Комплекс рассчитан на полеты в автоматическом режиме до 4 часов на расстояния до 430 километров с полной загрузкой. Например, при наблюдении за местностью, выполнении разведки. БАС-200 подходит для решения широкого спектра задач: мониторинга местности днем и ночью, лазерного сканирования, магнитометрической и тепловизионной съемки, транспортировки грузов, аэрогравиметрических съемок, поисково-спасательных операций, а также обладает возможностью трансляции информации в режиме реального времени [4].



Рисунок 4 – Автономный беспилотный комплекс БАС-200

Проведя сравнительную характеристику некоторых видов беспилотных летальных аппаратов, отмечается, что в условиях Арктического региона главными недостатками будут являться низкий температурный диапазон работы устройств, короткое время работы без подзарядки, а также нерациональное расположение линий передачи информации между БПЛА и

наземным комплексом управления, что усложняет передачу сигналов связи. На основе анализа действующих комплексов беспилотных летательных аппаратов, как наиболее подходящий для применения в Арктическом регионе, можно выделить автономный беспилотный комплекс БАС-200.

Таким образом, передача связи и качественной информации с помощью беспилотных летательных аппаратов приносит огромный вклад в силы и средства МЧС России, основанные для обеспечения безопасности в Арктическом регионе. Принимая во внимание данные с дронов, удается правильно расставить приоритеты и оптимизировать процесс тушения пожара.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Акимов В.А., Молчанов В.П., Соколов Ю.И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации МЧС России. М.: ФГБУ НИИ ГОЧС, 2011.
2. Боев Н.М., Шаршавин П.В., Нигруца И.В. Построение систем связи беспилотных летательных аппаратов для передачи информации на большие расстояния. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uav-siberia.com/news/postroenie-sistem-svyazi-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-dlya-peredachi-informatsii-na-bolshie-ra/> (дата обращения 09.01.2023)
3. Боев Н.М. Анализ командно-телеметрической радиолинии связи с беспилотными летательными аппаратами// Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф.Решетнева. Выпуск 2 (42) / гл. ред. д.т.н. Ковалев И.В. – Красноярск: СибГАУ, 2012. – С.86–91.
4. БПЛА для МЧС беспилотники при ликвидации, предотвращении ЧС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://radiocopter.ru/bpla-dlya-mchs-bespilotniki-pri-likvidatsii-predotvrashchenii-chs-gk-geoskan/> (дата обращения 09.01.2023).
5. Дроны (квадрокоптеры): применение на пожарах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/drony-kvadrokoptyery-primenenie-na-pozharah/> (дата обращения 27.12.2022).



## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МОСТОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: электрофизические параметры, жидкость, системный анализ, мостовой измеритель.

В статье проведен системный анализ приборов для изучения электрофизических свойств жидкости. Определены параметры, которые являются наиболее важными при выборе средств измерений. Сделано обоснованное заключение о выборе среди представленных приборов.

D.I. Burumbaev, V.T. Kyanyshv, N.M. Barbin

## SYSTEM ANALYSIS OF BRIDGE METERS FOR STUDYING THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF A LIQUID

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: electrophysical parameters, fluid, system analysis, bridge meter.

The article presents a system analysis of devices for studying the electrophysical properties of a liquid. The parameters that are most important when choosing measuring instruments are determined. A reasonable conclusion has been made about the choice among the presented devices.

Жидкость тесно связана со сферами деятельности человека. Именно поэтому необходимо высокоточное определение электрофизических параметров жидкости: электропроводность, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла потерь, магнитная проницаемость и другие. Для того, чтобы получать достоверные результаты, необходимы приборы, которые удовлетворяют требованиям точности и максимальных отклонений.

В качестве инструментов для определения электрофизических параметров могут выступать мостовые измерители и анализаторы электрических цепей. Первые, в свою очередь, представлены широким выбором от различных производителей.

Для выполнения системного анализа были выделены следующие факторы: диапазон частот, измеряемые параметры, выходной импеданс, выбор предела измерения, возможность подключения к персональному компьютеру, наличие программного обеспечения для обработки результатов, погрешность измерения. Электропитание, рабочие температуры, число отчетов, цена.

Каждый из параметров выделяет преимущества прибора, помогая сделать более качественный системный анализ. Например, параметр диапазон частот позволяет проводить измерения на различных частотах, представляя полную картину проводимого измерения. Тем самым, чем больше диапазон частот, тем лучше для проведения дальнейших экспериментов.

Следующей характеристикой сравнения, которую необходимо рассмотреть при сравнении, являются измеряемые параметры. Приборы различаются по измеряемым параметрам, но основными для проведения измерения являются:

- 1) R – сопротивление;
- 2) L – индуктивность;
- 3) C – емкость;
- 4) D – коэффициент потерь;



- 5)  $Q$  – добротность;
- 6)  $\theta$  – фазовый угол;
- 7) ESR – эквивалентное последовательное сопротивление;
- 8) EPR – эквивалентное параллельное сопротивление.

Третьей характеристикой, выбранной для дальнейшего сравнения, является выходной импеданс. Это мера противодействия тока, поэтому чем выше это значение у прибора – тем лучше для проведения экспериментов.

Также, важными характеристиками является возможность подключения устройства к персональному компьютеру и передача данных на него, так как при помощи персонального компьютера удобнее обрабатывать результаты измерений. Поэтому следует обратить внимание на данную характеристику при выборе прибора, так как после проведенных экспериментов наличие такой возможности позволит облегчить обработку результатов.

Пятым важным параметром является погрешность прибора, так как результат экспериментов должен быть наиболее точным и достоверным для качественной оценки. В противном случае, если результаты проведенных измерений будут не точными, то они не могут считаться действительными.

Для проведения системного анализа, были выбраны три наиболее популярных прибора UT612 от компании Uni Trend Group, UT622A от компании Uni Trend Group, MS-5308 от компании MASTECH.

Измеритель UT612 используется для измерения индуктивности, емкости и сопротивления. Расширенные функции включают режимы последовательного, параллельного измерения, измерения добротности, импеданс, потерь, фазового угла, измерения эквивалентного сопротивления, сопротивления постоянному току и пяти выбираемых частот (100 Гц, 120 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100кГц) в режиме переменного тока. Прибор имеет малое энергопотребление, режим автоматического отключения, USB интерфейс и программное обеспечение для связи с компьютером [1].

Внешний вид прибора UT612 представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид мостового измерителя UT612

Следующим прибором, который был рассмотрен в анализе, был выбран UT622A. Данный инструмент отличается мощными функциями, высокой точностью, высокой скоростью и длительным временем работы. Также, обладает 2,8-дюймовым TFT-ЖК-дисплеем, аккумуляторной батареей большой емкости. Прибор работает на частотах до 10 кГц с погрешностью 0,1%, имеет сверхнизкое энергопотребление, интерфейс Mini-USB и программное обеспечение для связи с компьютером [2].

Внешний вид прибора представлен на рисунке 2.



Измеряемые параметры	R, L, C, D, Q, $\theta$ , ESR, EPR	R, L, C, Z, D, Q, $\theta$ , ESR	R, L, C, D, Q, $\theta$ , ESR
Выходной импеданс, Ом	до $20 \cdot 10^6$	100	120
Выбор предела измерения	автоматический/ручной	автоматический/ручной	автоматический/ручной
Возможность подключения персональному компьютеру	USB	Mini-USB	RS-232
Наличие программного обеспечения для обработки результатов	Да	нет	нет
Погрешность измерения, %	до 2, в зависимости от частоты	до 0,1	0,5
Электропитание	8 батарей типа AA на 1,5В	литий-полимерная батарея на 3,7В, 1800 мА*ч	батарея на 9В или от USB
Рабочие температуры, °С	0..+40	0..+25	0..+40
Число отчетов, шт.	50.000	99.999	19.999
Цена, руб.	от 10.500	от 12.800	от 12.000

Таким образом, в результате проведенного анализа приборов, из представленных моделей, была выбрана модель UT612 от производителя Uni Trend Group, так как данный прибор имеет больший диапазон частот, измеряет большее количество параметров, имеет невысокую цену. Также явным преимуществом данного прибора является наличие возможности передачи данных на персональный компьютер, а также программное обеспечение для последующей обработки, чего не предоставляется у аналогов.

#### Библиография:

1. Официальный сайт ООО ТК "ОЛДИС" [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://novapribor.ru>
2. Официальный сайт "UNI-TREND TECHNOLOGY" [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://instruments.uni-trend.com/>
3. Официальный сайт "ДКО ЭЛЕКТРОНИК" [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.electronshik.ru/>

## АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАСЧЁТАМ СВЧ ФИЛЬТРОВ МЕТОДОМ РОЗЕНБРОКА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ), г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: алгоритм оптимизации, аналитические методы, поисковые методы оптимизации, алгоритм метода вращающихся координат, метод Розенброка, метод Дэвиса-Свена-Кемпи.

В статье представлен анализ таких алгоритмов оптимизации, как алгоритм оптимизации методом Розенброка, а также алгоритм оптимизации методом Дэвиса-Свена-Кемпи, который частично повторяет и является модифицированным методом Розенброка. По анализу вышеупомянутых методов проведён обзор их сходств и различий. Приведены блок-схемы вышеуказанных методов.

N.V. Verlikov, A.R. Kubalova

## OPTIMAL DESIGN ALGORITHM APPLIED TO CALCULATIONS OF MICROWAVE FILTERS WITH THE ROSENBRACK METHOD

Federal State Budget-Financed Educational Institution of Higher Education «The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications» (SPbSUT), St. Petersburg, Russia

Keywords: optimization algorithm, analytical methods, search optimization methods, algorithm of the rotating coordinates method, Rosenbrock method, Davis-Sven-Kempy method.

The article presents an analysis of optimization algorithms such as the Rosenbrock optimization algorithm, as well as the Davis-Sven-Kempy optimization algorithm, which partially repeats and is a modified Rosenbrock method. Based on the analysis of the above-mentioned methods, an overview of their similarities and differences is carried out. The flowcharts of the above mentioned methods are given.

В современной радиоэлектронной аппаратуре широко применяются фильтры СВЧ диапазона. В практическом смысле одной из самых важных их характеристик является АЧХ, но сразу же получить требуемые характеристики не всегда получается возможным – для этого могут помочь методы оптимизации [1].

Одним из перспективных методов оптимизации с такими достоинствами, как относительная простота и быстрдействие является метод Розенброка (также называемый методом вращающихся координат). Метод Розенброка представляет собой итерационную процедуру, имеющей определенное сходство с исследующим поиском Хука и Дживса. Разница состоит в том, что с помощью дискретных шагов или одномерной оптимизации поиска осуществляются вдоль системы ортонормированных направлений, полученных с помощью процедуры Грама-Шмидта. Суть метода состоит во вращении системы координат в соответствии с изменением скорости убывания целевой функции. Новые направления координатных осей определяются так, чтобы одна из них соответствовала направлению наиболее быстрого убывания целевой функции, а остальные находились из условия ортогональности. Из начальной точки  $x[0]$  осуществляют спуск в точку  $x[1]$  по направлениям, параллельным координатным осям. На следующей итерации одна из осей должна проходить в направлении  $y_1 = x[1] - x[0]$ , а другая - в направлении, перпендикулярном к  $y_1$ . Спуск вдоль этих осей приводит в точку  $x[2]$ , что дает возможность построить новый вектор  $x[2] - x[1]$  и на его базе новую систему направлений поиска.

В общем случае данный метод эффективен при минимизации овражных функций, так как результирующее направление поиска стремится расположиться вдоль оси оврага. Вместо непрерывного поиска по координатам, соответствующим направлениям независимых переменных, после каждого цикла координатного поиска можно сделать улучшение путем сведения направлений поиска в ортогональную систему, принимая весь шаг предыдущего этапа в качестве первого блока при построении новой системы координат.

Метод Розенброка определяет местонахождение  $x^{(k+1)}$ , используя последовательные одномерные поиски, начиная с исходной точки  $x^{(k)}$  вдоль системы ортонормированных направлений  $S_1^{(k)}, \dots, S_n^{(k)}$ , так что направления поиска вытягиваются вдоль главных осей квадратичной аппроксимации целевой функции. Поскольку эти оси являются собственными векторами и представляют собой особый случай сопряженных направлений, этот метод, в некоторой степени, аналогичен методу сопряженных направлений в смысле сходимости, если применяется к квадратичной аппроксимации целевой функции. В отличие от других методов нулевого порядка алгоритм Розенброка ориентирован на отыскание оптимальной точки в каждом направлении, а не просто на фиксированный сдвиг по всем направлениям. Величина шага в процессе поиска непрерывно изменяется в зависимости от рельефа поверхности уровня. Сочетание вращения координат с регулированием шага делает метод Розенброка эффективным при решении сложных задач оптимизации.

Дэвис, Свен и Кемпи (ДСК) модифицировали поиск Розенброка в направлениях  $s_1^{(k)}, \dots, s_n^{(k)}$  путем отыскания минимума  $f(x)$  в каждом из направлений  $s_i^{(k)}$  способом, напоминающим поиск Дэвидона-Флетчера-Пауэлла.

После завершения  $k$ -го этапа либо с помощью оригинального метода Розенброка, либо его модификации с использованием метода ДСК в точке  $x_0^{(k+1)} = x_n^{(k)}$  вычисляются векторы новых направлений поиска, где ортогональные направления поиска поворачиваются по отношению к предыдущим направлениям так, что они оказываются вытянутыми вдоль оврага (или хребта), н таким образом исключается взаимодействие переменных.

В модифицированном методе Розенброка с использованием алгоритма ДСК во избежание обращения в нуль любого из  $S_1^{(k)}$  (ибо в этом случае данный алгоритм перестает работать)  $\Lambda$  и  $s$  нумеруются нижними индексами, так что направления поиска  $\Lambda_1^{(k)} > \Lambda_2^{(k)} > \dots > \Lambda_n^{(k)}$ . Тогда если любые  $p$  из  $\Lambda_i^{(k)}$  обращаются в нуль, то отыскивают новые направления, как описано ниже, лишь для тех  $(p-t)$  направлений, для которых  $\Lambda_i^{(k)} \neq 0$ ; оставшиеся  $m$  направлений остаются неизменными:

$$s_i^{(k+1)} = s^{(k)}, i = (n - m) + 1, \dots, n$$

Таким образом, в методе ДСК векторам с ненулевыми  $\Lambda$  приписываются первые  $(p-t)$  номеров. Так как первые  $(p-t)$  векторов взаимно ортогональны и  $\Lambda_i = 0$  для  $i = p-t+1, \dots, n$ , первые  $p - t$  векторов не будут иметь составляющих в направлениях  $S_i^{(k+1)}$ ,  $i=n-m+1 \dots p$ . А поскольку эти последние направления взаимно ортогональны, то из этого следует, что все направления являются взаимно ортогональными.

Свен указывает, что на практике оказалось более удобным изменить критерий для перегруппировки направлений и вместо  $\Lambda_i^{(k)} = 0$  использовать  $|\Lambda_i^{(k)}| < \epsilon$ , где  $\epsilon$  – заданная точность  $x$  или  $f(x)$ . Эта модификация слегка повлияла на ортогональность векторов  $s_i^{(k)}$  но весьма незначительно. Оказалось, что в случае линейного поиска редукция длины шага с коэффициентом 0,1 уменьшает число вычислений целевой функции, и поэтому она вводилась в программу ДСК каждый раз так, чтобы расстояние между  $x_0^{(k)}$  и  $x_1^{(k)}$  оказывалось меньше, чем длина шага на  $k$ -м этапе.

Таким образом, метод Розенброка не обеспечивает автоматическое окончание поиска после того, как найден экстремум  $f(x)$ . Поиск либо проводится на определенном числе этапов, либо заканчивается, как только величина  $A_1$  становится меньше определенного значения на нескольких последовательных этапах. В случае модифицированного метода Розенброка (с использованием алгоритма ДСК) после каждого этапа расстояние  $\Lambda_j^{(k)}$  сравнивается с размером шага  $\delta^{(k)}$  использованного для получения  $\Lambda_j^{(k)}$  в линейном поиске. Если  $\Lambda_j^{(k)} < \delta^{(k)}$  то  $\delta$  делят на 10, и дальнейший поиск осуществляется в  $k$  прежних направлениях с новым  $\delta^{(k)}$ . Если  $\Lambda_j^{(k)} > \delta^{(k)}$ , то поиск продолжается на  $(k + 1)$ -м этапе, как было описано выше.

На рисунке 1 представлена информационная блок-схема алгоритма Розенброка[2]. На рисунке 2 представлена информационная блок-схема алгоритма ДСК.

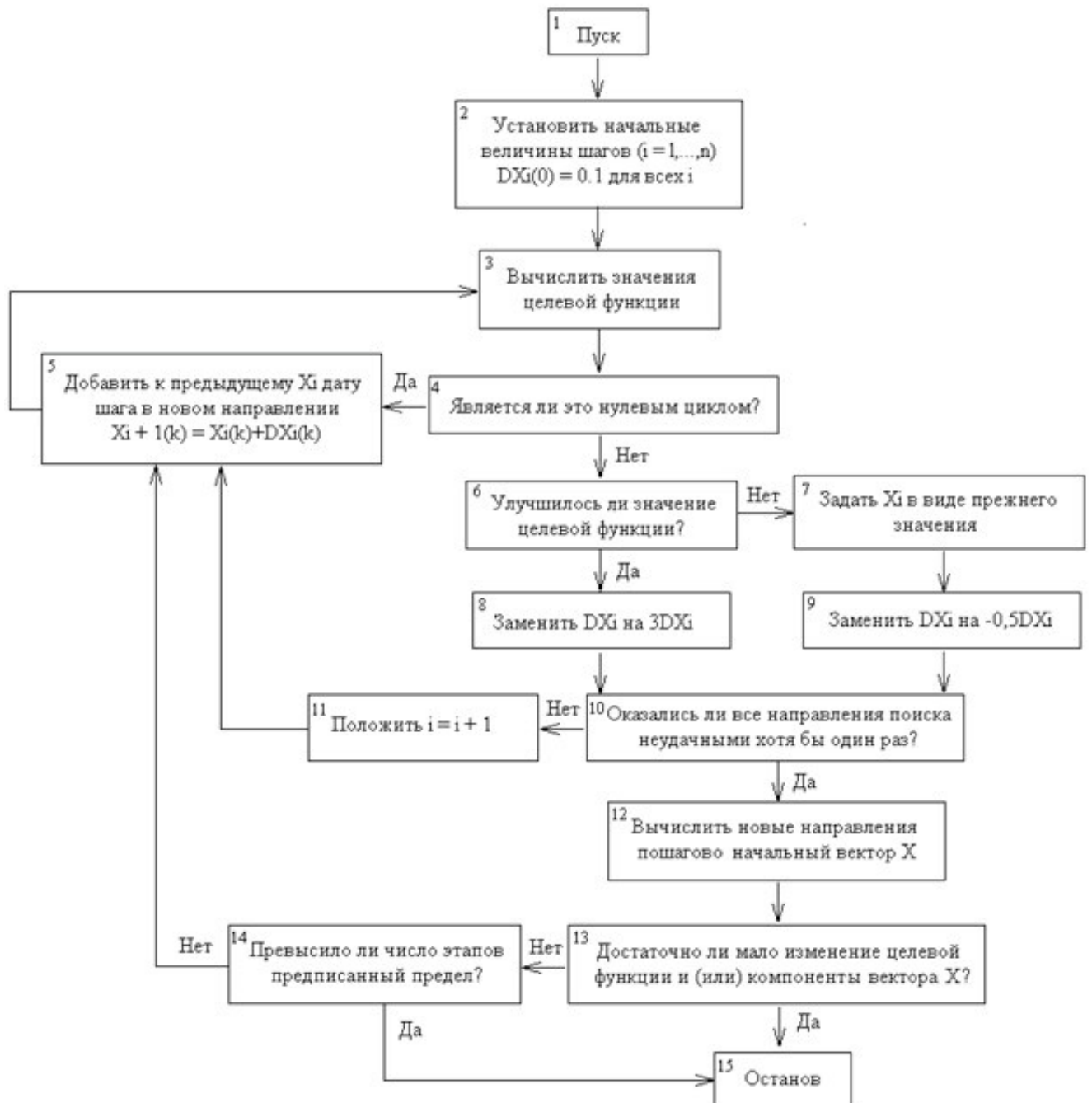
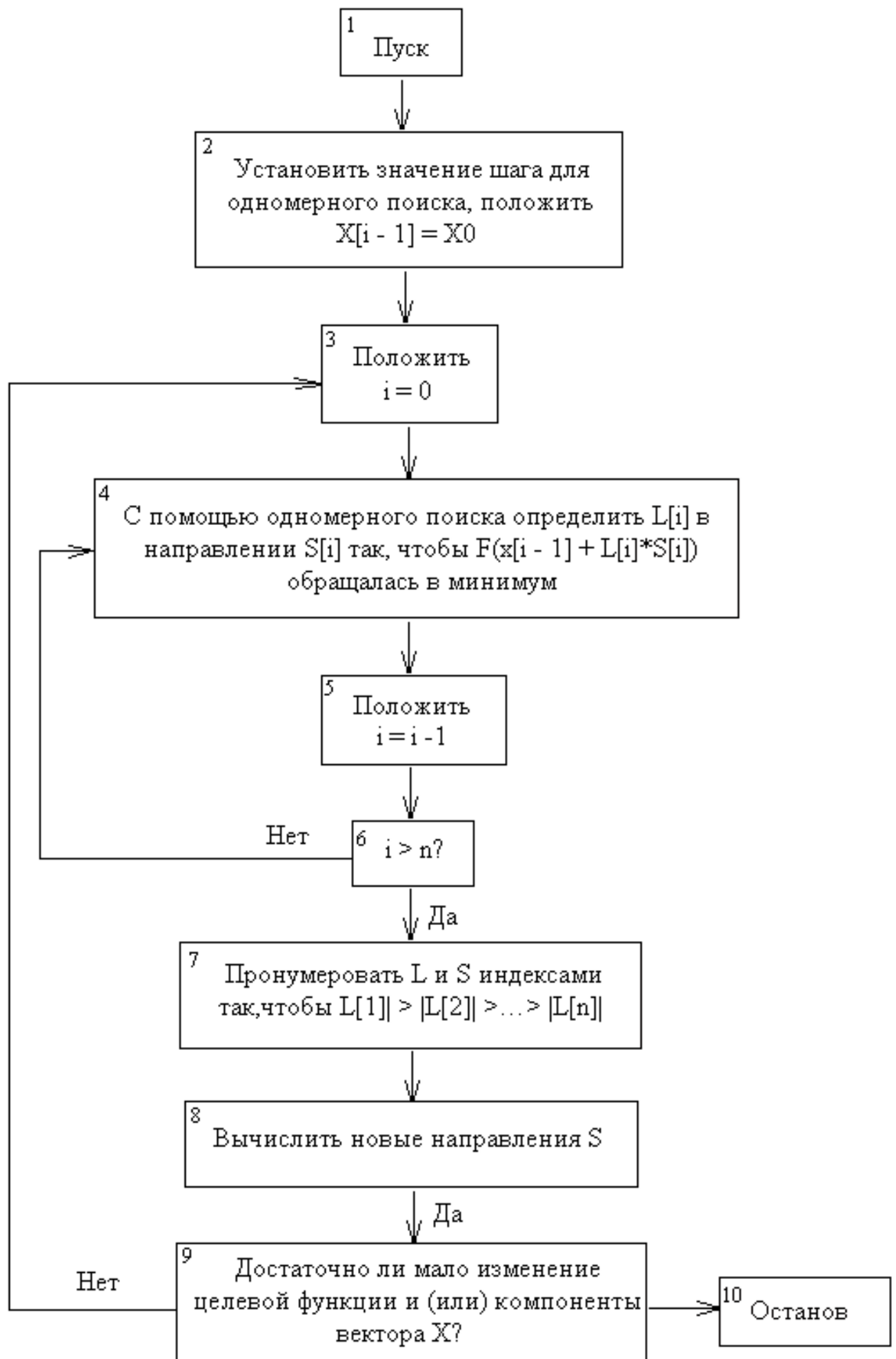


Рис. 1. Информационная блок-схема алгоритма метода Розенброка



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Уайльд Д. Методы поиска экстремума. М. : Наука, 1967. 268 с .
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М. : Мир, 1975. 534 с.



## МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ЧЕТЫРЕХВОЛНОВОГО СМЕШЕНИЯ В ВОСП АЛГОРИТМАМИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: четырехволновое смешение, WDM, SSFM, ANN, дисперсия, оптическое волокно.

В статье рассмотрено влияние четырехволнового смешения в системах WDM. Представлены методы компенсации FMW в системах WDM путем использования различных алгоритмов цифровой обработки сигнала, включая использование искусственной нейронной сети.

E.V. Glazyrin, D.V. Kusaikin

## METHODS FOR OBSERVING FOUR-WAVE MIXING IN FOTS BY DIGITAL SIGNAL PROCESSING ALGORITHMS

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: Four-wave mixing, WDM, SSFM, ANN, dispersion, optical fiber.

The article considers the influence of four-wave mixing in WDM systems. Methods for FMW compensation in WDM systems are presented by using various digital signal processing algorithms, including the use of an artificial neural network.

На текущий момент практически каждый человек пользуется средствами передачи информации. Только к началу 2022 года численность интернет-аудитории достигла почти 5 миллиардов пользователей. Кроме того, появляются новые различные виды сервисов, требующие значительные ресурсы сетей связи. Все это обуславливает большие темпы роста объемов трафика. С постоянно растущими обрабатываемыми объёмами данных возникает необходимость в увеличении пропускной способности сетей.

С момента своего появления системы передачи оптических сигналов по оптоволокну претерпели множество достижений, одним из которых является передача сразу множества цифровых потоков одновременно в одном одномодовом оптическом волокне (ООВ) на разных длинах волн. Системы уплотнения каналов (англ. расшифровка, DWDM) позволили в разы увеличить емкость транспортных оптических сетей. Однако всех своих преимуществ, система DWDM имеет определенные ограничения, которые сдерживают общую производительность системы. Такими ограничениями являются линейные и нелинейные эффекты.

Линейные эффекты, такие как затухание и дисперсия, могут быть сравнительно легко компенсированы по сравнению с нелинейными эффектами. Нелинейные эффекты ограничивают дальность и скорость передачи, вызывая ухудшение производительности системы передачи [1,2]. Нелинейные эффекты возникают либо из-за явления неупругого рассеяния или зависимости показателя преломления от интенсивности среды [3].

Среди нелинейных эффектов наибольший вес имеет четырехволновое смешение (ЧВС), так как наиболее пагубнее влияет на производительность оптической системы. На текущий момент основными методами устранения явления четырехволнового смешения являются методы, основанные на использовании специальных физических компонентов. Одним из таких методов является использование волоконной решетки Брэгга (FBG), которая выступает в

качестве фильтра для оптического канала [4]. Еще одним известным методом уменьшения влияния ЧВС является использование оптических волокон с ненулевой смещенной дисперсией. У волокон такого типа величина дисперсии достаточна для подавления четырехволнового смешения в системах WDM [5]. Однако использование методов компенсации ЧВС с использованием физических компонентов создает проблемы со стоимостью развертывания сети и ее гибкости. Актуальным здесь является компенсация ЧВС за счет методов цифровой обработки сигналов.

В работах [6-7] рассматривается метод цифрового обратного распространения (англ. расшифровка, DBP), который обеспечивает совместное устранение линейных и нелинейных искажений в оптическом канале. Метод DBP основывается на решении нелинейного уравнения Шрёдингера для каждого канала, что стоит отметить требует больших вычислительных затрат. Авторы [6-7] продемонстрировали более простой алгоритм, использующий метод разделения шагов Фурье и продемонстрировали его работу в трехканальной системе WDM. В модели входные сигналы RZ-QPSK объединяются с использованием генератора сигналов произвольной формы (ГСПФ). Схема моделирования показана на рисунке 1. В результате было показано, что использование размера шага, равного длине пролета волокна, является разумным компромиссным решением между производительностью и вычислительными требованиями для скорости передачи в 10 Гбит/с, где поляризационная модовая дисперсия незначительна. Используя данные эмпирические правила проектирования оптических систем, было обнаружено, что метод DPB позволяет передавать RZ-QPSK сигнал на расстояния, превышающие 6400 километров, тогда как приемник с линейной коррекцией может принять только сигнал, оптический путь которого не превышает 2000 километров.

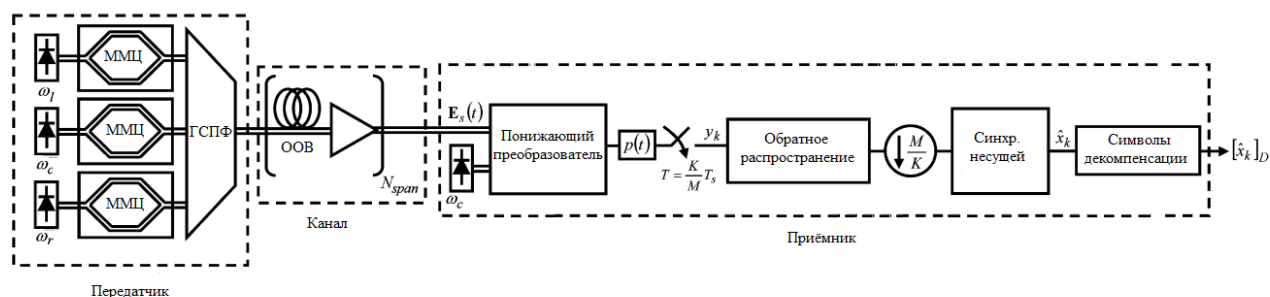


Рисунок 1 – Схема модели трехканальной системы WDM для исследования эффективности метода DBP

В работе [8] исследован метод компенсации внутриканальных и межканальных нелинейных эффектов в системах WDM, основанный на теории возмущения. Авторы провели численное сравнение эффективности рассматриваемого метода с линейным компенсатором (англ. расшифровка, PSE) [9] и методом обратного распространения сигнала с использованием одного (англ. расшифровка, DBP1) и двух шагов (англ. расшифровка, DBP2) на пролет. В результате, полученные результаты показали, что метод предискажения сигнала и посткомпенсации нелинейных эффектов обеспечивает лучшее качество передачи данных, чем метод с линейным компенсатором PSE, и работает на одном уровне с методом DBP1. Кроме того, при применении кода, исправляющего ошибки, предлагаемый метод позволил увеличить расстояние передачи на 200 километров при сохранении того же уровня ошибок по сравнению с линейным восстановлением фазы принятого сигнала.

В работе [10] авторы предлагают новую схему компенсации ЧВС с использованием искусственной нейронной сети (ИНС). Схема моделирования показана на рисунке 2. Использовался источник с фазовой синхронизацией для обеспечения детерминированного соотношения фаз между несколькими несущими. Для компенсации ЧВС была использована архитектура многослойного перцептрона ИНС, состоящая из трех слоев: слой входа, скрытый слой и слой выхода. Всего было использовано порядка 44 нейронов. Было отмечено, что ИНС

успешно компенсировала не только фазовую самомодуляцию и кросс-фазовую модуляцию, но и нелинейное искажение формы сигнала, вызванное ЧВС в условиях фазовой синхронизации. По итогу, производительность, с точки зрения модуля вектора ошибки была улучшена более, чем на 19 % с использованием предложенного метода компенсации.

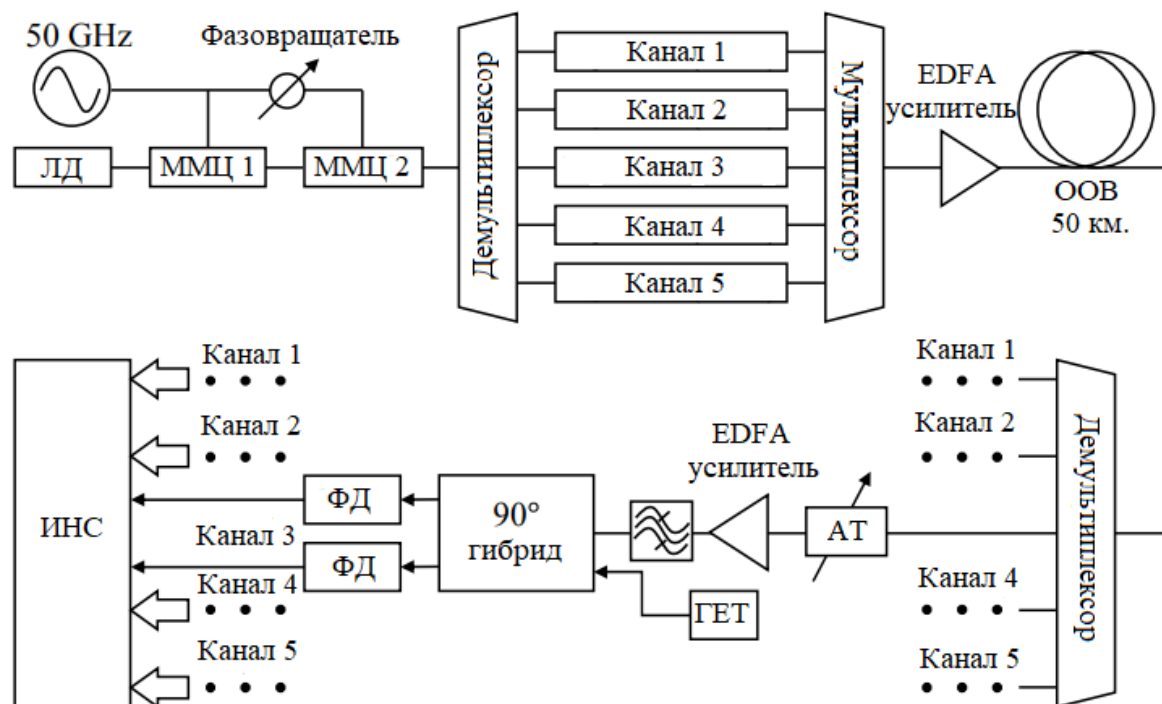


Рисунок 2 – Схема модели системы передачи WDM 16QAM для исследования эффективности компенсации ЧВС с использованием ИНС.

Таким образом, на текущий момент разработаны несколько методов компенсации FMW в оптических системах передачи за счет использования алгоритмов цифровой обработки сигнала. Однако часть этих методов требуют огромного количества расчетов, что может сказаться на быстродействии работы системы передачи в вычислительном плане. Оптимизация существующих методов, а также реализация новых возможно более простых методов для компенсации ЧВС в дальнейшем могут сыграть решающую роль для модернизации существующих оптических систем передачи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ahmed, J., Ashiq, H., Siyal, M. Y., Manzoor, H., & Massod, A. (2014). Parametric analysis of four-wave mixing in DWDM system. *Optik*, 125, 1853–1859.
2. Betti, S., Giaconi, M., & Nardini, M. (2003). Effect of four-wave mixing on WDM optical systems: A statistical analysis. *IEEE Photonics Technology Letters*, 15(8), 1079–1081.
3. Agrawal, G. P. (2000). *Nonlinear fiber optics* (Chap. 10) (2nd ed.). San Diego: Academic Press
4. Sharma, V., & Kaur, Ramandeep. (2013). Implementation of DWDM system in the presence of four wave mixing (FWM) under the impact of channel spacing. *Optik*, 124, 3112–3114.
5. Singh, A., Sharma, A. K., & Kamal, T. S. (2009). Investigation on modified FWM suppression methods in DWDM optical communication systems. *Optics Communications*, 282, 392–395.
6. E. Mateo, L. Zhu, and G. Li, "Impact of XPM and FWM on the digital implementation of impairment compensation for WDM transmission using backward propagation," *OSA Opt. Express*, vol. 16, no. 20, pp. 16124-16137, Sep. 2008.

7. L. Zhu, F. Yaman, and G. Li, "Experimental demonstration of XPM compensation for WDM fibre transmission," *IET Electron. Lett.*, vol. 46, no. 16, pp. 1140-1141, Aug. 2010.
8. A.A. Redyuk, O.S. Sidelnikov, E.A. Averyanov, M.A. Sorokina, M.P. Fedoruk, S.K. Turitsyn, "Perturbative machine learning technique for nonlinear impairments compensation in fiber optic communication systems," 2018.
9. Mecozzi A. *Impact of Nonlinearities on Fiber Optic Communications*. Ed. S. Kumar. New York, NY, Springer New York, 2011, pp. 253-291.
10. S. Owaki, M. Nakamura, "FMW compensation using artificial-neural-network-based digital signal processing and a phase-locked multicarrier source," School of Science and Technology, Meiji University, 214-8571, Japan.

## **РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ, ОТРАЖАЮЩИХ РАБОТУ ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» в г. Челябинске (ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ)), Россия

Ключевые слова: нейронная сеть, машинное обучение, радиотехнические системы, обнаружение аномалий процессов, информационные системы.

В статье рассмотрены существующие системы обнаружения аномальных изменений в процессах, наблюдаемых при работе промышленного оборудования. Показана возможность построения эффективной системы выявления выхода промышленного оборудования из нормального технологического режима работы на основе совместного использования нейронных сетей автокодировщиков и самоорганизующихся искусственных нейронных сетей.

A.L. Glebec, M.O. Golovlev, A.N. Ragozin

## **DIGITAL NEURAL NETWORK MODEL DEVELOPMENT FOR THE PREDICTIVE DETECTION OF THE ABNORMAL CHANGES IN THE PROCESSES REFLECTING THE FUNCTIONING OF EQUIPMENT USED IN INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “South Ural State University (national research university)” in Chelyabinsk (FSAEIE SUSU (NRU)), Russia

Key words: neural network, machine learning, radio engineering systems, process anomaly detection, information systems.

The article briefly describes the existing on the market systems for the detection of the abnormal changes in the functioning of industrial equipment. Also the article presents the possibility of the joint effective usage of auto-encoder artificial neural networks and self-organizing artificial neural networks in the issue of detecting the exit of industrial equipment out of the normal technological mode.

Для промышленных предприятий актуальной является задача реализации концепции предиктивной диагностики технологического оборудования, сведения о состоянии которого агрегируются системами, обслуживающими информационные потоки данных и входящими в состав автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Необходимость предиктивной диагностики вызвана тем, что нарушения, поломки, негативные изменения в режиме работы различных компонентов, модулей и блоков технологического оборудования могут оказать значительный ущерб для функционирования предприятий, приводить к простоям и дорогостоящим восстановительным работам.

При этом диагностика промышленного оборудования в большинстве случаев обеспечивается с помощью встроенного в информационную систему предприятия программного обеспечения, сигнализирующего об уже возникшей неисправности или необходимости проведения планового технического обслуживания. Такой подход не позволяет избежать затратных послеаварийных восстановительных работ. В связи с этим предиктивная диагностика технологического оборудования промышленных предприятий должна стать постоянной фоновой деятельностью, которая реализуется технологиями, основанными на раннем обнаружении аномалий в динамических процессах, распределенных в информационной системе промышленного предприятия.

Для предлагаемых в качестве решения указанной задачи технологий необходимо учитывать следующие параметры:

1. Количественные – высокая скорость реакции на аномальные (неожидаемые при нормальном режиме работы) изменения в сигналах, регистрируемых с множества сенсоров технологического оборудования промышленного предприятия;

2. Качественные – масштабируемость, то есть возможность применять разработанный продукт как для обработки небольшого количества одновременно наблюдаемых сигналов с сенсоров различных отдельных модулей и блоков, так и для обработки большого количества одновременно наблюдаемых сигналов с сенсоров крупных производственных узлов предприятия; также важна универсальность, то есть возможность в автоматическом режиме диагностировать системы с различными типами данных, будь то шина данных с двоичным кодом или сигнал с аналогового датчика;

3. Стоимостные – учет стоимости предлагаемого решения в коммерческом исполнении, в том числе возможность размещения технологии на любой программируемой платформе в зависимости от требуемого масштаба технической реализации, то есть по минимальной цене (например, при малом масштабе реализации, требующем обработку сигналов с небольшого модуля оборудования, достаточно использование микроконтроллера, при большом масштабе реализации, требующем обработку большого количества сигналов с сенсоров крупных узлов оборудования промышленного предприятия, может потребоваться высокопроизводительная рабочая станция).

В соответствии с обозначенными требованиями для решения задачи предиктивной диагностики предлагается использовать подход, основанный на совместном применении искусственных нейронных сетей автокодировщиков [1-2] и технологии цифровой согласованной фильтрации [3] для анализа процессов, наблюдаемых одновременно с многих сенсоров оборудования промышленного предприятия. Также предлагается подход, основанный на применении самоорганизующейся нейронной сети Кохонена [4-5] для автоматической кластеризации результатов с выхода множества обнаружителей аномалий, построенных на основе нейросети автокодировщика и цифрового согласованного фильтра.

Автоматическая кластеризация в рамках предлагаемой цифровой нейросетевой модели (рис. 1) на основе машинного обучения позволит, во-первых, проводить раннюю (предиктивную) углубленную диагностику, направленную на выявление формирующихся негативных изменений сигналов, одновременно регистрируемых с различных сенсоров при работе технологического оборудования, и, во-вторых, исключить последующее проведение высокотратных восстановительных и ремонтных работ.



Рис. 1. Структурная схема предлагаемой цифровой нейросетевой модели

Приведенная на рис. 1 модель и лежащий в ее основе метод обладает гибким функционалом, а именно быстрой адаптацией и возможностью переобучения под любые регистрируемые сигналы диагностируемых технических систем, масштабируемостью под решаемую диагностическую задачу и возможностью реализации на любых вычислительных платформах. Следовательно, указанные преимущества позволяют использовать предлагаемую цифровую нейросетевую модель для предиктивной диагностики технологического оборудования промышленных предприятий широкого спектра назначения и отраслевой принадлежности.

Как правило, в существующих аналогах используют сложные аппаратно-программные комплексы, на разработку и подключение которых требуются большие финансовые затраты. Помимо этого, оборудование является узкоспециализированным, то есть не имеет возможности

быстрой перестройки, например, для работы с другими формами данных. Предлагаемая цифровая нейросетевая модель лишена отмеченных недостатков.

Среди аналогов можно выделить разработку KNIME Time Series AR Deployment. В разработке компании KNIME используется для обнаружения аномалий прогнозирующие AR-модели (модели авторегрессии), что делает цифровую модель для обнаружения аномалий настроенной на более узкий класс сигналов, чем предлагаемая цифровая нейросетевая модель, работающая с широким классом сигналов.

Также можно выделить разработку IBM InfoSphere Streams TimeSeries Toolkit. В разработке компании IBM реализован мониторинг систем с целью обнаружения отклонений. В отмеченной разработке считается, что аномалией является выброс в данных о поведении исследуемой системы. Вычисляется разница между нормальным и фактическим поведением данных, и неожиданные отклонения данных помечаются как аномалии. На этом шаге используется вероятностный оператор, который определяет, являются ли входные данные аномалией. Применение критериев математической статистики в InfoSphere Streams TimeSeries Toolkit не позволяет обнаруживать скрытые (структурные) аномальные изменения в наблюдаемых сигналах, но раннее обнаружение аномалий требует именно обнаружение зарождающихся структурных изменений в сигналах, не относящихся к статистическому понятию выброса. Предлагаемая цифровая нейросетевая модель настроена на обнаружение как статистических выбросов в сигналах, так и на обнаружение скрытых структурных изменений в наблюдаемых сигналах.

Разработка компании АО «Лаборатория Касперского» система MLAD (обнаружение аномалий методами машинного обучения) предполагает сбор и анализ сигналов сенсоров, актуаторов, уставок для обнаружения отклонения наблюдаемых технологических процессов от их нормального поведения. Система MLAD обеспечивает широкий функционал и ориентирована на раннее обнаружение аномалии в наблюдаемых процессах: значимое расхождение в наблюдаемых процессах, как правило, обнаруживается гораздо раньше, чем происходит срабатывание противоаварийной защиты. Технология MLAD использует рекуррентную нейронную сеть LSTM (Long-Short Term Memory). При этом после обучения нейронная сеть LSTM в режиме реального времени предсказывает для всех регистрируемых сигналов значения для некоторого интервала времени в будущем и сравнивает их с наблюдаемыми текущими значениями. Если величина ошибки предсказания больше, чем статистически определенный на этапе обучения порог, MLAD детектирует аномалию и отправляет предупреждающее событие.

В основе предлагаемой цифровой нейросетевой модели раннего обнаружения аномалий лежит принцип двухэтапной обработки сигналов. На первом этапе используется система обнаружителей с применением искусственных нейронных сетей автокодировщиков и цифровых согласованных фильтров, что повышает устойчивость обнаружения аномалий (то есть снижает количество ложных срабатываний), на втором этапе сигналы с выходов системы обнаружителей аномалий с применением искусственных нейронных сетей автокодировщиков и цифровых согласованных фильтров поступают на автоматический кластеризатор на нейронной сети Кохонена, что позволяет с более высоким качеством распознавать ранние аномальные изменения в режиме работы технологического оборудования, используемого на промышленных предприятиях.

В соответствии с выдвигаемой концепцией цифровой нейросетевой модели проведена работа по исследованию тестовой выборки множества сигналов, регистрируемых с датчиков оборудования модели водоочистного полигона промышленного предприятия. Данная практическая задача была запущена Сингапурским университетом технологий и дизайна при финансовой поддержке министерства обороны Сингапура. При этом моделируемый водоочистной полигон содержит промышленное оборудование, в котором присутствует несколько программируемых логических контроллеров, SCADA система, а также сетевое оборудование промышленного образца [6].

Набор данных, используемый для анализа, состоит из 14997 записей, каждая из которой описывает состояние 77 датчиков или механизмов водоочистного полигона в конкретный момент времени. Среди 77 признаков были выделены следующие группы:

1. Аналоговые сигналы (27 признаков);



2. Сигналы вида «вкл./выкл.» (11 признаков);

3. Сигналы, отражающие дискретное состояние оборудования, представленное в виде целочисленных значений состояний (39 признаков).

При этом в формируемой модели наборе данных были сформированы и промаркированы 6 аномалий, вызванных нарушениями в работе оборудования водоочистного полигона. Соответственно, далее для обнаружения этих аномалий использовалась предлагаемая цифровая нейросетевая модель.

Первый этап обработки набора данных заключается в применении ИНС автоэнкодера и цифрового согласованного фильтра для обнаружения аномальных изменений в работе оборудования водоочистного полигона по наблюдаемым сигналам датчиков. Автоэнкодер обучается на сигналах датчиков при нормальной работе оборудования водоочистного полигона (без аномальных отклонений) и затем в реальном времени отслеживает появление аномальных изменений в структуре наблюдаемых сигналов, вызванных отклонением оборудования водоочистного полигона от режима нормальной работы. Аномальные изменения проявляются в виде уменьшения максимального значения на выходе согласованного фильтра в результате снижения качества восстановления сигнала автоэнкодером. Результат при нормальном режиме работы оборудования представлен на рис. 2, где наблюдается превышение порога.

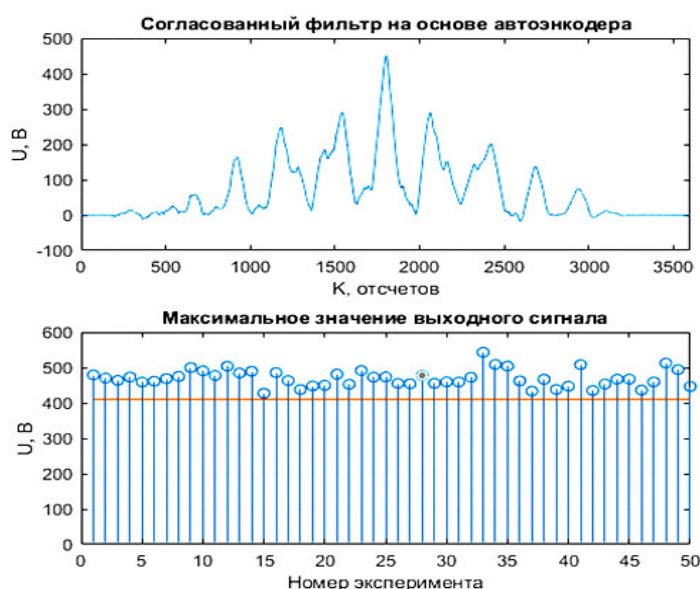


Рис. 2. Выявление аномалий с помощью автоэнкодера и согласованной фильтрации

Затем осуществляется переход ко второму этапу обработки, где применяются данные с выхода нейронной сети автоэнкодера. При этом часть поступающих данных отображает нормальное функционирование оборудования водоочистного полигона, а другая часть соответствует его аномальному режиму работы.

Поступающие данные накапливаются и передаются на самоорганизующуюся ИНС Кохонена (карту Кохонена) в качестве обучающей базы для осуществления их кластеризации, то есть выявления групп (кластеров) векторов входа, обладающих некоторыми общими свойствами. При этом разбиение объектов по кластерам осуществляется при одновременном формировании самих кластеров. Использование такого подхода обработки данных на втором этапе позволяет комплексно проанализировать данные с выхода нейронной сети автоэнкодера за относительно большой промежуток времени. Так, например, рис. 3 демонстрирует унифицированную матрицу расстояний и кластерную структуру карты Кохонена, по которым отчетливо видно формирование двух кластеров, меньший из которых размещен в левом верхнем углу карты и отделен линией разграничения от остальной части карты, являющейся вторым кластером. Подобная структура кластеров говорит о наличии двух отличающихся по своим свойствам групп данных (сигналов) в обучающей выборке, что подтверждает нахождение оборудования водоочистного полигона в аномальном режиме работы. При этом площадь малого кластера



позволяет судить о доли времени, в рамках которого оборудование полигона находилось в аномальном режиме работы.

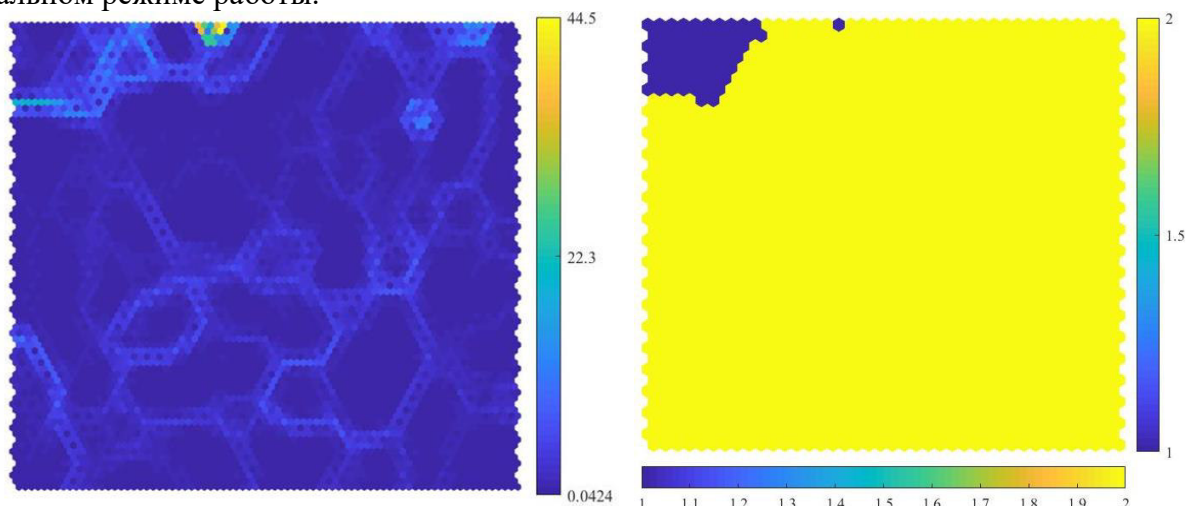


Рис. 3. Унифицированная матрица расстояний (слева) и кластерная структура (справа) карты Кохонена

Также важным преимуществом карты Кохонена является возможность просмотра состояния каждого датчика применительно к сформированной кластерной структуре путем построения компонентных плоскостей (рис. 4). В соответствии с ним видно, что оборудование, контролируемое датчиками LSH\_601 и FIT\_401, выходило из нормального технологического режима. В то же время оборудование, контролируемое датчиками LSH\_602 и АПТ\_301, за рассматриваемый период времени не характеризовалось аномальным функционированием.

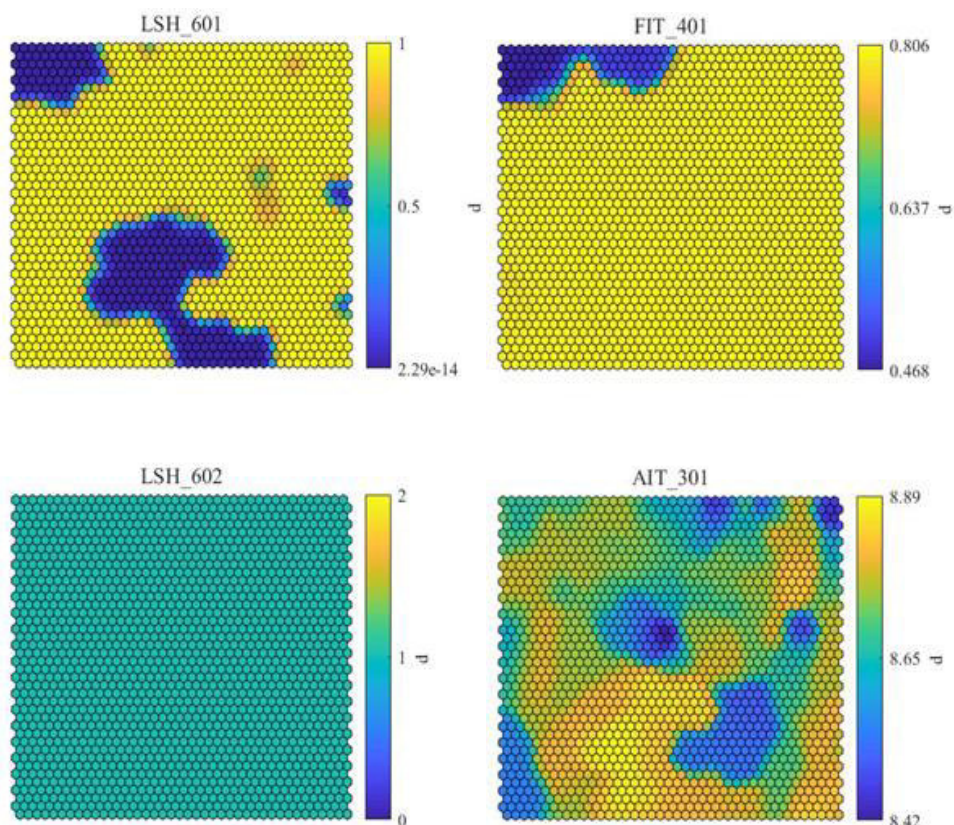


Рис. 4. Детальный анализ сигналов датчиков оборудования водоочистного полигона

Таким образом, выяснено, что предлагаемые решения концепции предиктивной диагностики позволяют эффективно обнаруживать во временных рядах данных возникновение аномальных изменений, вызванных отклонениями диагностируемого оборудования от нормального режима работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Головки В.А. Нейросетевые технологии обработки данных: учеб. пособие / В.А. Головки, В.В. Краснопрошин. — Минск: БГУ, 2017 — 252 с.
2. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин; пер. Н.Н. Куссоль, А.Ю. Шелестова. — М.: Вильямс, 2006. — 1104 с.
3. Основы цифровой обработки сигналов: курс лекций / А.И. Солонина, Д.А. Улахович, С.М. Арбузов, Е.Б. Соловьева. — 2-е изд., испр. и перераб. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 768 с.
4. Кохонен, Т. Самоорганизующиеся карты / Т. Кохонен; пер. В.Н. Агеева. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 655 с.
5. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; пер. И.Д. Рудинского. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 344 с.
6. A Dataset to Support Research in the Design of Secure Water Treatment Systems / J. Goh, S. Adepu, K.N. Junejo, A. Mathur // CRITIS: 11<sup>th</sup> International Conference on Critical Information Infrastructures Security. — Cham: Springer International Publishing AG, 2017. — P. 88–99.

## **ПОСЛЕДНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ МОНИТОРИНГА ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА В СИСТЕМАХ СВЯЗИ**

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
(СибГУТИ), г. Новосибирск, Россия

Ключевые слова: мониторинг, оптическое волокно, рефлектометрия, сеть доступа, анализ Бриллюэна, интерферометров.

В статье проанализированы последние достижения в области мониторинга оптического волокна в оптических системах связи, а также текущие проблемы мониторинга и диагностики оптического волокна в развернутых системах доступа, магистральных и подводных системах связи.

N.I. Gorlov

## **RECENT RESEARCH AND DEVELOPMENT IN THE FIELD OF OPTICAL FIBER MONITORING IN COMMUNICATION SYSTEMS**

Siberian State University of Telecommunications and Informatics  
(SibGUTI), Novosibirsk, Russia

Keywords: monitoring, optical fiber, reflectometry, access network, Brillouin analysis, interferometers.

The article analyzes the latest achievements in the field of optical fiber monitoring in optical communication systems, as well as current problems of monitoring and diagnostics of optical fiber in deployed access systems, trunk and underwater communication systems.

### **1. Введение**

Для удовлетворения спроса на широкополосную связь магистральные и подводные оптоволоконные сети начали развертываться в 1980-х годах. Технология «волокно в дом» (Fiber to the Home – FTTH) была впервые представлена в 2001 году. Количество абонентов широкополосного доступа растет, в этой связи прокладывается большое количество оптоволоконных кабелей. Технологии проектирования, строительства и технического обслуживания имеют фундаментальное значение, если мы хотим обеспечить надежность оптических систем связи. Для эффективного обслуживания и эксплуатации оптоволоконных сетей внимание акцентируется на мониторинге оптического волокна. Основные функции мониторинга оптического волокна в системах связи заключаются в локализации и исследовании неисправностей с соответствующими метрологическими характеристиками. Оптическая рефлектометрия является перспективной технологией для использования в мониторинге оптического волокна в системах связи. Она позволяет проводить тестирование из центральных офисов без установки какого-либо дополнительного оборудования у абонента.

Данная статья посвящена оптической рефлектометрии и обзору методов мониторинга оптического волокна и приложений, которые развернуты в современных оптоволоконных сетях. В статье также представлен обзор последних разработок в области мониторинга оптического волокна. Проблемы диагностики в системах связи будут становиться все более многогранными по мере развития систем и потребуют различных функций, связанных с оптическим доступом, магистральными и подводными конфигурациями и приложениями.

## 2. Мониторинг оптического волокна в действующих оптоволоконных кабельных сетях

В этом разделе рассматриваются вопросы мониторинга оптического волокна на основе оптической рефлектометрии во временной области (Optical Time Domain Reflectometer - OTDR) и соответствующие конфигурации, развернутые в современных системах оптического доступа, магистральных и подводных кабельных сетях.

### 2.1 Сеть доступа

Для поддержки строительства, реконфигурации и обслуживания большого количества волоконно-оптических линий в сетях доступа была развернута система тестирования волоконно-оптических линий [1]. Она выполняет различные виды оптического тестирования дистанционно. На рисунке 1 показана конфигурация системы волоконно-оптических линий, используемых в оптических сетях доступа.

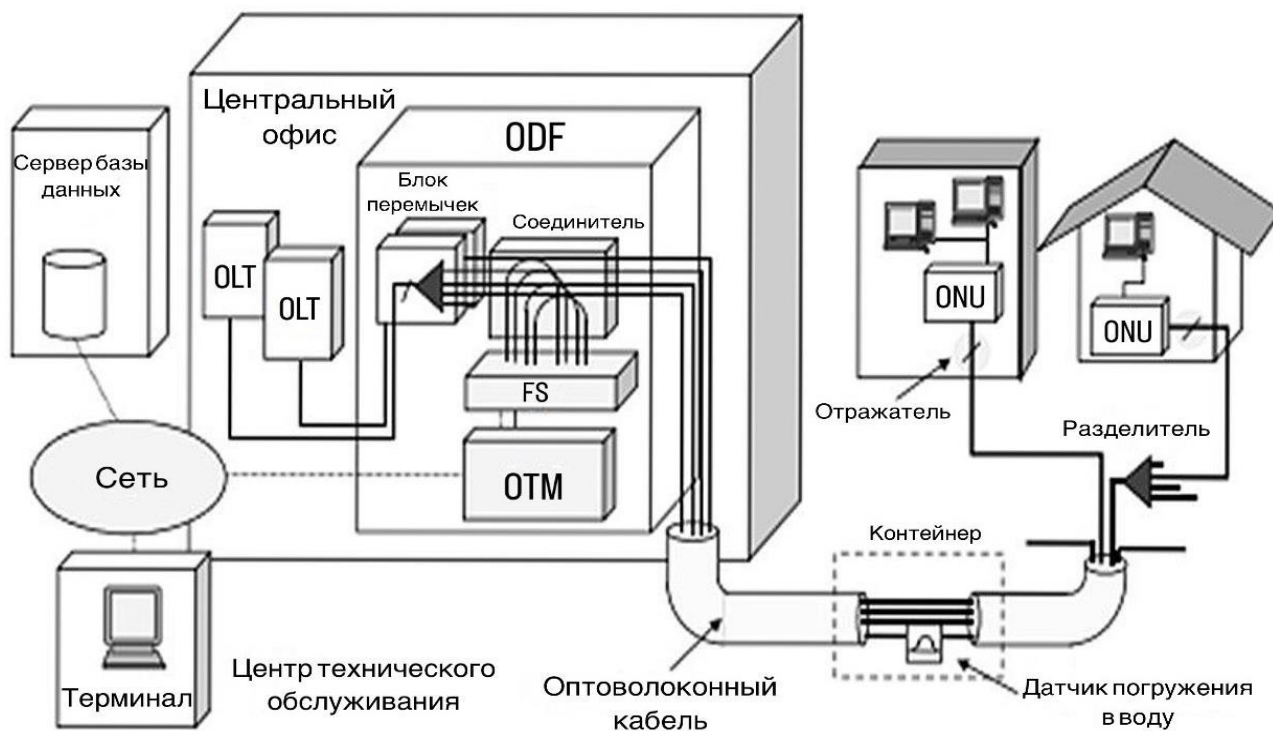


Рис.1. Схематическая конфигурация системы волоконно-оптических линий для сетей доступа

Оператор в центре технического обслуживания посылает через сеть передачи данных команды модулю оптического тестирования, установленному на оптической распределительной панели. Панель содержит различные типы оборудования для измерения оптического волокна, такие как рефлектометр, источник света для идентификация оптического волокна и измеритель мощности. Оптический переключатель, называемый селектором волокна, выбирает целевое волокно, а оптический селектор вводит тестовый свет в целевое волокно. Во время строительных работ рефлектометр используется для измерения потерь и отражательной способности в местах сращивания с типичным разрешением около двадцати метров. При реагировании на поломки или жалобы он используется для выявления неисправностей между передающим оборудованием и оптическим сетевым терминалом, а также для определения места повреждения.

В качестве отражателя используется волоконная решетка Брэгга, которая имеет резкую характеристику среза и высокую отражательную способность. Таким образом, становится возможным проводить тестирование в процессе эксплуатации без ущерба для качества передачи. Длина волны тестового света составляет 1650 нм, что чувствительно к потерям на изгиб волокна, в соответствии с ITU-T L.41 [2].

## 2.2 Магистральная сеть

Оптические магистральные сети являются важными линиями связи между центральными офисами и имеют типичную длину пролета до 80 км. Типичная конфигурация оптической магистральной линии показана на рис. 2.

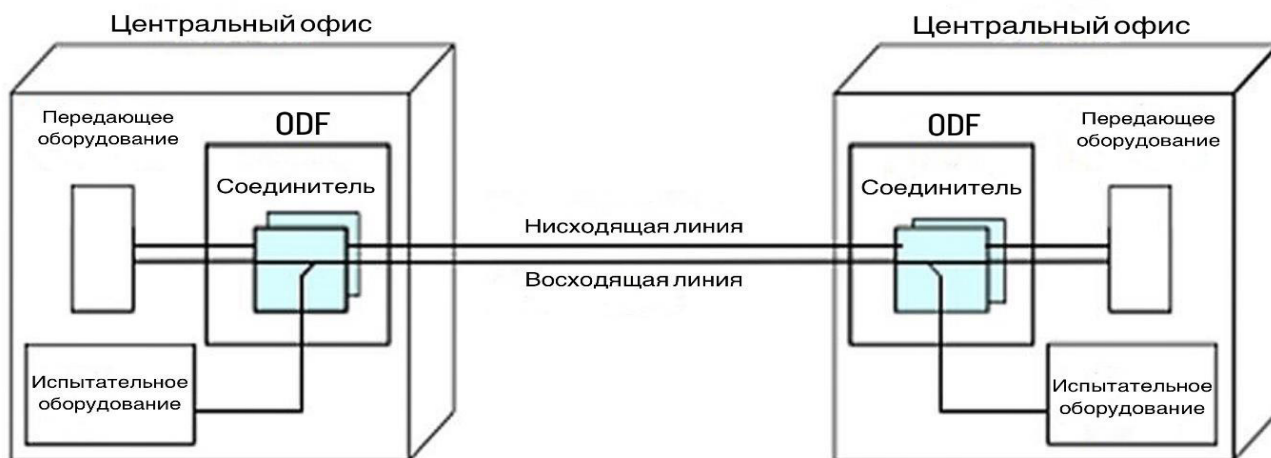


Рис.2. Типичная конфигурация мониторинга оптической магистрали

Она отличается от оптической сети доступа тем, что в кабелях меньше волокон, и в ней используется пара волокон в качестве восходящей и нисходящей линий передачи. В целом, оптические магистральные линии имеют относительно низкие потери и протяженность на большие расстояния по сравнению с оптическими сетями доступа. Рефлектометр также используется для тестирования после строительства, тестирования на наличие неисправностей и периодического тестирования с типичным разрешением в несколько сотен метров. Когда потери в линиях связи оптической магистрали превышают динамический диапазон рефлектометра, двунаправленные измерения проводятся с обоих концов оптической магистрали.

Поскольку на магистральных линиях часто используется технология спектрального мультиплексирования (Dense Wavelength Division Multiplexing –DWDM), суммарная мощность может достигать предела, при котором возможно возникновение нелинейных явлений в оптическом волокне. При тестировании в процессе эксплуатации магистральных линий возможно спонтанное комбинационное рассеяние [3]. В этой связи в круг задач мониторинга добавляются контроль спектрального затухания и дисперсионных характеристик, таких как хроматическая дисперсия и поляризационная модовая дисперсия (polarization mode dispersion-PMD), присущие существующим оптоволоконным кабелям.

## 2.3 Подводная сеть

Оптические подводные кабельные системы делятся на две категории. Одна категория состоит из ретрансляционных систем для дальних приложений, которые передают сигналы на тысячи километров с помощью волоконных усилителей, легированных эрбием (erbium-doped fiber amplifiers - EDFA) и питания, подаваемого по подводным кабелям. Другая категория состоит из систем без ретрансляторов для применения на коротких расстояниях до нескольких сотен километров.



Для мониторинга длинного подводного оптического кабеля используется когерентный рефлектометр (Coherent Optical Time Domain Reflectometer - C-OTDR), который позволяет улучшить чувствительность приемника до квантового предела за счет гетеродинного детектирования, что является преимуществом для прямого обнаружения. Безрепитерная система имеет в основном тот же аспект мониторинга, что и в оптических магистральных сетях. В системах с ретрансляцией EDFA содержит оптические изоляторы и схемы автоматического контроля уровня (automatic level control-ALC), чтобы стабилизировать характеристику усиления сигналов связи, проходящих через ретрансляторы. На рисунке 3 показана типичная конфигурация мониторинга для ретрансляционных подводных систем [4].

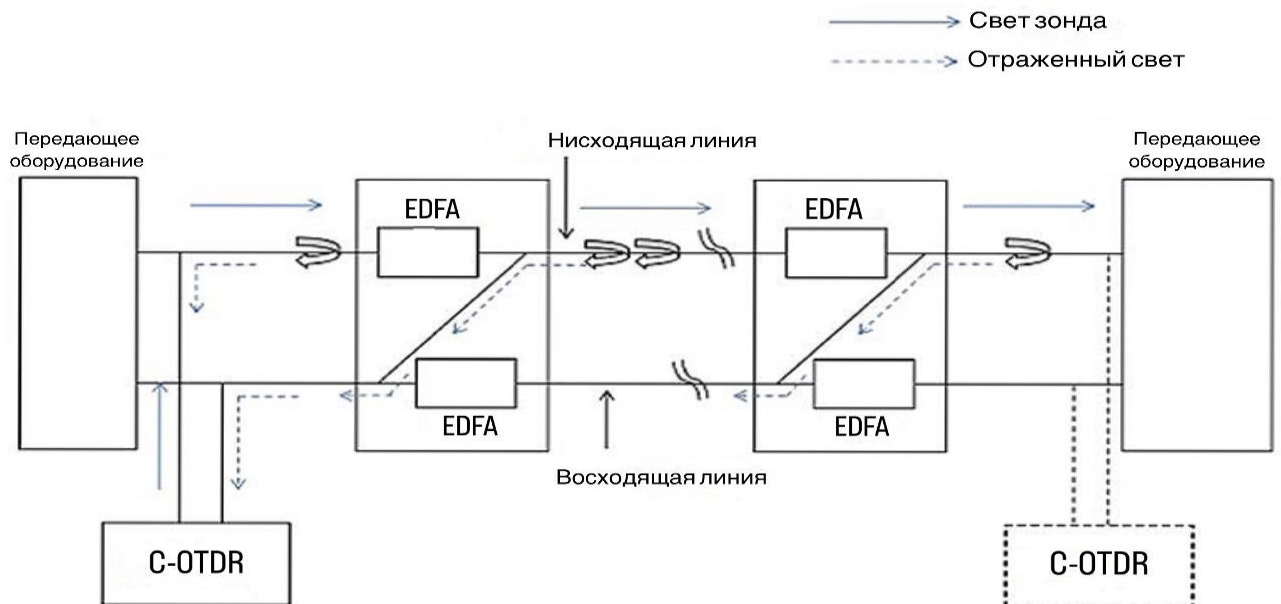


Рис.3. Типичная конфигурация мониторинга для ретрансляционной подводной линии электропередачи

Обратно рассеянный свет, генерируемый во втором и последующих участках нисходящей линии, распространяется обратно вдоль восходящей линии по путям обратного рассеяния, включенным в каждый повторитель, и затем регистрируется в C-OTDR. Усиление ретранслятора, потери в волокне и место повреждения волокна являются параметрами мониторинга [5].

### 3. Последние исследования в области мониторинга оптического волокна в системах связи

#### 3.1 Бриллюэновский анализ с использованием торцевого отражения для мониторинга ветвей PON

Существует одна из трудностей обслуживания пассивной оптической сети (passive optical network-PON), широко применяемой в сетях доступа, в которой разветвитель оптической мощности устанавливается снаружи. Простой рефлектометрический подход в центральном офисе обеспечивает только суперпозицию рефлектометрических трасс всех ветвей. Рефлектометр высокого разрешения является одним из немногих практических способов в текущей ситуации, с помощью которого операторы могут подтвердить количество отражений на трассе, но его использование ограничено проверкой наличия обрывов волокна. В противном случае операторам приходится проводить тестирование изнутри дома пользователя. Для преодоления этой проблемы в работе [6] предложена методика, позволяющую отслеживать индивидуальное распределение потерь в ветвях PON от центрального офиса для конфигурации, показанной на рис. 2, без каких-либо изменений в установленных средствах. Она базируется на

анализе временной области Бриллюэна с помощью торцевого отражения.

### **3.2 Применение поляризационно - чувствительной оптической рефлектометрии для мониторинга магистральных линий**

Поляризационно-чувствительная оптическая рефлектометрия во временной области является полезным инструментом для измерения состояний поляризации из обратно рассеянные световые волны, из которых мы можем узнать длину волны биений. Однако пространственное разрешение ограничено примерно 1 м, и этого часто недостаточно для определения короткой длины биений, вызванных высоким двулучепреломлением [7].

### **3.3 Когерентная рефлектометрия с мультиплексированием с частотным разделением для мониторинга подводных кабелей**

Зондовый импульс с несколькими частотами запускается в контролируемую линию. Каждый частотный компонент последовательно расположен во временной области, что позволяет избежать как увеличения пиковой мощности, так и нелинейного взаимодействия в результате четырехволнового смешения. Они регистрируются одним фотодетектором. Следовательно, динамический диапазон за итерацию может быть значительно улучшен [8,9].

## **4. Заключение**

Были рассмотрены последние исследования и разработки, связанные с мониторингом оптического волокна. Оптическая рефлектометрия является перспективной технологией, которая позволяет операторам обслуживать большое количество объектов. Несомненно, простые подходы рефлектометрии играют роль основной технологии для текущего мониторинга оптического волокна в системах связи. Однако, проблемы диагностики в системах связи будут становиться все более многогранными по мере развития систем и потребуют различных функций, связанных с оптическим доступом, магистральными и подводными конфигурациями и приложениями.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Y. Enomoto, H. Izumita, K. Mine, and N. Tomita, "Design and performance of novel optical fiber distribution and management system with testing functions in central office," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 29, no. 12, pp. 1818–1834, 2011.
2. ITU-T Recommendation L.41, "Maintenance wavelength on fibres carrying signals," 2000.
3. K. C. Reichmann, N. J. Frigo, and X. Zhou, "In-service OTDR limitations in CWDM systems caused by spontaneous Stokes and anti-Stokes Raman scattering," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 16, no. 7, pp. 1787–1789 2004.
4. S. Furukawa, K. Tanaka, Y. Koyamada, and M. Sumida, "Enhanced coherent OTDR for long span optical transmission lines containing optical fiber amplifiers," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 7, no. 5, pp. 540–542, 1995.
5. ITU-T Recommendation G.979, "Characteristics of monitoring systems for optical submarine cable systems," 2012.
6. D. Iida, N. Honda, H. Izumita, and F. Ito, "Design of identification fibers with individually assigned Brillouin frequency shifts for monitoring passive optical networks," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 25, no. 5, pp. 1290–1297, 2007.
7. K. Tanaka, M. Tateda, and Y. Inoue, "Measuring the individual attenuation distribution of passive branched optical networks," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 8, no. 7, pp. 915–917, 1996.
8. K. Tanaka, M. Tateda, and Y. Inoue, "Measuring the individual attenuation distribution of passive branched optical networks," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 8, no. 7, pp. 915–917, 1996.
9. A. J. Rogers, "Polarization-optical time domain reflectometry: a technique for the measurement of field distributions," *Applied Optics*, vol. 20, no. 6, pp. 1060–1074, 1981.

## МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ОДНОВОЛНОВОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
(СибГУТИ), г. Новосибирск, Россия

Ключевые слова: пассивная оптическая сеть, локализация неисправностей, система мониторинга сети, рефлектометр.

В статье рассмотрены методы мониторинга пассивных оптических сетей на основе одноволновой импульсной рефлектометрии. Представлена методика мониторинга в восходящем потоке. При этом проанализирована техника активного и полупассивного шунтирования, а также способы на основе опорного рефлектометра и переключаемого отражающего элемента.

N.I. Gorlov

## METHODS OF MONITORING THE PHYSICAL ENVIRONMENT OF PASSIVE OPTICAL NETWORKS BASED ON SINGLE-WAVE REFLECTOMETRY

Siberian State University of Telecommunications and Informatics  
(SibGUTI), Novosibirsk, Russia

Keywords: passive optical network, fault localization, network monitoring system, reflectometer.

The article discusses methods for monitoring passive optical networks based on single-wave pulse reflectometry. The method of monitoring in the upstream is presented. At the same time, the technique of active and semi-passive shunting is analyzed, as well as methods based on a reference reflectometer and a switchable reflecting element.

### 1. Введение

Доминирование мультимедийных приложений с высокой пропускной способностью, а также динамичный переход от услуг, предоставляемых поставщиками услуг, к услугам, ориентированным на конечного пользователя, обуславливают необходимость широкополосных решений следующего поколения. В сочетании с передовыми оптическими и высокоскоростными технологиями пассивная оптическая сеть удовлетворяет этим критериям за счет объединения сегментов городской сети и сети доступа в интегрированную платформу с минимальным количеством активного оборудования. Устойчивость и надежность сети являются важными характеристиками пассивной сети. Обнаружение отказа волокна с помощью оптического мониторинга и последующее переключение защиты требует использования высокочувствительных модулей мониторинга, которые могут надежно работать даже при очень низких уровнях входной оптической мощности. Знание чувствительности модуля мониторинга также имеет решающее значение для обеспечения надежной работы модуля при соблюдении общего бюджета мощности сети. Для решения проблем обнаружения отказа волокна необходимы схемы автоматического переключения защиты, основанные на недорогом, высокочувствительном и быстро реагирующем модуле мониторинга.

### 2. Методика мониторинга в восходящем потоке

Многие рефлектометры, разработанные для проведения измерений на стороне оптического сетевого терминала (optical network terminal -ONU), уже давно доступны на рынке, например, рефлектометр FTB-7300E компании EXFO [1] и T-BERD/MTS-4000 от компании JDSU [2]. Эта



технология имеет недостаток в том, что она не является централизованной, когда может потребоваться направить технического специалиста на сторону ONU, в чтобы подать рефлектометрический импульс до центрального офиса (central office-CO) и измерить обратный свет. Это решение затягивает время обслуживания и ремонта сети и увеличивает операционные расходы. Многие исследователи работали над обоснованием методов централизованного мониторинга, чтобы снизить затраты, связанные с переездами и отправкой технических специалистов на места.

### 3. Техника активного шунтирования

Для того, чтобы можно было анализировать отдельные трассы обратного рассеяния ветвей пассивной оптической сети (passive optical network-PON), можно использовать активный обход с помощью оптических селекторов [3]. В этом методе тестируемая оптическая ветвь выбирается контрольным сигналом, передаваемым от CO с помощью медных проводов в том же волоконно - оптическом кабеле. При нормальной работе контрольный сигнал передается вниз по потоку вместе с данными, а затем обходит оптический коммутатор с помощью WDM-устройства, как показано на рис. 1.

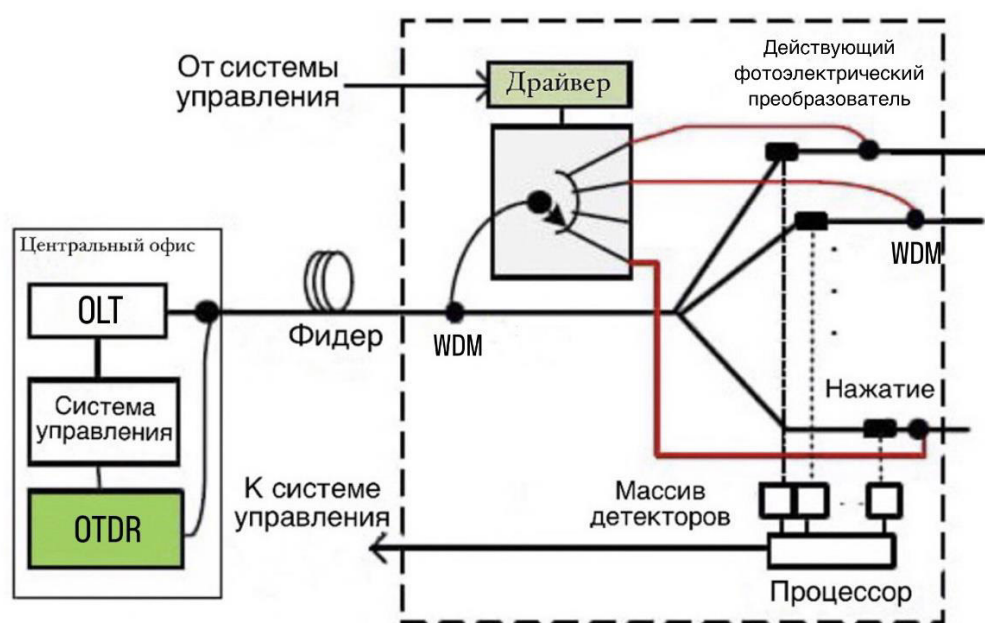


Рис.1. Система мониторинга на основе активного шунтирования

Обратное рассеяние от каждой ветви контролируется детектором и передается в систему управления. Система управления сравнивает измеренные трассы с эталоном. Если эталонная и измеренная трасса конкретной ветви не совпадают, это означает, что ветвь неисправна.

Другой подход предложен в [4]. В этом подходе авторы отводят часть сигнала мониторинга для активации системы мониторинга. Эта система состоит из оптического коммутатора, микроконтроллера, модуля Ethernet и схемы восстановления. При возникновении неисправности система мониторинга направляет сигнал данных на линию защиты и отправляет информацию на CO с помощью Ethernet-соединения. Авторы в [4] и [5] сообщили о демонстрации этой технологии с 1x8 PON.

Хотя методы, основанные на методе активного шунтирования, могут обнаружить и локализовать точное местоположение неисправностей с помощью активных компонентов, они имеют недостаток, требующий питания в полевых условиях, что не соответствует принципу пассивных оптических сетей. Эти активные компоненты более подвержены неисправностям, что увеличивает затраты на эксплуатацию и обслуживание.

### 4. Техника полупассивного шунтирования

Полупассивная техника обхода устраняет необходимость в электропитании в полевых условиях. В этой технологии питание оптического переключателя осуществляется с помощью мощного оптического сигнала, передаваемого удаленно от СО параллельно с данными и сигналом мониторинга по тому же волокну (см. рис. 2) [6].

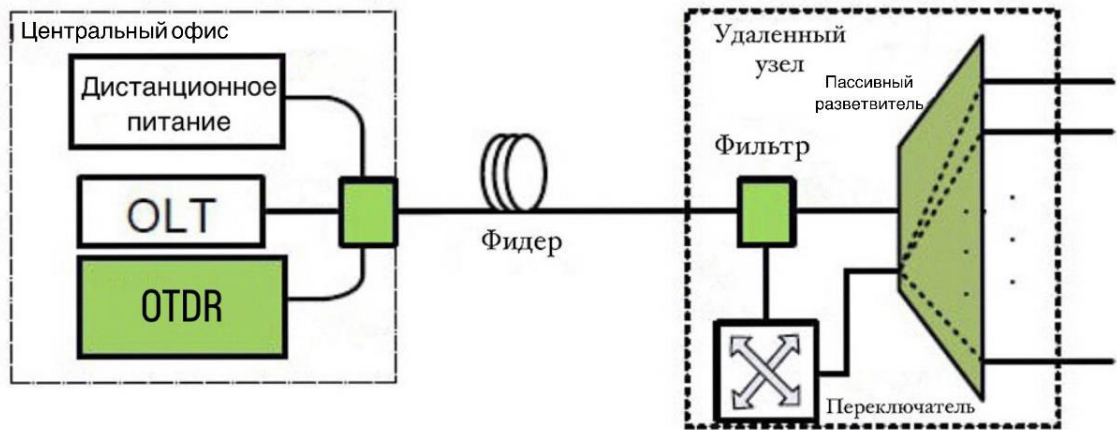


Рис.2. Система мониторинга на основе полупассивного шунтирования

Оптический переключатель выбирает по одной ветви с выхода пассивного разветвителя. Рефлектометр в СО измеряет обратный свет ветви, выбранной оптическим переключателем. Эти измерения сравниваются с эталонными для определения состояния ветви. Авторы исследовали осуществимость своей методики для 1x32 PON, используя четыре порта мониторинга, т.е. каждый набор из восьми ветвей PON подключен к одному порту тестирования. Результаты показывают возможность обнаружения неисправности при условии, что несколько неисправностей не могут возникнуть одновременно.

Этот принцип был усовершенствован в [7] с целью интеграции функции защиты в систему мониторинга с помощью пары волокон, как показано на рис. 3.

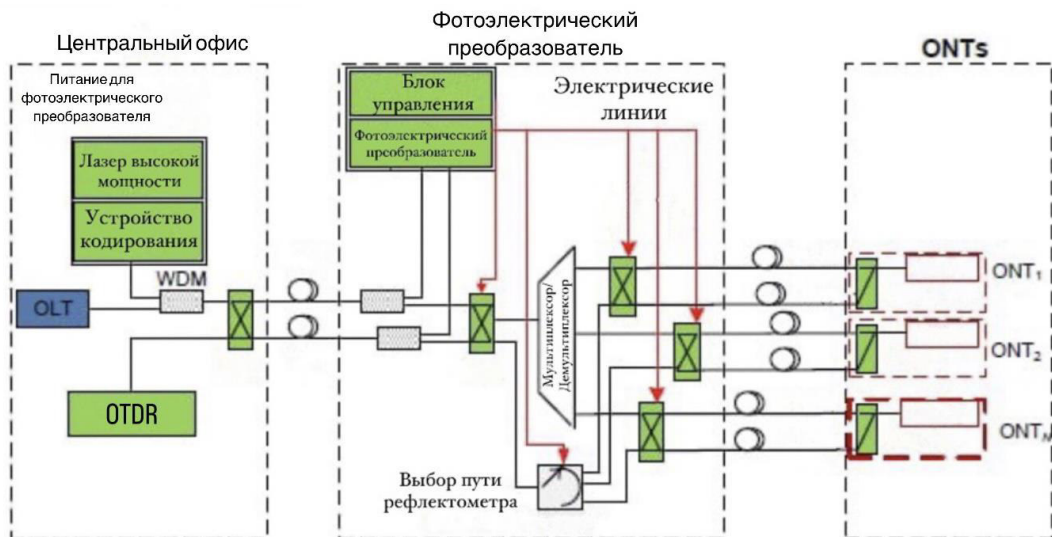


Рис. 6. Полупассивный метод контроля обхода с защитой

Рис. 3. Метод полупассивного шунтирования

Предполагается, что фотоэлектрический преобразователь является пассивным, но используется блок управления для контроля работы переключателей. Блок управления использует электрический сигнал для изменения конфигурации конкретного переключателя.

Для профилактических рефлектометрических измерений (нормальный режим) ветвь

волокна, которую мы хотим протестировать, выбирается путем перенастройки коммутаторов. Также удаленно перенастраивается переключатель 1xN для рефлектометра на эту конкретную ветвь. В случае повреждения волокна (режим неисправности), неисправность обнаруживается как на СО, так и на ОНТ. Тогда состояние соответствующего оптического переключателя будет перенастроено удаленно и одновременно с состоянием оптического переключателя на ОНТ. Таким образом, создается новый путь для данных. Чтобы найти точное место повреждения в этой неисправной ветви, путь для сигнала рефлектометра создается с помощью переключателя 1xN к этой ветви. Методы являются полупассивными, потому что они используют активные компоненты в полевых условиях. Они более восприимчивы к неисправностям, что увеличивает операционные расходы. Более того, они не выполняют функцию демаркации.

## 5. Техника на основе опорного рефлектометра

Использование рефлектометра в СО и отражающего элемента в конце каждого ответвления улучшит динамический диапазон рефлектометра. Это позволяет обнаружить наличие и изменение высоты опорных пиков отражения на СО [8]. Отражатели могут быть реализованы различными способами. Например, это могут быть селективные по длине волны отражатели, вставленные во входной разъем на ONU, действующие как стоп-фильтры, такие как волоконная брэгговская решетка (fiber bragg grating-FBG), которая сделана так, чтобы отражать длину волны рефлектограммы, но пропускать все остальные длины волн данных с незначительными вносимыми потерями. Отражателями также могут быть зеркала, установленные на ответвлении WDM-устройства, как показано в нижней части рис. 4 [9].

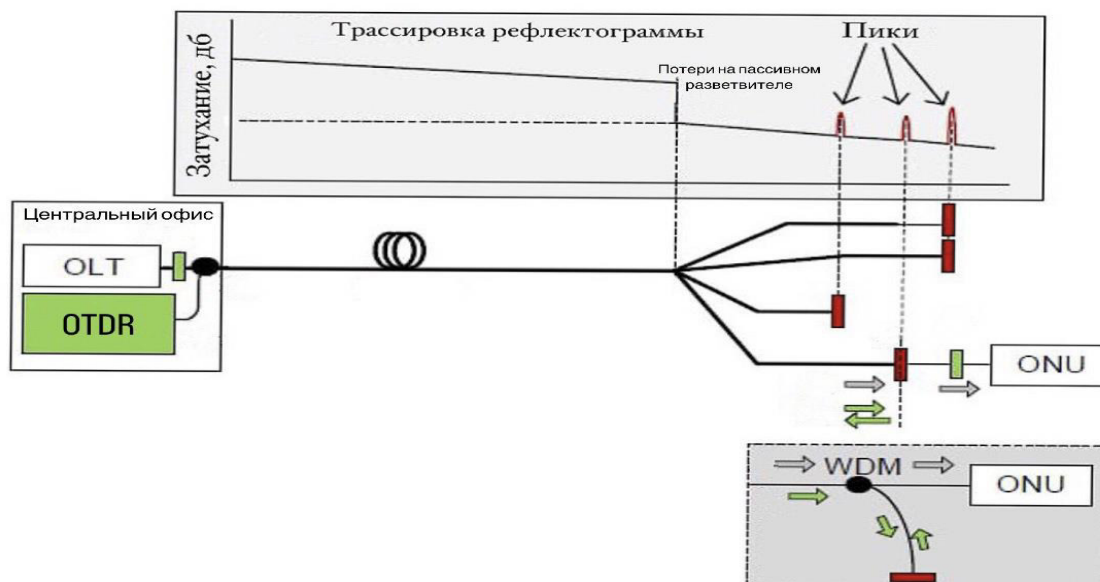


Рис.4. Система мониторинга на основе эталонного отражателя

Метод может обнаружить пики мощности (концы ветвей) с динамическим диапазоном OTDR порядка 31,5 дБ. Это требование делает методику неприемлемой для оператора сети. На вставке рис. 4 показана типичная трасса рефлектометра с пиками. Положение каждого пика показывает расстояние от ОНТ до СО. Очевидно, что отражатели, расположенные на близком расстоянии, будут поднимать почти одинаковый пик, что сбивает с толку оператора сети. Более того, этот метод не может определить точное место повреждения в пределах неисправной ветви, поскольку ее специфическая информация смешивается с информацией других ветвей. Несмотря на все перечисленные недостатки данной методики используется сегодня для мониторинга PONs благодаря своей простоте и легкости реализации. Эта техника доступна на рынке от ведущих компаний в области тестирования и поиска неисправностей оптических сетей, таких как *JDSU*, *Fujikura* и *NTT*.

## 6. Техника на основе переключаемого отражающего элемента

Была предложена альтернатива методу эталонного отражателя, который размещает переключаемый отражающий элемент (switchable reflective element -SRE) рядом с каждым ONU, чья сигнатура на трассе рефлектограммы идентифицирует контролируруемую ветвь. SRE - это бесцветное устройство, которое состоит из оптического переключателя с фотодиодом на одной ветви (неотражающее состояние; состояние по умолчанию) и зеркалом на другой ветви (отражающее состояние), как показано на рис. 5.

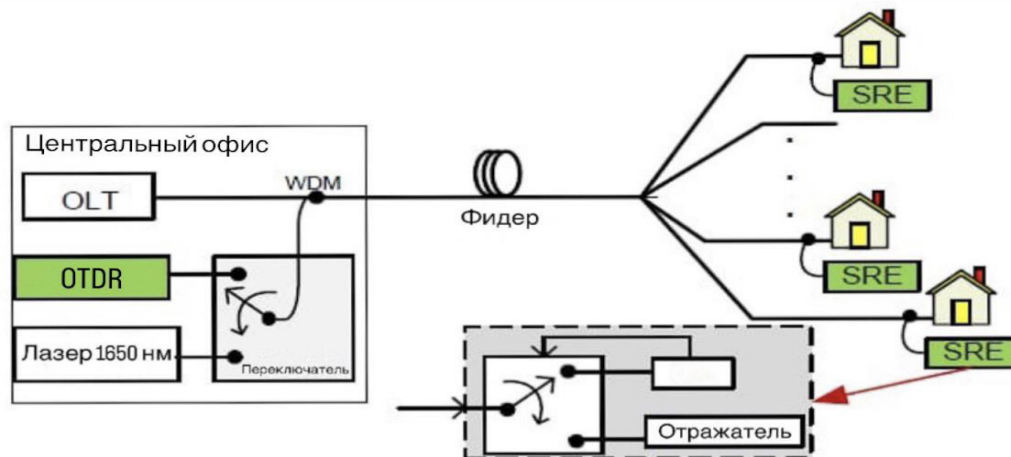


Рис.5. Мониторинг PON на основе переключаемого отражающего элемента

Положением переключателя управляет фотодиод. Каждый SRE переключается удаленно от СО путем отправки кодированного сигнала по линии передачи на длине волны 1625 нм. Если код, полученный на фотодиоде, соответствует адресу ONU, переключатель срабатывает, и SRE переходит в отражающее состояние. В это время все остальные SRE остаются в неотражающем положении. Таким образом, во время мониторинга SRE последовательно дистанционно переключаются с СО, и, следовательно, на рефлектограмме одновременно присутствует только один пик.

### Заклучение

Проанализированные схемы могут быть применены для мониторинга состояния компонентов пассивной оптической сети, а также основного и защитного трактов посредством размещения модуля взаимного мониторинга на входе оптического переключателя. Контролируя комбинацию выходов обоих модулей, можно отслеживать отказы в отдельных ветвях магистрального оптического волокна, а также тракта защиты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. The solution," *EXFO Electro-Optical Engineering Inc.*, Canada, Application note AP PNOTE201.1AN, 2009.
2. Maintenance & Troubleshooting of a PON Network with an OTDR, M. Simard, "OTDR PON Testing: The Challenges *JDS Uniphase Corporation*, Application note January 2010.
3. Y. Chen and S. Chi, "Fault-locating and supervisory technique for multistaged branched optical networks," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 6, no. 7, pp. 876-879, July 1994.
4. M. Ab-Rahman, B. Ng, A. Premadi, and K. Jumari, "Transmission surveillance and self-restoration against fibre fault for time division multiplexing using passive optical network," *IET Communication*, vol. 3, no. 12, pp. 1896-1906, April 2009.
5. N. Chuan, A. Premadi, M. Ab-Rahman, and K. Jumari, "Physical layer monitoring in 8-branched PON-based i-FTTH," in *Proceedings of International Conference on Photonics (ICP)*, July, 2010.
6. P. Urban and S. Dahlfors, "Cost-Efficient Remote PON Monitoring Based on OTDR Measurement and OTM Functionality," in *Proceedings of the 13th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)*, Stockholm, Sweden, June, 2011, pp. 1-4.

7. J. Lee, K. Choi, J. Moon, and C. Lee, "A remotely reconfigurable PON architecture for efficient maintenance and protection," in *Proceedings of Optical Fiber Communication Conference*, San Diego, May, 2009, pp. 1-3.
8. Y. Enomoto, H. Izumita, and M. Nakamura, "Over 31.5 dB dynamic range optical fiber testing system with optical fiber fault isolation function for 32-branched PON," in *Proceedings of Optical Fiber Communications Conference*, vol. 2, Atlanta, March, 2003, pp. 608-610.
9. F. Caviglia, and V. Biase, "Optical maintenance in PONs," in *Proceedings of European Conference on Optical Communication*, Madrid, Sep, 1998, pp. 621-625.

## МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
(СибГУТИ), г. Новосибирск, Россия

Ключевые слова: пассивная оптическая сеть, мониторинг, оптическая рефлектометрия, френелевское отражение, рэлеевское рассеяние, физическая среда.

В статье представлены мотивы, требования и проблемы мониторинга физической среды пассивных оптических сетей. Представлены результаты обзора методов и систем мониторинга, предложенных за последние пять лет. Проведена подробная классификация анализируемых подходов и качественное сравнение характеристик по списку параметров и аспектов производительности. Сформулированы открытые вопросы и перспективы будущих исследований в области мониторинга пассивных оптических сетей на физическом уровне, которые могут быть направлены на повышение производительности, снижение стоимости или масштабируемости.

N.I. Gorlov

## MONITORING METHODS PHYSICAL ENVIRONMENT OF PASSIVE OPTICAL NETWORKS

Siberian State University of Telecommunications and Informatics  
(SibGUTI), Novosibirsk, Russia

Keywords: passive optical network, monitoring, optical reflectometry, Fresnel reflection, Rayleigh scattering, physical environment.

The article presents the motives, requirements and problems of monitoring the physical environment of passive optical networks. The results of the review of monitoring methods and systems proposed over the past five years are presented. A detailed classification of the analyzed approaches and a qualitative comparison of characteristics according to the list of parameters and aspects of performance are carried out. Open questions and prospects for future research in the field of monitoring passive optical networks at the physical level, which can be aimed at improving performance, reducing cost or scalability, are formulated.

### 1. Введение

Пассивные оптические сети (Passive optical networks - PONs) являются наиболее развивающимся звеном систем оптоволоконного доступа в современном мире. Сетевая технология «Оптоволокну-к-дому» (Fiber-to-the-Home - FTTH) на базе PON стала реальностью. Во всём мире признано, что она является оптимальной для предоставления различных коммуникационных и мультимедийных услуг с точки зрения значительного снижения капитальных затрат при внедрении FTTH-соединения, так и её перспективностью для удовлетворения постоянно растущих потребностей. В PON отсутствуют электронные компоненты, которые более подвержены отказам. Следовательно, операторам нет необходимости обеспечивать и контролировать электропитание или поддерживать резервные батареи в полевых условиях. Огромный объем информации, передаваемый PON, требует практичной, экономически эффективной системы наблюдения и управления, что является ключевым фактором для дальнейшего развития этих сетей. Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization - ISO) разделила функции управления (мониторинга) сетью на пять общих категорий: производительность, конфигурация, учет, управление неисправностями и



безопасность. В данной статье мы рассматриваем только управление неисправностями, происходящими на физическом уровне.

В сетях дальней связи и городских сетях используются функции мониторинга для проверки рабочего состояния линий "точка-точка" (P2P). В сетях PON, напротив, появилась новая задача. Теперь сеть становится точкой-многоточечной (P2MP) с пассивным оптическим разветвителем, размещенным в полевых условиях. Такая архитектура сети представляет новую проблему для тестирования сети, что требует усовершенствованных методов тестирования и измерений. Кроме того, эти методы должны быть способны измерять производительность одного двунаправленного оптического канала, который передает три длины волны одновременно. Поэтому в последние годы мониторингу неисправностей физической среды PON уделяется все больше внимания, и появилось большое количество предложений от исследователей. Это внимание привело к появлению Рекомендации ITU-T L.66 (2007), которая стандартизирует критерии для обслуживания PONs в процессе эксплуатации. Она резервирует U-диапазон (1625-1675 нм) для обслуживания и перечисляет несколько методов реализации функций обслуживания PON в процессе эксплуатации [1].

Поскольку архитектура PON может принимать большое количество абонентов, повреждение волокна в любой ветви распределительного волокна или в фидере приведет к тому, что за этим повреждением сеть доступа окажется неработоспособной. Любой перерыв в обслуживании сети может обернуться финансовыми потерями в бизнесе для поставщиков услуг. Некоторые поставщики услуг сообщают, что более 80% отказов установленных PON происходит на первой/последней миле, т.е. в сегментах распределения/отвода сети. Более одной трети сбоев в предоставлении услуг происходит из-за проблем с оптоволоконными кабелями. Многие из этих сбоев связаны с жизненно важными услугами. Поэтому быстрое обнаружение причины сбоя имеет решающее значение для минимизации его последствий. Желательно, чтобы такой мониторинг и проверка были доступны независимо от того, находится ли оптический сетевой блок (optical network unit – ONU) в работе или даже не подключен.

Все вышеперечисленные требования и проблемы означают, что существующие методы мониторинга должны быть обновлены параллельно с быстрым развитием PON. Помимо обнаружения и локализации неисправностей при нормальной работе сети, мониторинг PON также необходим во время установки и окончательного тестирования сети. Мониторинг PON сокращает время предоставления услуг, улучшает качество обслуживания (quality of service - QoS), привлекает больше клиентов и снижает затраты на обслуживание.

## **2. Ограничения стандартной импульсной рефлектометрии во временной области**

Удаленный мониторинг волоконно-оптических сетей с помощью стандартного оптического рефлектометра (Optical Time Domain Reflectometer - OTDR) широко используется в технологиях P2P. Рефлектометр - это мощный инструмент для определения характеристик оптоволоконной линии связи. Помимо выявления и локализации неисправностей в линии связи, этот прибор измеряет такие параметры, как затухание, длину, оптический разъем, потери при сращивании и т.д. Рефлектометр работает по принципу радара. Он подает короткий световой зондирующий импульс на канал связи и измеряет обратные сигналы, исходящие от тестируемого канала. Френелевские отражения и рэлеевское рассеяние являются источником этих обратных сигналов. На основе этих сигналов рефлектометр определяет характеристики линии связи, вычисляя зависимость мощности от расстояния и создавая график трассы. Эта трасса может быть использована для поиска любых нарушений в линии связи, таких как изгибы, трещины, смещение волокна, грязные соединения и т.д. Рефлектометрия имеет серьезные ограничения в древовидных PON, где все обратные сигналы складываются на входе сплитера, что затрудняет дифференциацию обратных сигналов ветвей. Некоторые ведущие компании в области тестирования оптических сетей выпустили продукты для мониторинга физического уровня на основе рефлектометрии для PON. К ним относятся *NTT* (система *FiMO*) [2] и *JDSU* (система *ONMS*) [3]. Хотя эти продукты используют оптические отражатели в конце каждого ответвления для улучшения отражаемости неисправностей, им все же не хватает возможности точного обнаружения и локализации неисправностей. Следовательно, они предполагают, что распределительные волокна обязательно имеют разную длину, что является серьезной

проблемой. Даже если это требование будет выполнено, любой ремонт в сети может привести к изменению длины волокна, что снова поднимает эту проблему. Более того, волоконно-оптические линии в PON имеют множество точек подключения с небольшими расстояниями между ними. Это требует использования испытательного оборудования OTDR, оптимизированного для высокого разрешения и коротких или нулевых мертвых зон. Еще одно соображение заключается в том, что PON содержат сплитеры с высокими вносимыми потерями. Например, сплитер 1x64 вносит потери мощности >21 дБ. Это увеличивает сложность обнаружения неисправности и требует высокого динамического диапазона (ДР) рефлектометра. Одним из методов улучшения ДР рефлектометра является использование рамановского усиления, которое, как выяснилось, увеличивает динамику на 16 дБ, но не решает других проблем, упомянутых выше. Тем не менее, имеются промышленные образцы рефлектометров с улучшенными характеристиками, производимые различными поставщиками, так называемые PON- оптимизированные рефлектометры. Они имеют высокий ДР и малую мертвую зону, но не предлагают никакого решения для вышеупомянутых проблем обнаружения неисправностей внутри конкретных ветвей сети.

### **3. Измерения производительности мониторинга физического уровня в pon**

Для оценки производительности систем мониторинга физического уровня можно использовать различные измерения. Эти измерения проводятся во временной области, спектральной области или в обеих областях зависимости от метода мониторинга [4]. К ним относятся:

1. Пиковая мощность: мониторинг мощности является основным требованием для любой системы мониторинга. Система управления сетью (Network management system - NMS) на центральный офис (central office – CO) может определить состояние физического уровня путем сравнения измеренной мощности с эталонным значением или порогом. Любое изменение пиковой мощности указывает на повреждение или неисправность физического уровня.

2. Средняя мощность: вместо однократного измерения для улучшения измеренного сигнала используется усреднение. Любое изменение средней мощности по сравнению с эталоном означает повреждение или неисправность на физическом уровне.

3. Спектр мощности: некоторые методы мониторинга физического уровня зависят от измерения мощности полученных идентифицированных частот. Мониторинг мощности для этих частот определяет состояние физического уровня.

4. Оптический спектр: некоторые методы мониторинга контролируют принимаемые длины волн. Потерянная длина волны означает, что конкретная ветвь неисправна или повреждена

5. Отношение сигнал/шум (Signal-to-noise ratio - SNR): измерение SNR в приемнике является распространенным методом исследования производительности системы.

6. Вероятность ложной тревоги (The probability of a false alarm - PFA): этот параметр характеризует работу приемника. Тревога генерируется (ложная тревога), когда в ветви нет неисправности, но приемник ошибочно решает, что она есть.

7. Вероятность ошибочного обнаружения (Probability of false detection - PFD): аналогично, этот параметр характеризует работу приемника. Он описывает вероятность того, что приемник неправильно обнаружит неисправность в сети.

8. Область характеристик: это инструмент проектирования и измерения производительности, заимствованный из радиолокационных приложений, который иллюстрирует компромисс между PFD, PFA и SNR в приемнике.

9. Время оповещения: определяет время, необходимое NMS в CO для обнаружения неисправности в сети и оповещения оператора.

### **4. Методы мониторинга физического уровня**

Для управления неисправностями физического уровня PON в литературе было предложено много методов, каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Некоторые из этих методов уже доступны на рынке, но с ограниченной производительностью, а другие все еще находятся в стадии исследования. Исследования в этой области в основном мотивированы как



производительностью техники, так и общей стоимостью системы мониторинга. Действительно, стоимость очень важна в сетях доступа. На рисунке 1 представлена классификация, обобщающая различные методы мониторинга.

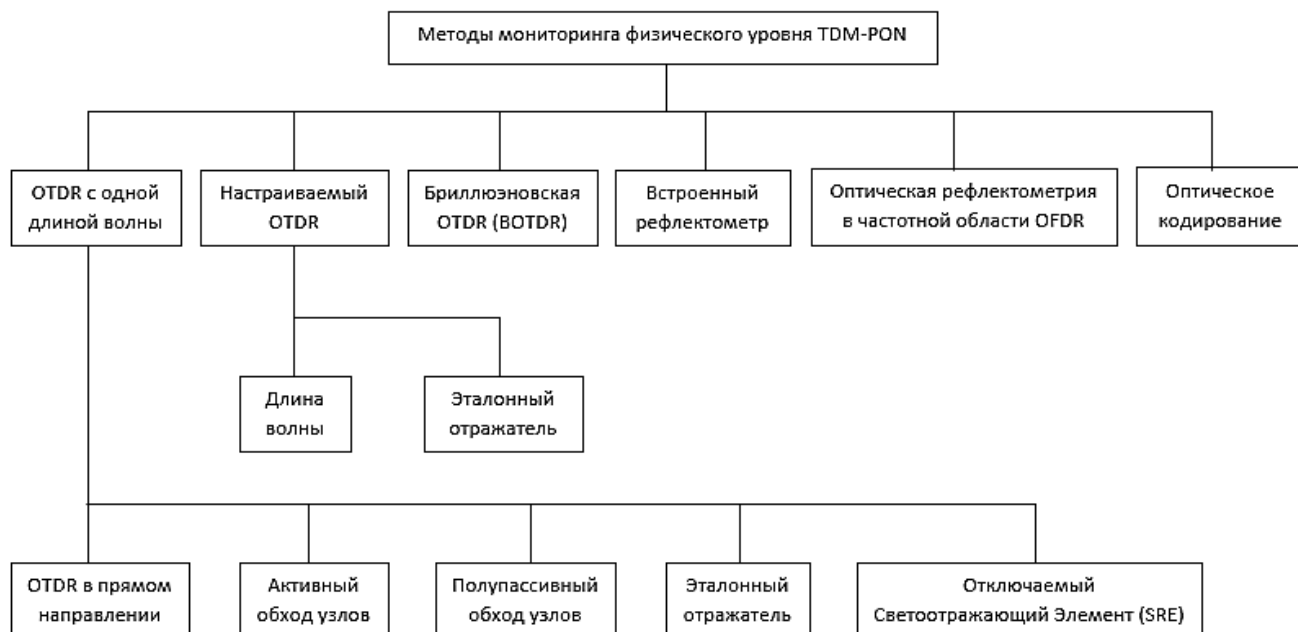


Рис. 3. Классификация методов мониторинга физической среды PON

## 5. Заключение

По мере продвижения оптоволокну к дому, обслуживание PON очень важно для создания надежной сети и минимизации времени простоя и операционных расходов. Несмотря на растущую потребность в использовании эффективной системы мониторинга физического уровня в PONs, до сих пор не существует стандартизированной системы мониторинга, которая удовлетворяла бы требованиям операторов PON. Отсутствие централизованного, всеобъемлющего, эффективного и недорогого решения для мониторинга физического уровня PON послужило стимулом для проведения данного исследования. Результаты дают общую картину конкурирующих подходов как для промышленных, так и для академических исследований. Анализ показал на отсутствие полной системы мониторинга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ITU-T Recommendation L.66, "Optical fibre cable maintenance criteria for in-service fibre testing in access networks," , May, 2007.
2. M. Arii, Y. Azuma, Y. Enomoto, K. Suzuki, N. Araki, S. Uruno, and T. Watanabe, "Optical Fiber Network Operation Technologies for Expanding Optical Access Network Services," *NTT Technical Review*, vol. 5, no. 2, pp. 32-38, Feb. 2007.
3. M. Wuilpar, K. Yuksel, D. Giannone, G. Ravet, and P. Megret, "Dynamics enhancement of OTDR-based monitoring systems for passive optical networks," *IEEE Laser and Electro-Optics Society Symposium - Benelux Chapter*, pp. 167-170, 2007.
4. A. Willner, and Z. Pan, "Optical Characterization, Diagnosis, and Performance Monitoring for PON," in *Passive Optical Networks: Principles and Practice*. USA: Academic Press, 2007, ch. 7, pp. 368.

## **О ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ И НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: энергия, надежность, электромагнитная совместимость, индукция, магнитопровод, автогенератор.

В работе выявлены проблемы, препятствующие дальнейшему повышению надежности и электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры и электротехнических устройств с источниками их электропитания, а также определены пути их улучшения, основанные на контроле количества энергии упругого намагничивания магнитопроводов трансформаторов преобразователей напряжения и учете их магнитного состояния.

**O.D. Lobunets**

## **ABOUT THE PROBLEM OF INCREASING ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY AND THE RELIABILITY OF ELECTRONIC EQUIPMENT**

Keywords: energy, reliability, electromagnetic compatibility, induction, magnetic circuit, autogenerator.

The paper identifies problems that prevent further improvement of the reliability and electromagnetic compatibility of radio-electronic equipment and electrical devices with their power sources, and also identifies ways to improve them based on the control of the amount of energy of elastic magnetization of magnetic conductors of transformers of voltage converters and taking into account the magnetic state.

Опыт исследований и разработок показывает, что на электромагнитную совместимость радиоэлектронной аппаратуры значительное влияние оказывает объем энергии и интенсивность электромагнитных процессов, протекающих в различных компонентах этих устройств. Надежность же, в первую очередь, определяется свойствами использованных компонентов, входящих в рассматриваемые устройства и достаточно полным и точным определением и учетом режимов их работы.

Эти обстоятельства особенно часто проявляются в источниках вторичного питания (ИВЭ) радиоэлектронной аппаратуры и электротехнических устройств по причине сложения преобразуемых в них объемов энергии, используемой для питания всех цепей данного устройства. Поэтому данная работа посвящена анализу актуальной части аспектов электромагнитных процессов, происходящих в магнитотранзисторных преобразователях электрической энергии, и совершенствованию их теории конструирования на основе полученных результатов.

Начало данной работе было положено после сделанного до этого наблюдения о практическом отсутствии опасных импульсов перенапряжения, к тому же имеющим высокие относительные значения энергии, в магнитотранзисторном генераторе, выполненном по описанию к изобретению автора (а. с. № 463225, СССР) при переключении транзисторов, происходящем в конце его полупериода работы с управляемой длительностью [1]. Эта работа была продолжена после подтверждения ранее опубликованной и позже подтвержденной автором гипотезе о природе импульсов перенапряжения, которые возникают при включенных магнитотранзисторных автогенераторах (патенты №№ 1589385, 2110141, РФ) [6] и не

прекращалась при продолжающихся и противоречащих такому пониманию данной природы возникновения этих импульсов публикациях [2, 3, 4, 5].

После ряда попыток автора улучшить электромагнитную совместимость, надежность и КПД ИВЭ и собственно радиоэлектронной аппаратуры и электротехнических устройств, которые дали вполне определенные положительные результаты, было принято решение продолжить данную работу в направлении изменения принципов работы таким образом, чтобы при работе рассматриваемых автогенераторов импульсы перенапряжения практически не появлялись. Это было необходимо вследствие важности для силовой электроники устройств данного типа. Возможность такого технического решения следует из упомянутого выше наблюдения о отсутствии в одном из полупериодов импульсов перенапряжения магнитотранзисторного автогенератора. Импульсы перенапряжения могут кратковременно и при определенных условиях не возникать в аналогичных устройствах, реализованных с применением усилителей мощности. Однако вследствие неизбежной асимметрии процесса перемагничивания магнитопровода выходного трансформатора такой режим перемагничивания не может быть устойчивым.

Так как согласно [6] было установлено, что причиной появления импульсов перенапряжения является накопление и последующее быстропеременное высвобождение упругой энергии намагничивания магнитопровода трансформатора, а не воздействие полей его рассеяния, как утверждает ряд авторов упомянутых публикаций, то, соответственно, изменилась идеология конструирования автогенераторов. При этом на смену применению специальных типов магнитопроводов, обладающих прямоугольной петлей гистерезиса, и намотке так называемых бифилярных обмоток трансформаторов пришло использование накопителей энергии упругого намагничивания их магнитопроводов с последующим ее высвобождением в течении практически всего последующего полупериода работы автогенератора.

Для реализации предлагаемого усовершенствования автогенераторов требуется контролировать магнитное состояние магнитопроводов их трансформаторов. От технических характеристик узлов, осуществляющих такой контроль, зависит успешность решения обозначенной задачи. В результате проведенной работы было предложено использовать два технических решения.

Первое решение основано на применении средств контроля образующейся энергии упругого намагничивания магнитопроводов трансформаторов, а второе решение – с использованием устройств определения их магнитного состояния. В настоящее время осуществляется сопоставление обоих предложенных способов улучшения технических характеристик автогенераторов, с целью выбора более перспективного решения данной проблемы.

Таким образом, правильное понимание принципа работы автогенераторов дало возможность существенно улучшить их электромагнитную совместимость, надежность, повысить КПД, а также упростить конструкцию и кардинально изменить в сторону упрощения технологию их изготовления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лобунец О.Д. Источники вторичного питания электротехнических устройств и радиоэлектронной аппаратуры. -2-е изд., перераб. и доп. –Екатеринбург: Уральский ун-т, 1996, 293 с.: ил.
2. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет, Учебное пособие. –М.: СОЛОН-ПРЕСС. 2008. -448 с.
3. Прянишников В.А. Электроника. Полный курс лекций. -4-е изд. –СПб.: КОРОНА принт, 2004. -416 с., ил.
4. Журавлев А.А., Мазель К.Б. Преобразователи постоянного напряжения на транзисторах. М. – Л.: Государственное энергетическое издательство, 1960. 80 с. : ил.
5. Исаев Э.А. Полупроводниковые преобразователи напряжения. – М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1962 г. 112 с.: ил., с. 33.
6. О природе импульсов перенапряжения в магнитополупроводниковых устройствах / О.Д. Лобунец // Электротехника. 2003. №10. С. 52 – 54.

## ПОСТРОЕНИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ С УМЕНЬШЕННЫМ УРОВНЕМ ШУМОВ

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича  
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт  
радио», Санкт-Петербургский филиал (ЛОНИИР)

Ключевые слова: Импульсно-фазовая автоподстройка частоты, синтезированный генератор, конечный автомат, счетчик импульсов, нониусный тракт приведения.

Рассмотрены возможные пути уменьшения шумов в ближней зоне отстроек от несущей синтезированных генераторов (СГ) на основе колец импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП).

Y.A. Nikitin

## CONSTRUCTION OF BROADBAND SYNTHESIZED GENERATORS WITH REDUCED NOISE LEVEL

St. Petersburg State University of Telecommunications named prof. M.A. Bonch-Bruevich,  
Federal State Budgetary Institution Scientific Research Institute of Radio, St. Petersburg Branch  
(LONIIR)

Keywords: Pulse-phase locked loop, synthesized oscillator, finite state machine (FSM), pulse counter, vernier reduction path. (VRP).

Possible ways to reduce noise in the near zone of detunings from the carrier of synthesized oscillators based on pulse-phase-locked loops (PLL) are considered.

Общая тенденция развития инфокоммуникационных технологий приводит к непрерывному возрастанию объемов информации и к разнообразию способов ее кодирования. Первый из этих факторов приводит к постоянному увеличению скорости передачи информации в каналах связи и к расширению требуемой полосы частот.

Причиной второго фактора является желание и потребность в уплотнении информационных потоков в каналах связи. Поскольку пропускная способность радиотрактов принципиально ограничена, необходимо увеличивать плотность информационных потоков, что приводит к ужесточению требований к качественным показателям систем формирования, передачи и обработки сигналов.

Следствием указанной тенденции является постоянное возрастание требований к формирующему тракту радиопередающего устройства (к возбудителю передатчика) и к гетеродинному тракту радиоприемного устройства. Поскольку в СВЧ области в обоих упомянутых случаях в качестве синтезированных генераторов (СГ) используют умножающие кольца ИФАП, возрастают требования к точности установки частоты на их выходе, к уменьшению шага сетки  $F_S$  и времени переключения, к преобладанию фазы при смене частот, к минимизации помеховых составляющих.

К наиболее опасным помехам с распределенным спектром относят амплитудные и фазовые шумы вблизи несущего колебания (ПСС) и дискретные ПСС (ДПСС); шумы в «ближней» зоне отстроек обязаны своим появлением используемым методам синтеза, идеологии построения (структуре) СГ и качеству выполнения его узлов.

Основной вклад в уровень ПСС выходного сигнала радиопередатчика при малых отстройках от несущей вносят фазовые флуктуации опорного (задающего) генератора ОГ, пересчитанные к выходной частоте  $f_{\text{выхВЧ}}$  с коэффициентом пересчета  $f_{\text{выхВЧ}}/f_{\text{ОГ}}$ ; дополнительный вклад вносят собственные шумы операционных узлов СГ [1].

Следует отметить, что флуктуации амплитуды в менее опасны, чем флуктуации фазы, поскольку в цифровых СГ, активных и пассивных, в большинстве трактов происходит жесткое и многократное ограничение амплитуды формируемых колебаний.

Уровень ПСС на выходе радиопередающих устройств радиостанций в диапазоне до 30 (60) МГц не должен превышать минус 120...160 дБн в полосе телефонного канала (минус 155...185 дБн в полосе 1 Гц) при отстройке от несущей более 10% – это необходимо для нормальной работы приемников радиостанции. Действительно, при типовой выходной мощности передатчика 10 кВт (70 дБм или 177 дБмкВ) и выполнении указанных требований абсолютный уровень шумов будет равен (плюс 12...минус 8) дБмкВ (4 мкВ...0,4 мкВ), что позволит избежать «забития» приемного тракта и вести радиоприем с удовлетворительным качеством [2].

По имеющимся оценкам радиолокационная граница обнаружения целей класса "stealth" соответствует уровню ПСС < -130 дБн/Гц при отстройке  $F = 1$  кГц от несущей, а их уверенная индикация соответствует уровню ПСС < -(135... 140) дБн/Гц при отстройке  $F = 1$  кГц. Требования чрезвычайно жесткие. Однако, параметры современных СГ приближаются к заявленным.

В импульсной системе ФАП обратную связь замыкают с помощью тракта приведения (ТП), который может быть как цифро-аналоговым, так и чисто цифровым, на основе конечного автомата (КА) [3] – рис.1.

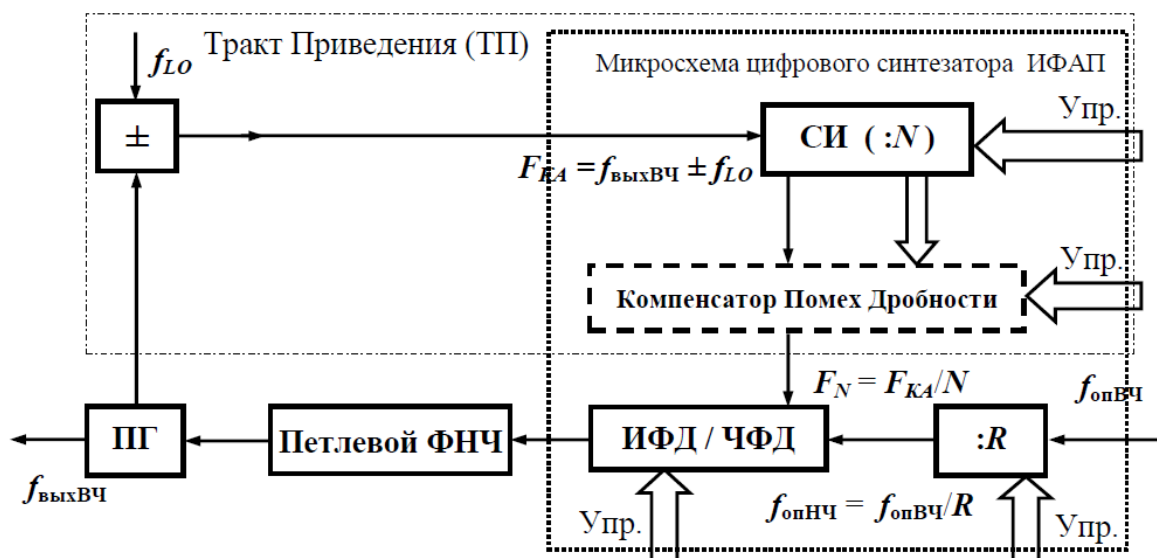


Рис. 1. Обобщенная структурная схема умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП)

При цифро-аналоговом ТП частоту ПГ понижают аналоговым смесителем с помощью частоты подставки  $f_{LO}$ . Частоту  $f_{LO}$  выбирают таким образом, чтобы разностная частота  $F_{КА}$  была ниже предельно допустимой частоты КА. Обычно в качестве КА используют СИ – делители с переменным (целочисленным) или делители с дробно-переменным коэффициентом деления.

В системе автоматического регулирования (САР) использование неединичной ООС приводит к изменению ее параметров. Введение в ТП счетчика СИ с коэффициентом передачи  $1/N$  приводит к возрастанию уровня помех, приходящих с опорным колебанием  $f_{опНЧ}$  и попадающих в полосу прозрачности кольца ( $f_{\text{ПОМЕХИ}} < f_{\text{ФАП}}$ ) в  $N$  раз, – рис.2. Вот почему к качеству опорного колебания в части уровня ПСС предъявляют жесткие требования.

Первый путь построения ТП – введение в кольцо одного или нескольких колебаний «подставки»  $f_{LO}$  для понижения частоты, идущей на СИ, эффективно работает при малой относительной ширине диапазона синтезируемых частот [4]. Второй путь (не исключаяющий

первый) – введение дробности в СИ. Третий путь – нониусный ТП (рис.3) – совместим с первыми двумя [5,6].

Идея нониусного ТП заключается в делении частоты ПГ двумя СИ с близкими коэффициентами деления, как правило,  $N = M + 1$ , и взаимном вычитании полученных на выходах СИ частот [5]. При этом вычитание может быть как аналоговым, так и цифро-аналоговым [6].

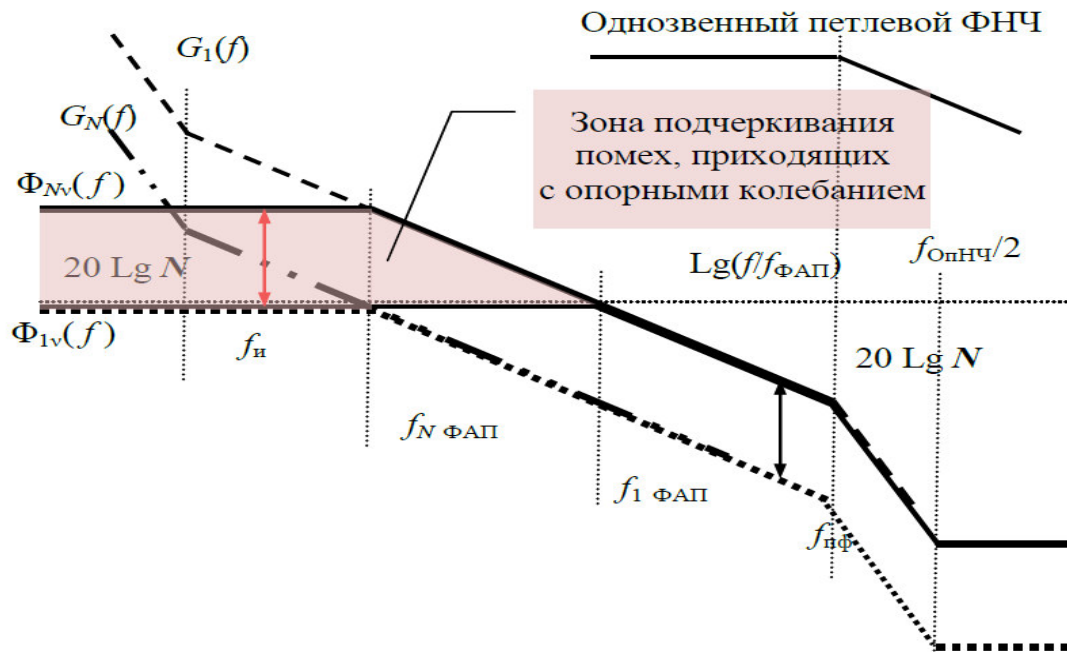


Рис. 2. Асимптотическая ЛАХ умножающего кольца ИФАП для анализа фильтрации помех, приходящих с опорным колебанием

Такое решение позволяет отказаться от ввода в кольцо ИФАП дополнительного колебания подставки  $f_{LO}$ , что упрощает структуру СГ в целом.

Например, при  $N = M + 1$ , приведенная ко входу КА1 частота  $F_{КА1} = f_{ВыхВЧ}/[M(M+1)]$  и, следовательно, выходная частота синтезатора:

$$f_{ВыхВЧ} = f_{опвч} \frac{M(M+1)}{R}.$$

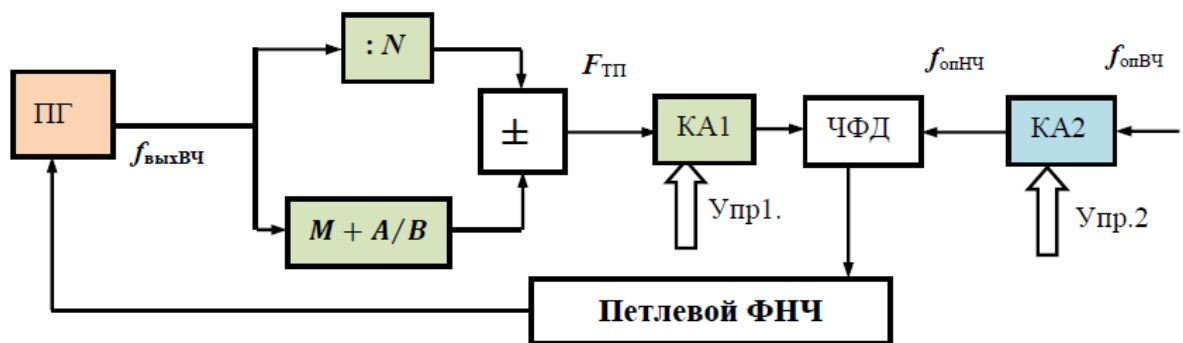


Рис.3. Умножающее кольцо ИФАП с нониусным ТП

Преимущество данного метода заключается в меньшем умножении частоты помехи и фазовых шумов – приблизительно в  $M$  раз. Это обстоятельство существенно при широкополосном СВЧ синтезе частот. А использование в качестве КА1 и КА2 пассивных

цифровых синтезаторов (ПЦС) позволяет не только дополнительно минимизировать общий коэффициент умножения помех, но и синтезировать выходную частоту с любым шагом сетки  $F_S$  [7].

Практическая реализация цифро-аналогового преобразования частоты подразумевает использование вместо аналогового смесителя его цифрового аналога. При этом выделение полезного компонента спектра из полученного, необязательно двухуровневого, сигнала следует производить с помощью аналогового фильтра.

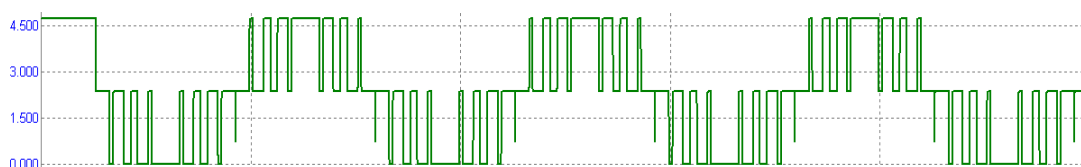
Аналогом линейного перемножителя для цифровых двухуровневых исходных колебаний является элемент XOR или сумматор по модулю 2 (Исключающее ИЛИ), реализующий булеву функцию

$$C = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B.$$

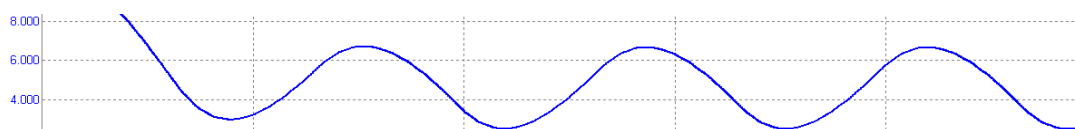
Для улучшения спектрального состава можно применить фазовый способ формирования однополосного колебания с помощью дискретного сдвига фазы исходных колебаний на  $\pi/2$ . Сдвиг выполняется с помощью дополнительного деления выходной частоты в 4 раза. В итоге частота на выходе полного цифрового нониусного ТП

$$F_{КА} = \frac{f_{ВыхВЧ}}{4} \left( \frac{1}{M} - \frac{1}{N} \right) = \frac{f_{ВыхВЧ}}{80}.$$

На рис.4 приведены эпюры трехуровневого колебания на выходе полного цифрового однополосного смесителя до и после фильтрации [7].



Выход после цифрового однополосного преобразования частоты



Выход после 1-звенного RC ФНЧ

Рис. 4 Эпюры формирования выходного колебания разностной частоты

Пример спектра на выходе полного цифрового однополосного ТП при  $N_Э=80$  приведен в табл. и на рис. 5.

Таблица. Спектр на выходе цифрового однополосного смесителя при  $M = 4$  и  $N = 5$

Номер гармоники выходной частоты $f_{КА}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Относительный уровень, дБн	0	-74,0	-17,0	-79,2	-21,0	-74,6	-15,5	-73,7	-16,4	-75,2	-24,7	-77,0	-24,2

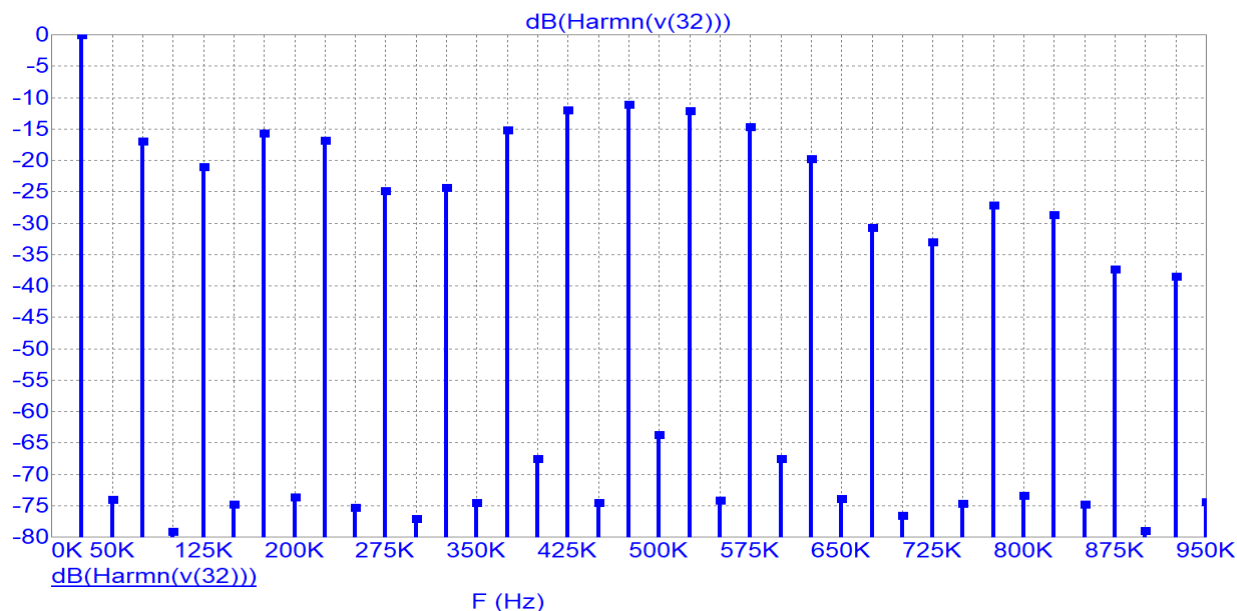


Рис. 5. Спектр на выходе нониусного тракта приведения при  $M = 4$  и  $N = 5$

Следует отметить, что все частоты на графиках рис.5 являются гармониками полезной компоненты спектра  $f_{\text{ВыхНЧ}}$  и не вызывают дополнительной паразитной угловой модуляции.

Выводы:

Уменьшения фазовых шумов в окрестностях выходного колебания широкополосного умножающего кольца ИФАП можно добиться:

1. введением дробности в СИ цифрового тракта приведения;
2. введением внешней частоты подставки в аналоговый или цифро-аналоговый ТП;
3. введением нониусного деления в цифро-аналоговый ТП;
4. комбинированием указанных способов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Синтезаторы частот в технике радиосвязи / А.В. Рыжков, В.Н. Попов. – М. : Радио и связь, 1991. – 264 с.
2. Шумовые излучения радиопередающих устройств. Чем они опасны. / В.А. Воронин // Информост: Радиоэлектроника и телекоммуникации. – 2004. – №4. – С. 10 – 12.
3. Построение тракта приведения широкополосного умножителя частоты на основе кольца ИФАП / Ю.А. Никитин // Труды НИИР: сб. ст. – М. : НИИР. – 2012. – №3. – С. 46 – 56.
4. Обзорный анализ современных архитектур синтезаторов частот с ФАПЧ / А.С. Кузменков, А.Е. Поляков, Л.В. Стрыгин. // Труды МФТИ. Радиотехника и телекоммуникации. – 2013. – №3. – С. 121 – 133.
5. Novel approach yields fast, clean synthesizers / Alexander Chenakin // Microwaves & RF. – 2008. – №8. – P. 60 – 63.
6. A Self-offset Phase-locked Loop / B. Sadowski. // [Microwave Journal](#). – 2008. – Vol. 51. – № 4. – P. 116 – 124.
7. Анализ целочисленного нониусного тракта приведения умножающего кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты / Ю.А. Никитин // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2011. – №6. – С. 58 – 65.



## УМНОЖАЮЩИЕ КОЛЬЦА ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича  
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский  
институт радио», Санкт-Петербургский филиал (ЛОНИИР)

Ключевые слова: Импульсно-фазовая автоподстройка частоты, накапливающий сумматор, конечный автомат, счетчик импульсов, делитель частоты.

Рассмотрены варианты построения умножающих колец импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП) с пониженным уровнем шумовых и дискретных побочных спектральных составляющих.

Y.A. Nikitin

## MULTIPLYING PHASE-LOCKED LOOPS

St. Petersburg State University of Telecommunications named prof. M.A. Bonch-Bruevich,  
Federal State Budgetary Institution Scientific Research Institute of Radio, St. Petersburg  
Branch (LONIIR)

Keywords: Pulse-phase-locked loop, accumulator, finite state machine, pulse counter, frequency divider.

Variants of construction of multiplier rings of pulse-phase locked loop (PLL) with a reduced level of noise and discrete spurious spectral components are considered.

Кольцо фазовой автоподстройки с единичной отрицательной обратной связью является эффективным следящим фильтром. Введение в цепь отрицательной обратной связи счетчика импульсов (СИ) с коэффициентом деления  $N$  (рис.1,а) или накапливающего сумматора (НС) с коэффициентом деления  $B/A$  (рис.1,б), где  $B$  – емкость НС,  $A$  – число, записанное на его вход, превращает непрерывное аналоговое кольцо ФАП в импульсную систему автоматического регулирования – ИФАП.

Это влечет за собой существенные последствия:

1. Появляется возможность умножения частоты дискретизации  $f_{\text{опнч}}$  в  $N$  раз, где  $N = f_{\text{выхВЧ}}/f_{\text{опнч}}$ ;

2. Кольцо ИФАП становится импульсной системой автоматического регулирования, сохраняя астатизм по частоте, но прекращает фильтрацию помех при отстройках от несущей, больших  $f_{\text{опнч}}/2$ ;

3. Уменьшается зона компенсации помех, воздействующих на ПГ;

Возрастает подчеркивание в  $N$  раз низкочастотных помех, приходящих с опорным колебанием и попадающих в полосу прозрачности  $f_{\text{фап}}$  условно разомкнутого кольца (появляется «пьедестал») рисунок 1.5, в.

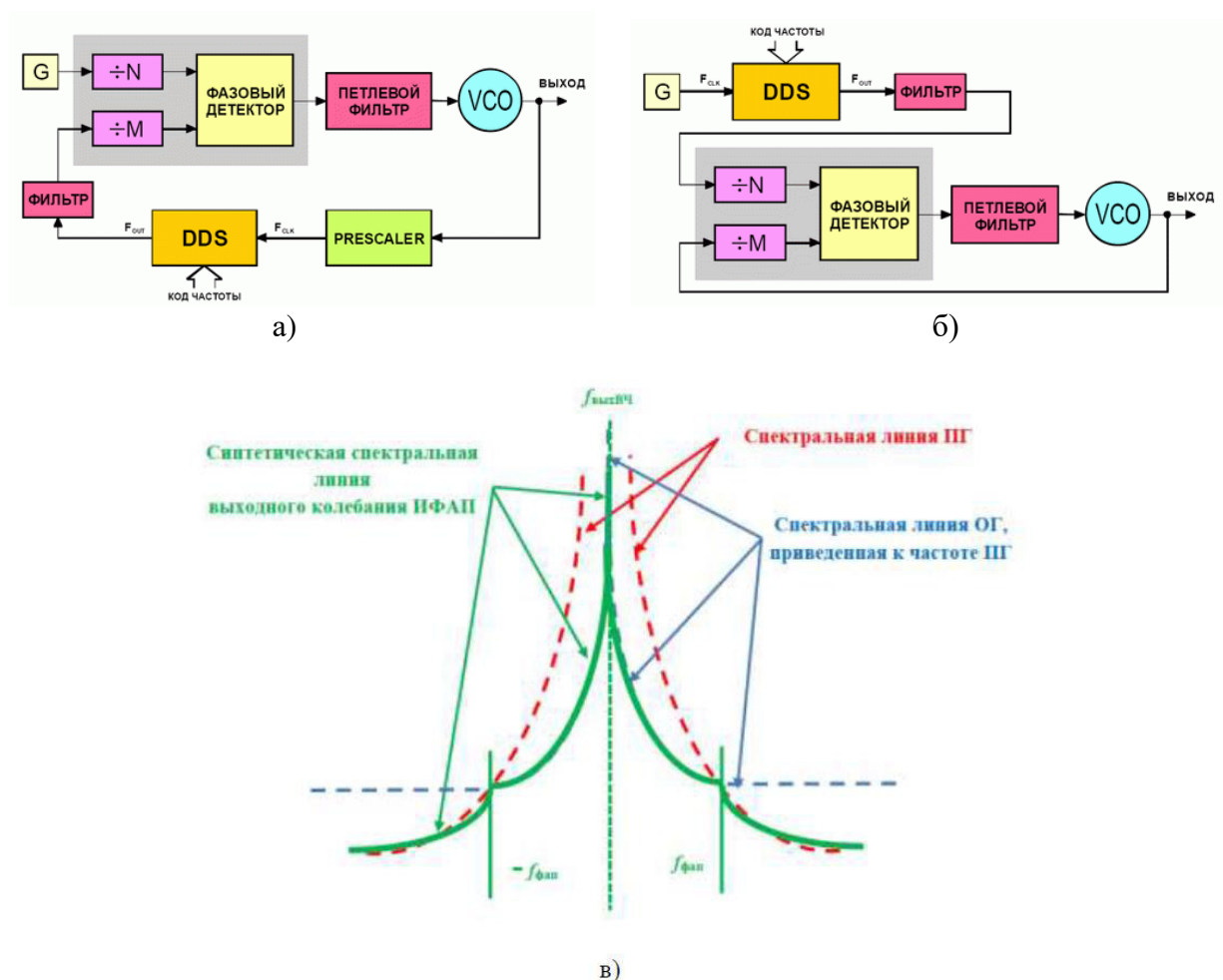


Рис. 1. Использование кольца ИФАП в качестве высокочастотного умножителя частоты: а) структурная схема с НС; б) структурная схема с СИ; в) синтетическая спектральная линия выходного колебания

На рисунке 1, б в цепи обратной связи кольца ИФАП показан *DDS* (*Direct Digital Synthesis*) синтезатор на основе НС.

В технике синтеза частот принято называть счетчик импульсов (СИ) с управляемым коэффициентом пересчета делителем с переменным или дробно-переменным коэффициентом деления (соответственно, ДПКД или ДДПКД) [1-5].

Таким образом, используя ДПКД или ДДПКД в цепи отрицательной обратной связи (в тракте приведения частоты  $f_{\text{выхвч}}$  к частоте  $f_{\text{опнч}}$ ), можно на выходе кольца ИФАП формировать сетку частот  $f_{\text{выхвч}}$  с шагом сетки  $F_S$ , когерентных частоте опорного колебания  $f_{\text{опнч}}$ .

Заметим, что использование ДДПКД уменьшает целую часть коэффициента деления  $N$  тракта приведения и позволяет уменьшить умножение помех кольцом при обеспечении требуемого шага сетки.  $F_S$ , т.е., при прочих равных, уменьшить высоту «пьедестала».

Следует добавить, что у аналогового кольца ФАП, которое используют в качестве следящего фильтра частоты  $f_{\text{опнч}}$ , нет ограничений на протяженность зоны фильтрации  $\pm 0,5f_{\text{опнч}}$ , как у цифровых (импульсных) колец ИФАП – импульсная система автоматического регулирования способна фильтровать помеху лишь в области расстроек до половинной частоты тактового колебания. В кольце ИФАП – это половинная частота сравнения  $f_{\text{опнч}}$ .

Импульсные кольца ФАП, как и непрерывные, можно использовать для фильтрации колебаний. При проектировании такого кольца необходимо так же, как и в аналоговых кольцах, соблюсти условия сохранения устойчивости вследствие набега фазы на частоту среза кольца  $f_{\text{ФАП}}$  от звеньев петлевого ФНЧ [6].

Также используются комбинированные тракты приведения – с понижением частоты на входе СИ с помощью частоты внешней подставки  $F_{LO}$  и смесителя – рисунок 2 [7].

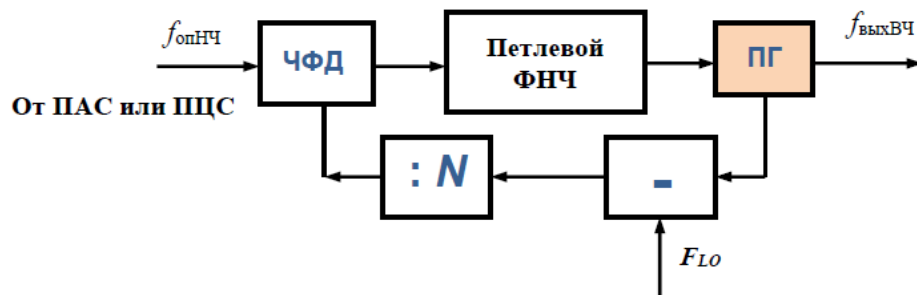


Рис. 2. Использование кольца ИФАП в качестве умножающего с понижением частоты на входе СИ с помощью внешней частоты подставки

Такая структура эффективна в двух случаях. Во-первых, при синтезе частот в микроволновом диапазоне, когда быстродействия цифровой элементной базы СИ недостаточно или соответствующие цифровые элементы недоступны. А во-вторых, при синтезе частот в относительно узком диапазоне значений.

В «классическом» умножающем кольце ИФАП помехи, попадающие в полосу прозрачности  $f_{\text{фап}}$  условно разомкнутого кольца ИФАП умножаются в  $N$  раз, где  $N$  – целая часть коэффициента деления ( в ДДПКД  $N = [N] + \{N\}$ , где  $[N]$  – целая часть  $N$ ,  $0 \leq \{N\} < 1$  – дробная часть  $N$ ).

В случае использования ДПКД в тракте приведения

$$N_{\text{Э}} = N_{\text{Ш}} = N,$$

где  $N_{\text{Э}}$  – эквивалентный коэффициент умножения частоты в кольце ИФАП,  $N_{\text{Ш}}$  – коэффициент умножения кольцом ИФАП шумов, приходящих с опорным колебанием и попадающих в полосу прозрачности  $f_{\text{фап}}$  условно разомкнутого кольца. В случае использования ДДПКД в тракте приведения:

$$N_{\text{Э}} = N, N_{\text{Ш}} = [N] < N.$$

Можно поступить иначе – ввести блок понижения частоты на входе ДПКД/ДДПКД с помощью внешнего, дополнительного колебания с частотой  $F_{LO}$ . Введение частоты  $F_{LO}$  позволяет уменьшить требуемое значение коэффициента  $N_{\text{Ш}}$  при сохранении  $N_{\text{Э}}$ . Рассмотрим данный подход подробнее.

В этом случае  $N \in (N_{\text{МАКС}} \dots N_{\text{МИН}})$ , что позволяет сделать вполне определенный вывод – коэффициент деления  $N$  в синтезаторном кольце ИФАП можно уменьшить лишь до  $N \in \{(N_{\text{МАКС}} - N_{\text{МИН}}) \dots 1\}$ . Для этого нужно ввести в ТП синтезаторного кольца частоту подставки  $F_{LO}$ , когерентную выходному колебанию – рисунок 3. В предельном случае октавного синтеза, т.е. при  $F_{LO} = N_{\text{МИН}} \times (f_{\text{опНЧ}} - F_s)$  и  $N_{\text{МАКС}} = 2N_{\text{МИН}}$ ,  $N_{\text{МИН}} = 1$  и коэффициент перекрытия (перестройки) по частоте  $K_K = 2$  на верхней частоте диапазона [7].

Частоту  $F_{LO}$  можно получить либо умножением частоты опорного колебания  $f_{\text{опВЧ}}$ , либо с помощью алгебраических преобразований частот, формируемых внутри структуры ССЧ. При больших кратностях умножения  $N$  и мелкому шагу сетки  $F_s$ , что характерно для широкополосного СВЧ синтеза частот, наилучшим решением формирования частоты  $F_{LO}$  является использование дополнительной петли синтезаторной ИФАП.

Однако, при широкополосном синтезе выигрыш от введения частоты подставки уменьшается до 6дБ при октавном перекрытии выходного диапазона. Поэтому для формирования  $F_{LO}$  желательно применять дополнительный синтезатор с крупным шагом и с тем же абсолютным перекрытием по частоте, что и в основном кольце, что на практике удваивает объем необходимого оборудования.

Можно формировать сетку частот с помощью *DDS* синтезатора в относительно низкочастотном диапазоне, а затем умножать полученное колебание в  $N$  раз с помощью кольца ИФАП – рисунок 1,а.

Однако, такое решение приводит к умножению помех, приходящих с опорным колебанием и попадающих в полосу прозрачности условно разомкнутого кольца ИФАП – образуется «пьедестал» - рисунок 1, в.

Минимальный коэффициент умножения помех, приходящих с опорным колебанием и попадающих в полосу прозрачности кольца ИФАП может быть сделан, в статическом режиме работы, равным единице – при использовании в тракте приведения цепочки смесителей, как это показано в схеме на рисунке 3 [5, 8]. Ключ  $SW$  и счетчик импульсов с коэффициентом деления  $N$  необходим при перестройке кольца и ввода его в режим синхронизма.

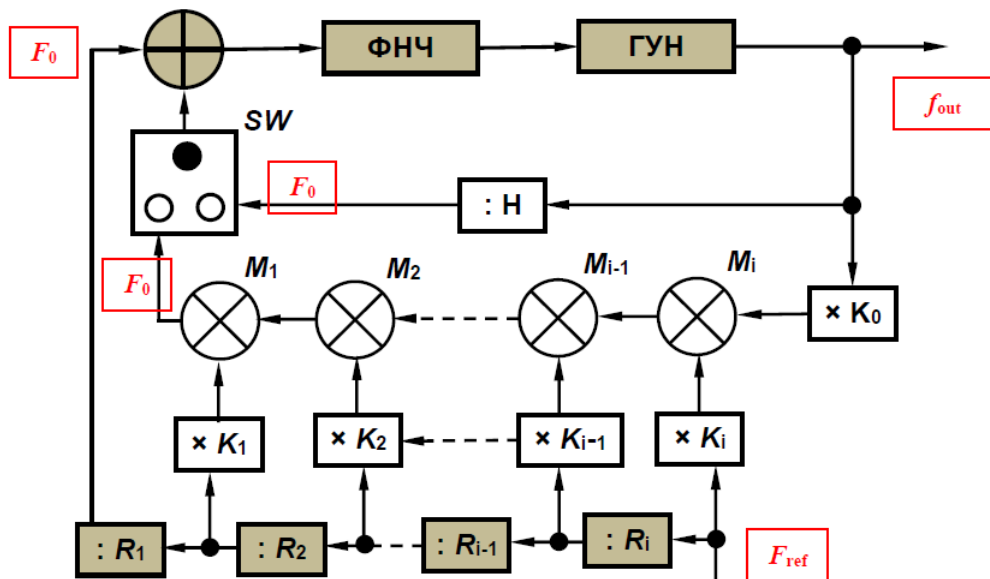


Рис. 3. Структура умножающего кольца ИФАП с комбинированным трактом приведения

В таком кольце шумы выходного колебания  $f_{\text{авxBЧ}}$  в ближней зона отстроек («пьедестал») будут определяться шумами опорного колебания  $F_{\text{REF}}$  и соотношением коэффициентов умножения  $C_i$  и коэффициентов деления  $D_i$ .

При практической реализации ТП рисунка 1.10 определяющими будут технические шумы операционных узлов синтезатора, прежде всего, умножителей.

Отметим также и тот существенный факт, что элементы кольца ИФАП – формирователи импульсов, ДПКД (ДДПКД), НС, ИФД – генерируют собственные шумы, как правило, низкочастотные; эти шумы попадают в полосу прозрачности кольца и в полосу расстроек от 0 до  $f_{\text{фАП}}$  ухудшают форму спектральной линии выходного колебания [9,10]. Поэтому уровень собственных шумов синтезатора необходимо учитывать при расчете любого кольца ИФАП [11,12].

Например, для микросхемы активного цифрового синтезатора *ADF4159* величину собственных шумов на одной боковой (однополосных) можно рассчитать по формуле [3]:

$$D_N [\text{дБн}] = -\Phi_{ADF4159} + 10\lg F_{\text{ДЕТ}} + 20\lg N, \quad (1)$$

где  $\Phi_{ADF4159} = 224/217$  дБ – фундаментальные (собственные) шумы микросхемы синтезатора для режима целочисленного/дробного деления (по данным компании – производителя). Тогда, например, при частоте сравнения в ЧФД 10 МГц и коэффициенте деления  $N = 9500$  получим  $D_N = -224 + 70 + 79,6 = -74,4$  дБн.

В то же время, при частоте сравнения в ЧФД 50 МГц и коэффициенте деления  $N = 1900$  получим  $D_N = -224 + 77 + 65,6 = -81,4$  дБн. Вот почему для уменьшения влияния шумов микросхемы синтезатора следует увеличивать частоту сравнения в кольце и вводить дробность для сохранения величины шага сетки  $F_S$  [3,7].

Рациональный выбор тракта приведения кольца ИФАП позволяет частично нивелировать отрицательные эффекты от введения в тракт приведения кольца ИФАП счетчика импульсов (ДПКД или ДДПКД) или накапливающего сумматора (*DDS* синтезатора).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шапиро, Д.Н., Паин А.А. Основы теории синтеза частот – М. : Радио и связь, 1981. – 264 с.
2. Зарецкий, М.М., Мовшович М.Е. Синтезаторы частоты с кольцом фазовой автоподстройки – Л. : Энергия, 1974. – 256 с.
3. Никитин Ю.А. Цифроаналоговый синтез частот. Теория и схемотехника: [монография] / Ю. А. Никитин. – СПб.: Изд-во СПб ГУТ, 2018. – 367 с.
4. Белов, Л.А. Формирование стабильных частот и сигналов / Л.А. Белов. – М. : Академия, 2005. – 224 с.
5. Ченакин А.В., Горевой А.В. Практическое построение синтезаторов частот СВЧ диапазона. – М.: Горячая линия – Телеком, 2021. – 280с.
6. Артым, А. Д., Трифонов С. В. Частотные методы анализа и синтеза систем ФАП. М. : Связь, 1976. – 160с.
7. Никитин, Ю.А. Построение тракта приведения активного синтезатора частот // Известия вузов. Приборостроение. 2012. №3. С.19-26.
8. Chenakin A. Frequency Synthesizers: Concept to Product. – Norwood, MA: Artech House, 2010
9. Болденков, Е.Н., Шатилов А.Ю. Влияние фазовых шумов несущей частоты сигналов СРНС ГЛОНАСС и GPS на чувствительность и помехоустойчивость системы ФАП. – Радиотехника. 2009. № 7. С. 116-120.
10. Добычина, Е. М. Фазовые шумы синтезаторов частот. // Вестник МАИ. Электроника, радиотехника, связь. 2009. – № 3. С.69 – 76.
11. Леонов, Г.А., Селеджи С.М. Системы фазовой синхронизации в аналоговой и цифровой схемотехнике. СПб. : Невский Диалект, 2002. – 112с.
12. Ямпурин, Н.П., Болознев В.В., Сафронов Е.В., Жалнин Е.Б. Формирование прецизионных частот и сигналов: Учеб. пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет, 2003. – 187с.

## РАЗВИТИЕ КАНАЛОВ СВЯЗИ С ВЫСОКОЙ ДОСТУПНОСТЬЮ

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург,  
Россия

Ключевые слова: тенденции развития технологий связи, технологии связи, оптоволокно, WiFi, 5G, LiFi

Аннотация: В статье представлен анализ современных тенденций создания и развития беспроводных и проводных каналов связи, с объяснением основного принципа их работы. Статья содержит в себе не только информацию про обыденные технологии, которые стали стандартизированными, но и инновационные, которые только готовятся к выходу или уже набирают массовый оборот.

D.S. Plotnikov, M.V. Sharov, Y.V. Mogilnikov

## DEVELOPMENT OF COMMUNICATION CHANNELS WITH HIGH AVAILABILITY

Ural State University of Railway Transport

Keywords: trends in the development of communication technologies, communication technologies, optical fiber, WiFi, 5G, LiFi.

Abstract: The article presents an analysis of current trends in the creation and development of wireless and wired communication channels, with an explanation of the basic principle of their operation. The article contains not only information about everyday technologies that have become standardized, but also innovative ones that are just getting ready for release or are already gaining mass circulation.

### Введение

В современном мире каналы связи представлены как электромагнитные волны разных частот. Даже видимый свет – по одной из гипотез является ею. Электромагнитные волны окружают нас, где бы мы ни находились: в лесу, в городах, в горах, на всех материках – абсолютно везде и повсюду. В XXI веке каналы связи разнообразны не только с точки зрения проводных и беспроводных каналов, но и со стороны технических свойств данных каналов – пропускной способности, площади покрытия, способности передачи различных видов информации и другие специфические характеристики.

В чем же актуальность данной работы? Сейчас XXI век – идет повсеместное развитие способов связи с глобальной сетью Интернет, чтобы даже в самых отдаленных регионах был доступ к нему. Только представьте себе, что, находясь в отдаленной части нашей планеты, например посреди непроходимой тайги, можно выйти в интернет, чтобы найти нужную информацию или, допустим, вызвать помощь. Буквально 20 лет назад это казалось просто невероятным, а по меркам всемирной истории это очень маленький промежуток времени, за который было введено множество новых изобретений в области связи.

### Тенденции развития технологий связи в наше время

Основные направления развития современных способов связи:

- *компьютеризация* – насыщение техники и технологии электросвязи компьютерами, что позволяет реализовать интеграцию на различных уровнях сетевого взаимодействия;
- *цифровизация*, которая благодаря своим преимуществам проникла во все структурные компоненты электросвязи: каналы, передающие и приемные устройства, оборудование коммутации и управления, в развитие и совершенствование элементной базы и технологий;

- *персонализация*, проявляющаяся, прежде всего в переходе от адресации терминалов к единой системе адресации пользователей, когда каждый пользователь будет иметь единый адрес независимо от того, в какую сеть он включен, какой вид связи использует и где находится в данный момент времени;

- *глобализация*, вытекающая из идеи создания глобальной информационной инфраструктуры (ГИИ) и вызванная необходимостью обмена информацией внутри постоянно расширяющегося пространства. Одно из направлений глобализации – интеграция российских сетей и систем электросвязи в глобальное информационное пространство;

- *стандартизация*, базовыми документами которой являются стандарты. Поскольку система электросвязи России должна гармонично объединиться с мировой, то и российские стандарты в области связи должны быть как можно ближе к мировым.

### **Проводные каналы связи**

*Технологии, которые стали обыденными в наше время*

*Оптоволокно – оптическое волокно – передача информации с помощью света.*

*Волоконная оптика* как термин — это учение о распространении светового потока в оптическом волокне. Как продукция волоконная оптика – это все то, что имеет в составе оптико-волоконный элемент.

*Оптическое волокно* – это изготовленная из кварцевого стекла тонкая жила, внутри которой течет световой луч, не покидая ее пределов. Сегодня существует оптоволокно с пластиковым сердечником, характеристики которого близки к натуральному кварцу. Смысл один – световой пучок отражается от стенок жилы и сохраняет свое информационное содержание вне зависимости от дальности передачи данных. Именно оптоволокно – лучший материал трансляции цифрового сигнала без затухания на дальние расстояния.

Оптоволокно имеет следующие преимущества и недостатки:

Преимущества	Недостатки
Оптоволокно позволяет передавать информация на очень высокой скорости (10Гбит/с и выше) даже на максимальных нагрузках сети.	Физические проблемы: сложность изготовления оптоволокна, его хрупкость и малая гибкость на изгиб
Сигнал передается практически без задержки (единицы мс).	Недостаточная мощность. Для улучшения и повышения мощности излучателей потребуются дополнительные финансовые вложения.
Высокая степень защиты от помех.	Хороший сигнал может быть обеспечен на короткие расстояния. Или же для усиления сигнала будут необходимы повторители.
Благодаря оптоволокну сеть надежна и безопасна. Использование уязвимостей Man-in-the-Middle сведено к минимуму.	Для соединения двух оптических кабелей требуется специализированное оборудование и квалифицированный специалист

### **Беспроводные каналы связи**

*Технологии, которые стали обыденными в наше время*

*Wi-Fi* (IEEE 802.11)– это беспроводная технология передачи данных, беспроводная локальная сеть (WLAN). В принцип работы Wi-Fi положена передача зашифрованных сигналов посредством сверхвысокочастотных волн на небольшие расстояния, не превышающие десятка метров. Схема сети состоит минимум из двух элементов: точка доступа и клиент, также допускаются схемы клиент-клиент, без участия точек доступа (например – соединение *Wi-Fi Direct* для передачи данных посредством Wi-Fi).

Точкой доступа в домашних Wi-Fi сетях является преимущественно беспроводной маршрутизатор – *роутер*. Он и клиенты должны работать в одном режиме (частота, модуляция сигнала).

В наше время Wi-Fi роутер есть в практически в каждом доме, а беспроводной модуль устанавливают даже в бытовую технику – пылесосы, холодильники, чайники и т. д. И с каждым годом использование беспроводной технологии все шире. Технологии становятся все более доступными и дешевыми. Последний стандарт WiFi 6, введенный в 2019 году, уже доступен широким массам людей. Максимальная скорость в этом стандарте – до 9,6 Гбит/с. Это в 65 раз быстрее по сравнению с поколением WiFi 4.

*Технологии, получающие активное развитие в наше время*

*5G – новый стандарт сотовой связи*, который обещает более высокую скорость передачи данных и сокращение времени задержки для различных интеллектуальных устройств.

Ввод нового стандарта связи решает проблему нагрузки на текущие станции, обслуживающие 2G, 3G и 4G-сети. Нагрузка порождает сбои в обслуживании, а технология 5G, в свою очередь, способствует лучшей управляемости достаточно большим количеством подключенных к сети ресурсов.

Как отмечают новостные агентства, количество пользователей, пользующихся технологией 5G, достигнет к 2024 году отметки в 1,5 млрд. И это неудивительно, ведь как прогнозирует Ericsson, операторы связи начнут отказываться от технологий 2G и 3G на фоне растущих запросов к более качественным услугам передачи данных.

Самое интересное, что пандемия коронавируса не только не ухудшила положение технологии 5G в силу большого количества негативных заблуждений в сети, но и наоборот – благодаря повсеместной удаленной работе, многие компании и учебные заведения начали задумываться о более качественной поддержке связи, тем самым ускорив спрос на инновацию.

5G улучшит 4G в традиционных областях, будь то мгновенное скачивание фильма, или бесшовная связь мобильного приложения с облаком. 5G обеспечит универсальную связь всего со всем, объединяя широкополосные энергозатратные протоколы с узкополосными, энергосберегающими.

Увеличение скорости произойдет благодаря переходу в более высокий частотный диапазон – ранее незадействованный. Для примера, частота домашнего WiFi составляет 2,4 или 5 ГГц, частота существующих мобильных сетей в пределах 2,6 ГГц. Но когда мы говорим о 5G, то здесь сразу речь о десятках гигагерц. Всё просто: увеличиваем частоту, уменьшаем длину волны – и скорость передачи данных становится в разы больше. Да и сеть в целом разгружается.

Но к тому же несмотря на инновационность технологии, инфраструктура 5G также имеет и недостатки в сравнении с 3G и 4G в виде необходимости поддержания **малого расстояния** между вышками связи – а это потребует больших денежных расходов операторов связи. Кто будет их оплачивать – мы, или иначе – клиенты операторов связи. Следовательно, стоит готовиться к повышению стоимости тарифов.

### **Передовые технологии**

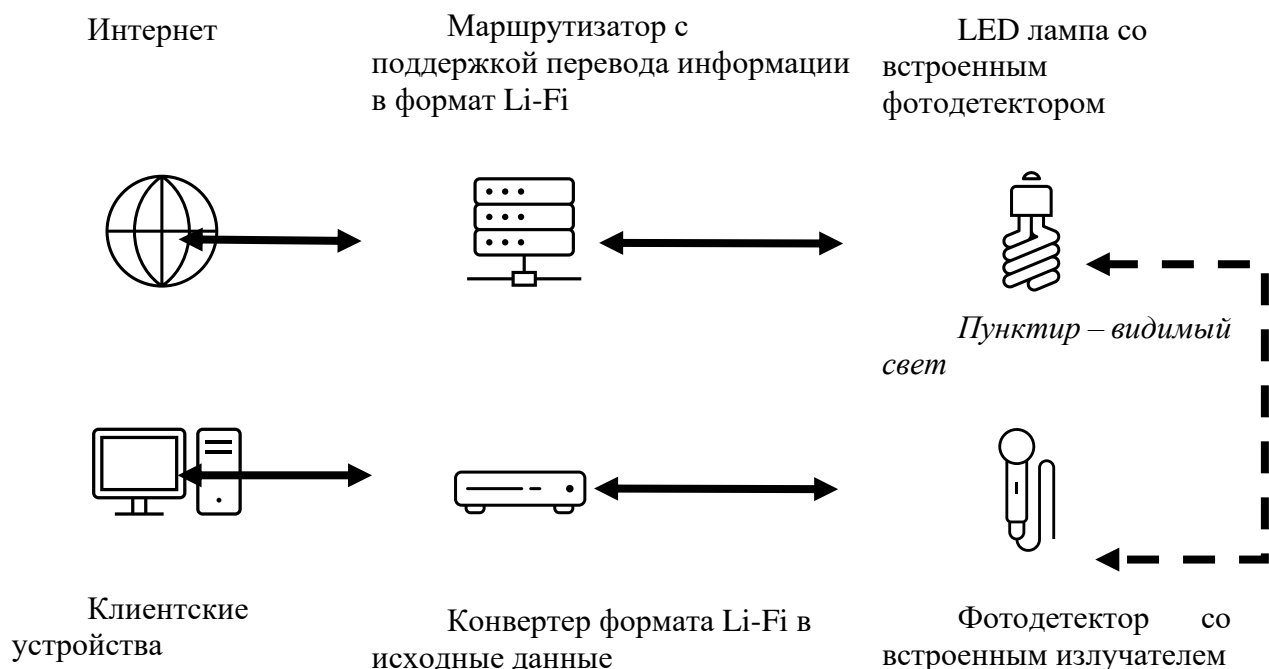
*Li-Fi – передача данных с помощью света*

*Li-Fi* (технология названа по аналогии с Wi-Fi) – это технология передачи данных, использующая в качестве канала световое излучение. Отличие ее от ИК-порта заключается в использовании не инфракрасного, а видимого света. Если в ИК-связи используются волны длиной 800–2000 нм, то в Li-Fi – 400–800 нм, заметные глазу. Для сравнения, длина радиоволны Wi-Fi – 6–12 см, то есть в тысячи раз больше.

Чем короче волна – тем выше частота, а чем выше частота – тем больше данных можно передать за единицу времени. Поэтому Li-Fi теоретически сможет обеспечивать скорость до десятков и сотен гигабит в секунду (против чуть более 1 Гбит/с у самого быстрого Wi-Fi).

Принцип работы показан на схеме ниже:





Система Li-Fi состоит из двух основных частей: передатчика и приемника. В качестве первого используется источник видимого белого света, второго – чувствительный фотосенсор, улавливающий незначительные изменения в освещении. Источник сигнала излучает свет, который имеет мерцания. Сенсор улавливает их и преобразует в поток цифровых «нулей» и «единиц». Для организации двусторонней связи каждое из устройств оснащается обоими компонентами.

На практике связь Li-Fi выглядит просто. В роли передатчика (аналог роутера) выступает светодиодная лампочка, модулирующая свет путем мерцаний. Компьютер, смартфон или иное устройство оснащается специальным датчиком освещения, способным эти мерцания распознать. Скорость этих мерцаний столь высока, что человек их не замечает. Полученные мерцания преобразуются обратно в цифровые «нули» и «единицы», а далее и в исходную информацию. Принцип обратной связи устроен по тому же принципу.

Для связи Li-Fi сетей с внешним миром могут использоваться оптоволоконные линии, которые способны обеспечивать скорость связи до нескольких терабит в секунду. Таким образом, используя технологию, можно добиться практически бесшовной связи с мгновенным откликом. Канал между удаленным хранилищем (облаком) и пользовательским устройством будет ограничен скоростью дисков, а не интернета.

Применяя Li-Fi, можно организовать скоростную связь там, где использовать радиосигнал невозможно в силу засоренности эфира или иных причин. При этом сигнал остается в рамках помещения (стены свет не пропускают), что важно в плане информационной безопасности.

Выделим основные преимущества и недостатки данной технологии:

Преимущества	Недостатки
Простота и дешевизна реализации	Обязательная прямая видимость между приемником и передатчиком
Не требуется лицензии на использование	При яркой засветке, например, солнечным светом возможны сбои и ошибки в работе
Отсутствие радиодиапазона в технологии	Большие размеры приемников и передатчиков
Видимый свет не вступает в противоречие с другими электромагнитными частотами, поэтому технологию Li-Fi можно применять, например: на борту самолёта или в медицинских учреждениях	

## Вывод

Как видно из исследований выше, научно-технический прогресс в сфере каналов связи и передачи информации за последние 30 лет претерпел значительные изменения. Раньше казалось невероятным, что такие огромные скорости передачи информации вообще возможны. На 2008 средняя скорость была 370 Кбит/с, когда как на 2018 год – 52,4 Мбит/с – в 145 раз быстрее! Для таких высоких скоростей требуется соответствующее оборудование и каналы связи – из самых известных, это: оптоволокно (до 40 Гбит/с), Wi-Fi (в 6 версии – до 6 Гбит/с), и т. п. Но зададим себе вопрос: «Для чего такие высокие скорости?» Напомним, что пандемия коронавируса еще продолжается. Многие фирмы (и учебные заведения) так и находятся на удаленном формате работы. Для онлайн-совещаний и онлайн-работы требуется стабильное соединение, которое могут поддерживать современные технологии связи и операторы связи. Но это не все границы применения. Тут и потребление медиаконтента (фильмы, сериалы), и онлайн-игры без задержек, и много других активностей. Таким образом, наша гипотеза подтвердилась - XXI век действительно является самым богатым на инновации в сфере связи. Но еще все впереди, а вдруг изобретут передовую систему связи, что вообще не будет как проводных соединений, так и частых расположений базовых станций. Здесь все ограничивается лишь только фантазией и текущей изученностью сферы связи. Вдруг вы сможете изобрести этот новый стандарт передачи информации и перевернуть весь мир своим изобретением? – «Все возможно».

### Список использованных источников:

- 1. 20 перспективных продуктов в области высокоскоростной связи // Хабр - сообщество IT специалистов URL: <https://habr.com/ru> (дата обращения: 10.01.2023).
- 2. Li-Fi // Википедия – свободная энциклопедия URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 10.01.2023).
- 3. История беспроводной связи от Маркони до наших дней // RsLink – оператор связи в Москве URL: <https://rslink.ru> (дата обращения: 10.01.2023).
- 4. Про новое поколение сотовой связи 5G. - "Электромозг" // Дзен URL: <https://dzen.ru> (дата обращения: 10.01.2023).
- 5. Что такое Li-Fi: принципы работы, возможности и перспективы - "Hype.tech" // Дзен URL: <https://dzen.ru> (дата обращения: 10.01.2023).

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПРИМЕНЕНИЯ РЕФЛЕКТОМЕТРА OTDR В СЕТЯХ PON

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: традиционные рефлектометры, «черный ящик», длительность импульса.

В статье рассмотрено применение алгоритма работы для традиционных рефлектометров. При помощи данного алгоритма исследованы две натурные модели сети: короткая линия с четырьмя оптическими муфтами и короткая разветвленная пассивная линия связи на базе двух разветвителей. Изучены рефлектограммы, снятые при помощи данного алгоритма. По рефлектограммам определено количество разъёмных и сварных соединений, для разных топологий волоконно-оптических линий связи.

N.S. Potapov, I.I. Shestakov

## STUDY OF THE ALGORITHM FOR USING THE OTDR REFLECTOMETER IN PON NETWORKS

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: traditional reflectometers, "black box", pulse duration.

The article considers the application of the algorithm for traditional reflectometers. Using this algorithm, two full-scale network models were studied: a short line with four optical couplings and a short branched passive communication line based on two splitters. The reflectograms taken using this algorithm are studied. The number of detachable and welded joints for different topologies of fiber-optic communication lines is determined by reflectograms.

В рассмотренной статье [1] представлен алгоритм применения традиционных рефлектометров на волоконно-оптических линиях связи. Для проверки применимости разработанного алгоритма на практике, принято решение об использовании данного алгоритма на двух натурных моделях волоконно-оптической сети, короткая линия с четырьмя оптическими муфтами (рис. 1) и короткая разветвленная пассивная линия связи на базе двух разветвителей 1×2 (рис. 4).

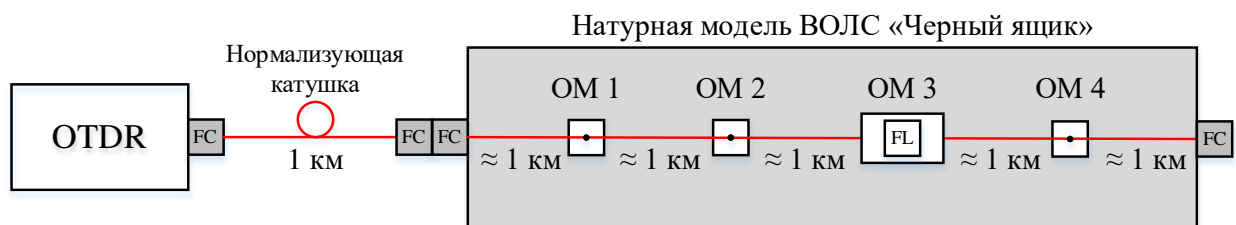


Рис. 1. Короткая линия с четырьмя оптическими муфтами.

Поскольку в линейной схеме присутствует «черный ящик» и паспорт ВОЛС отсутствует, соответственно длина трассы ВОЛС неизвестна, поэтому по разработанному алгоритму в режиме авто определяется длина этой линии, она составляет шесть километров с учетом нормализующей

катушки. Следующим шагом алгоритма является установка длины рассматриваемого участка ВОЛС, согласно измерению длины линии, она составляет примерно шесть километров. Рефлектометр, с помощью которого производится снятие рефлектограмм, не поддерживает длину волны 1625 нм, поэтому рефлектограмма снималась на двух длинах волн 1310 нм и 1550 нм. Устанавливалось время тестирования волоконно-оптического участка 120 сек. Далее принято решение об определении количества неразъемных соединений. Для этого установлена длительность импульса 5 нс. Полученная рефлектограмма представлена на рисунке 2. После чего устанавливается длительность импульса 100 нс и производится повторное снятие рефлектограммы, в результате чего получена рефлектограмма представленная на рисунке 3.

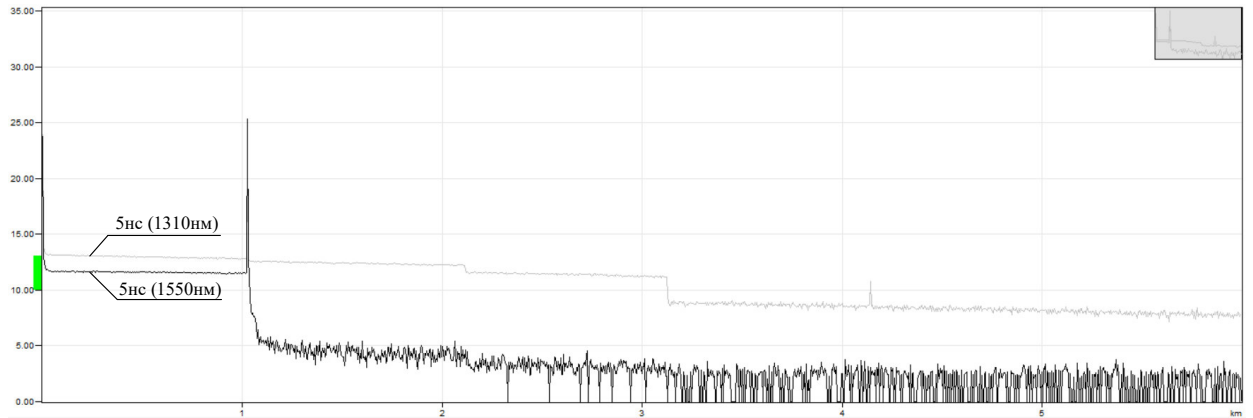


Рис. 2. Рефлектограмма короткой линии с четырьмя оптическими муфтами (длительностью импульса 5нс)

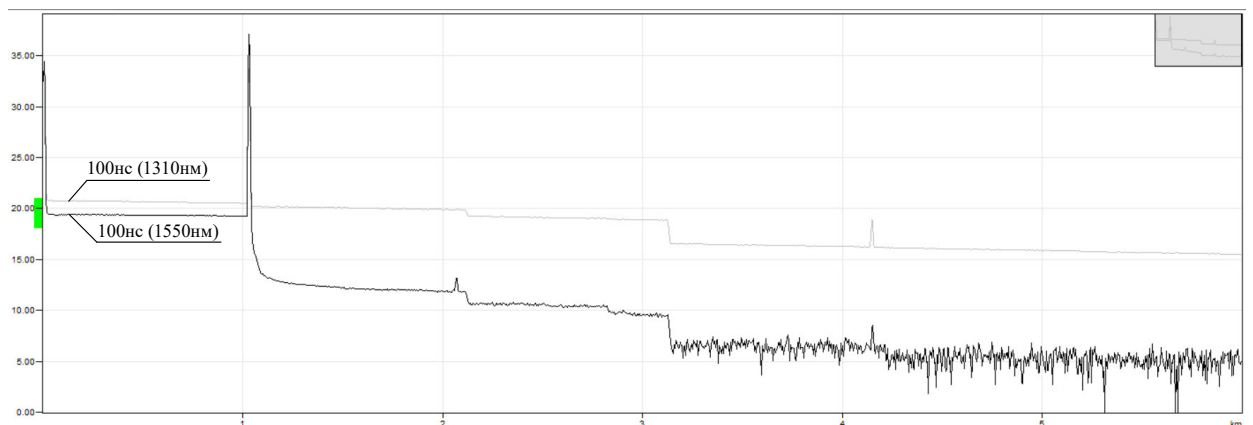


Рис. 3. Рефлектограмма короткой линии с четырьмя оптическими муфтами (длительностью импульса 100нс)

На снятых рефлектограммах явно выделяется нормализующая катушка, она характеризуется пиком, расположенном в одном километре от начала рефлектограммы. После нормализующей катушки на рефлектограмме видны потери, благодаря которым можно определить тип события, в данном случае изображены две сварки разного качества. Немного дальше четырех километров на рефлектограмме находится событие, которое похоже на пик, находящийся в месте соединения нормализующей катушки и участка ВОЛС, но в несколько раз меньше. Этот пик характеризует соединение с помощью универсального соединителя Fiberlock. Исходя из схемы, изображенной на рисунке 1, событий, после соединения нормализующей катушки и натурной модели ВОЛС «черный ящик», должно быть четыре, но на рефлектограммах заметны только три события. Это означает, что сварка, в оптической муфте четыре, близка к идеальной, поэтому на рефлектограмме это событие не отображается.

Согласно анализу, по данному алгоритму нужно было определить количество разъемных и неразъемных соединений, длину линии. Данный алгоритм позволяет получить эту информацию.

Вторая трасса – это разветвленная ВОЛС ее структурная схема представлена на рисунке 4. В данной работе было принято решение, что схема номер два также является «черным ящиком», поэтому в автоматическом режиме определена длина линии в один километр, с учетом нормализующей катушки в рефлектометре была установлена длина линии два километра. Для определения количества разъемных соединений получены две рефлектограммы на длительности импульса 5 нс (рисунок 5) и длительности импульса 100 нс (рисунок 6).

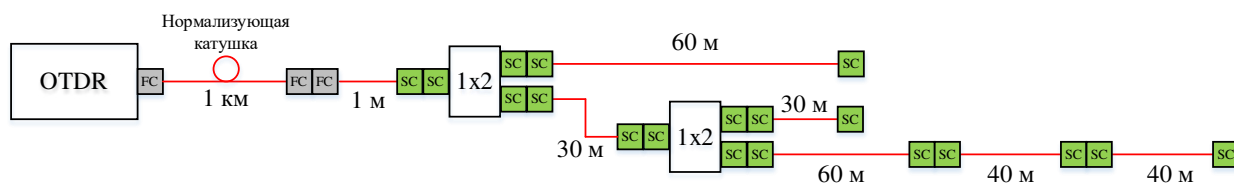


Рис. 4. Короткая разветвленная пассивная линия связи на базе двух разветвителей 1×2

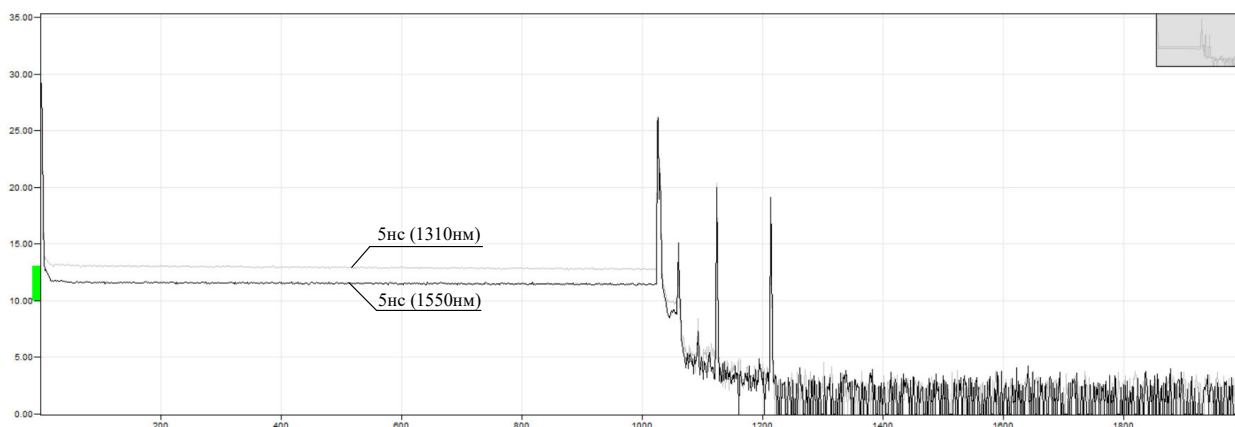


Рис. 5. Короткая разветвленная пассивная линия связи на базе двух разветвителей 1×2 (длительность импульса 5нс)

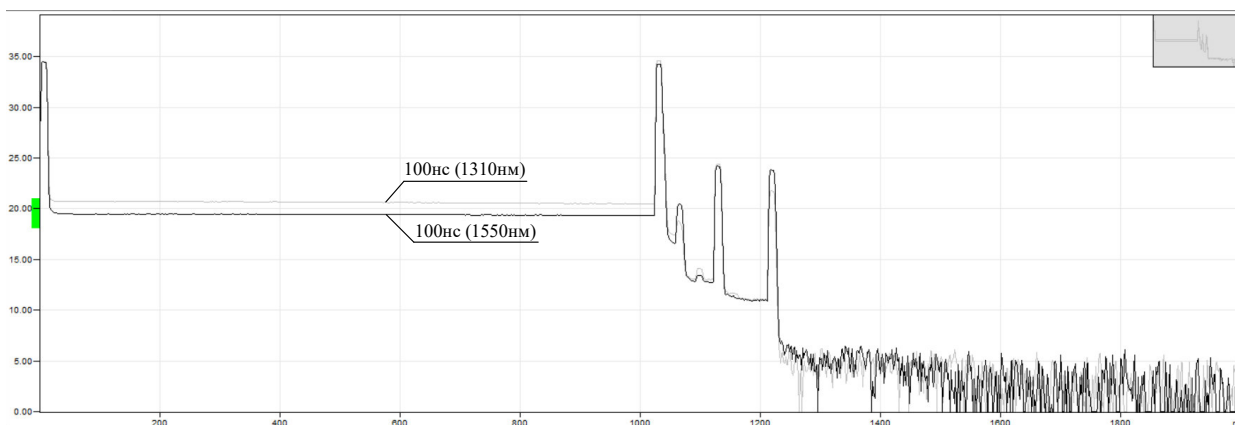


Рис. 6. Короткая разветвленная пассивная линия связи на базе двух разветвителей 1×2 (длительность импульса 100нс)

На снятых рефлектограммах с разветвленной схемой, так же явно выделяется нормализующая катушка. После нормализующей катушки, на рефлектограмме видны пики различного размера, благодаря которым можно определить тип события. Все эти пики есть ничто иное как разъемные соединения. Количество разъемных соединений не соответствует второй схеме исследуемой трассы, для этого требуется произвести более грамотный анализ участка рефлектограммы от одного километра до полутора километров. Для этого требуется в эмуляторе OTDR viewer произвести масштабирование этого участка, где, возможно, будут отображены дополнительные разъемные соединения.

Исходя из проделанной работы выяснилось, что в разработанный алгоритм [1] требуется внести две корректировки. Первая корректировка – в блоке установления длины линии заменить значение 5 км на диапазон [0,1..5] км. Вторая корректировка – в блоке «Анализ». Этот блок необходимо дополнить. Если на анализируемом участке наблюдается большое количество пиков, как например на рисунке 5 и рисунке 6, то этот участок рекомендуется увеличить по оси L, для этого необходимо произвести масштабирование, как показано на рисунке 6.

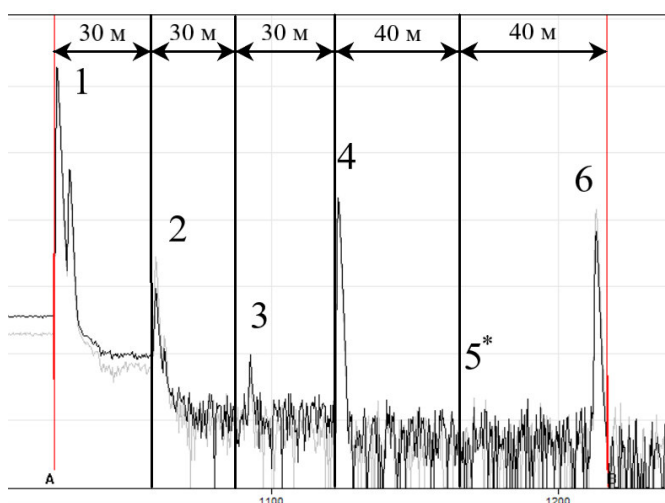
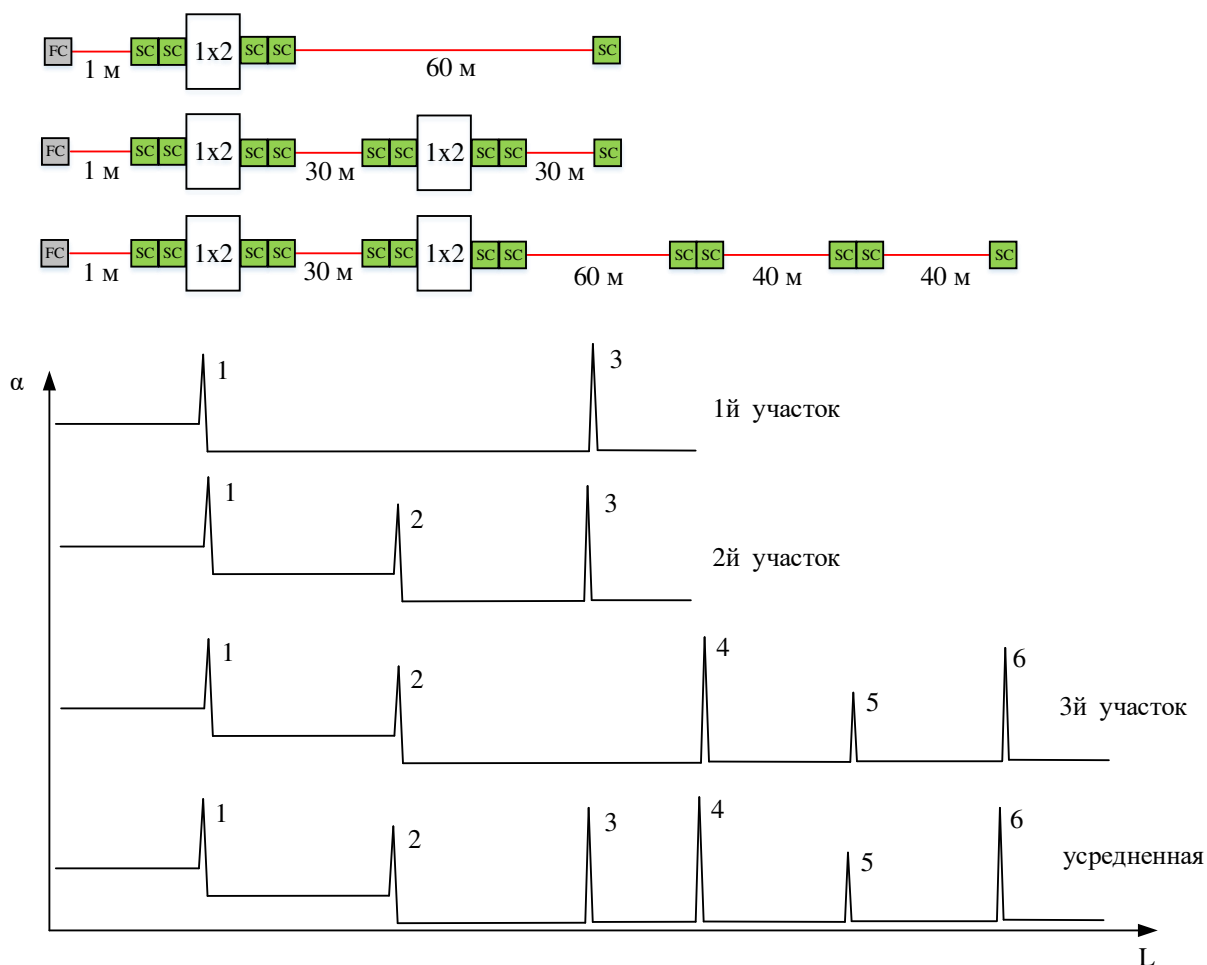


Рис. 7. Масштабированная, короткая разветвленная пассивная линия связи на базе двух разветвителей  $1 \times 2$  (длительность импульса 5нс)

Для наглядного примера разветвленную сеть можно представить как три элементарных линейных участка, как показано на рисунке 8.



## Рис. 8. Изображение элементарных линейных участков

Так же на рисунке 8 представлены три аналитическо-теоретические рефлектограммы для трех элементарных участков, поскольку эти участки относятся к разветвленной ВОЛС, то суммарная усредненная рефлектограмма будет иметь вид, как показано на рисунке 8. Эта усредненная рефлектограмма эквивалентна рефлектограмме представленной на рисунке 7, то есть количество пиков совпадает с количеством пиков, полученных в опытах. Разница заключается только в событии номер 5, обусловлено это тем, что разъемное соединения двух участков по 40 метров является чистым, где отражение меньше, чем -60дБ.

Разработанный алгоритм [1] является рабочим и позволяет определить длину, количество разъемных соединений, сварных соединений в зависимости от топологии ВОЛС. Этот алгоритм можно применить для постановки лабораторных работ по дисциплине «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Н.С. Потапов, И.И. Шестаков. Методика применения традиционных рефлектометров в ВОЛС // Инфокоммуникационные технологии: актуальные вопросы цифровой экономики. Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции. Под редакцией В.П. Шувалова. Сост. М.П. Карачарова. Екатеринбург, 2022. С. 88-91. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48032261> (дата обращения 10.01.2023).

**ВЫБОР ВЕСОВОГО ОКНА АМПЛИТУДНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ЭЛЕМЕНТАХ ЛИНЕЙНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ПО КРИТЕРИЮ ШИРИНА ЛУЧА – УРОВЕНЬ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ**

Южно-Уральский государственный университет ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)",  
Челябинск, Россия

Ключевые слова: фазированная антенная решетка, диаграмма направленности, амплитудное весовое распределение.

На основе фазированной антенной решетки (ФАР) разрабатываются угломерные системы, например, при построении систем посадки летательных аппаратов. В работе проведен выбор наилучшего амплитудного весового окна на элементах линейной ФАР по критерию минимизации максимального уровня боковых лепестков при минимальном угловом расширении главного лепестка диаграммы направленности ФАР.

**R.I. Baimov, A.N. Ragozin**

**SELECTION OF THE WEIGHTING WINDOW OF THE AMPLITUDE DISTRIBUTION ON THE ELEMENTS OF A LINEAR PHASED ARRAY ANTENNA BY THE CRITERION OF BEAM WIDTH – THE LEVEL OF THE SIDE LOBES OF THE RADIATION PATTERN.**

South Ural State University "SUSU (NRU)", Chelyabinsk, Russia

Keywords: phased array antenna, radiation pattern, amplitude weight distribution.

On the basis of a phased array antenna, angle-measuring systems are being developed, for example, in the construction of aircraft landing systems. The paper selects the best amplitude weight window on the elements of a linear phased array by the criterion of minimizing the maximum level of the side lobes with a minimum angular expansion of the main lobe of the directional pattern of the phased array.

**Введение**

В настоящее время актуальной задачей является пеленгация (измерение угловых координат) источников радиоизлучения (ИРИ), реализуемая в радиотехнических системах [1]. При решении задач радиопеленгации широкое применение находят фазированные антенные решетки (ФАР).

Под фазированной антенной решёткой (ФАР) понимается массив антенн (элементов) с фазовращателями, показано на рис. 1. Управление фазой каждого сигнала, подаваемого на элемент ФАР, позволяет управлять направлением передачи или направлением приёма сигнала. ФАР обладает высоким коэффициентом направленного действия за счёт использования большого количества излучающих (принимающих) элементов.



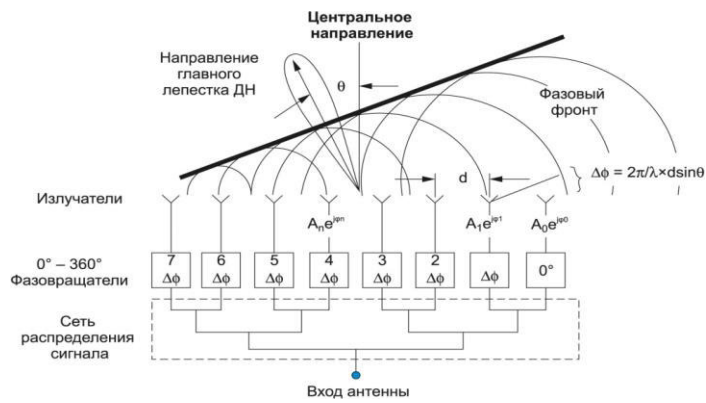


Рис. 1. Функциональная схема линейной ФАР

Нормированную ДН ФАР можно представить в виде выражения (1) :

$$AF[\theta, \Delta\Phi] = \frac{\sin\left(N\left[\frac{\pi d}{\lambda}\sin(\theta) - \frac{\Delta\Phi}{2}\right]\right)}{N \sin\left(\left[\frac{\pi d}{\lambda}\sin(\theta) - \frac{\Delta\Phi}{2}\right]\right)}, \quad (1)$$

где  $\Delta\Phi = d \cdot \sin \theta$ ; если  $d = \frac{\lambda}{2}$ ,  $\Delta\Phi = \pi \cdot \sin \theta$ .

ДН ФАР, рассчитанная для числа элементов, равного 8, 16, 32 представлена на рис. 2.

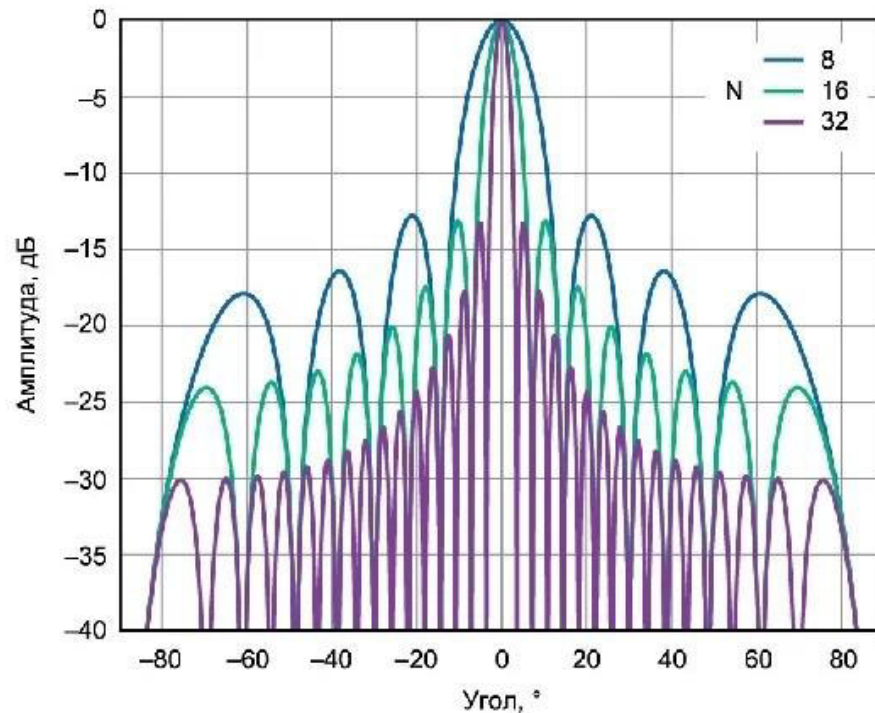
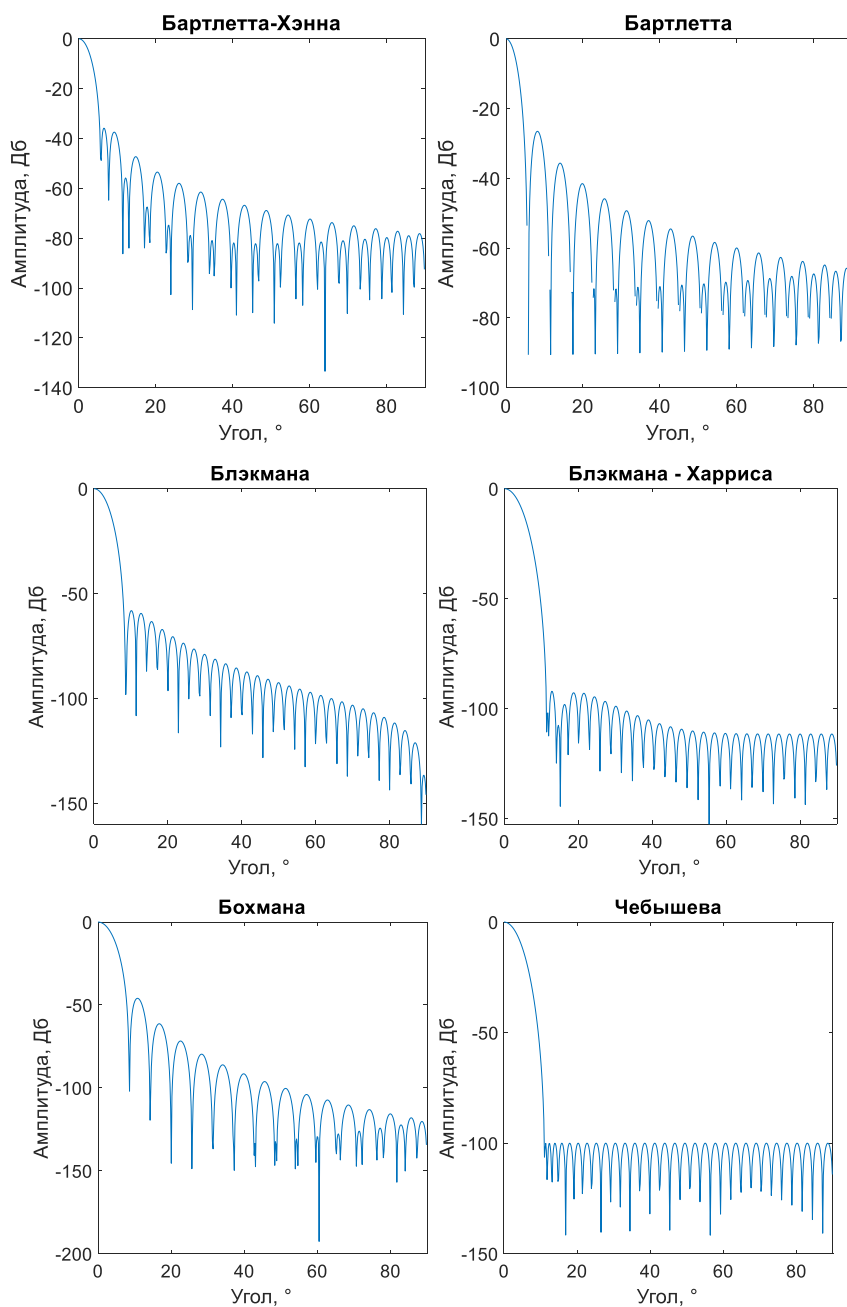


Рис. 2. График функции нормализованного множителя линейной решетки с шагом элементов  $d = \lambda/2$  и количеством элементов 8, 16 и 32 соответственно

Нормированные ДН, отображённые на рис. 1 соответствуют равномерному амплитудному распределению на элементах ФАР.

Проведем выбор наилучшего амплитудного весового окна на элементах линейной ФАР по критерию минимизации максимального уровня боковых лепестков при минимальном угловом расширении главного лепестка диаграммы направленности ФАР. Сравнение производилось по набору типовых амплитудных распределений [2].

На рис. 3 и 4 приведены результаты расчётов нормированных ДН ФАР для используемых в исследовании весовых распределений амплитуд на элементах ФАР.



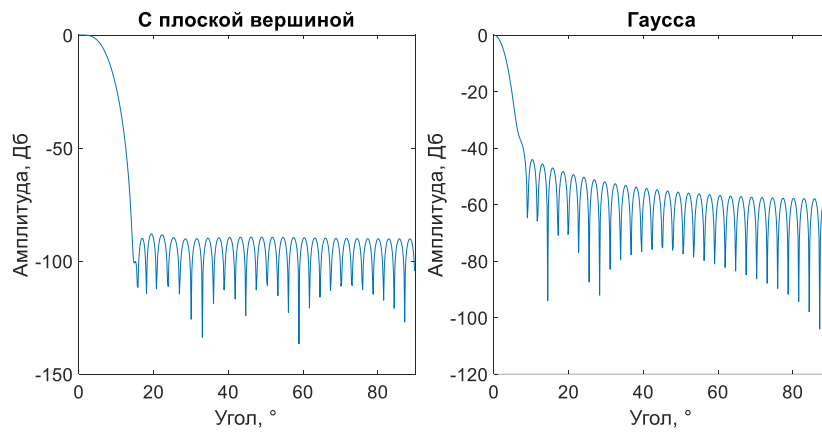
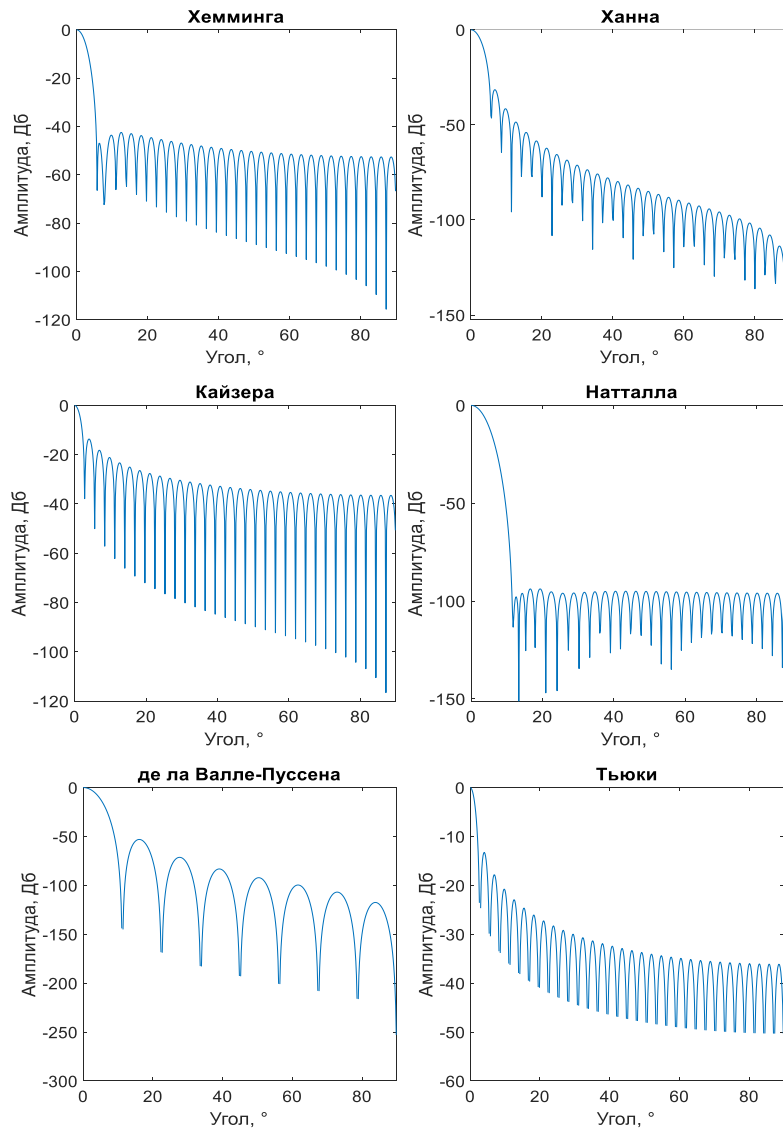


Рис. 3. Спектр оконных функций



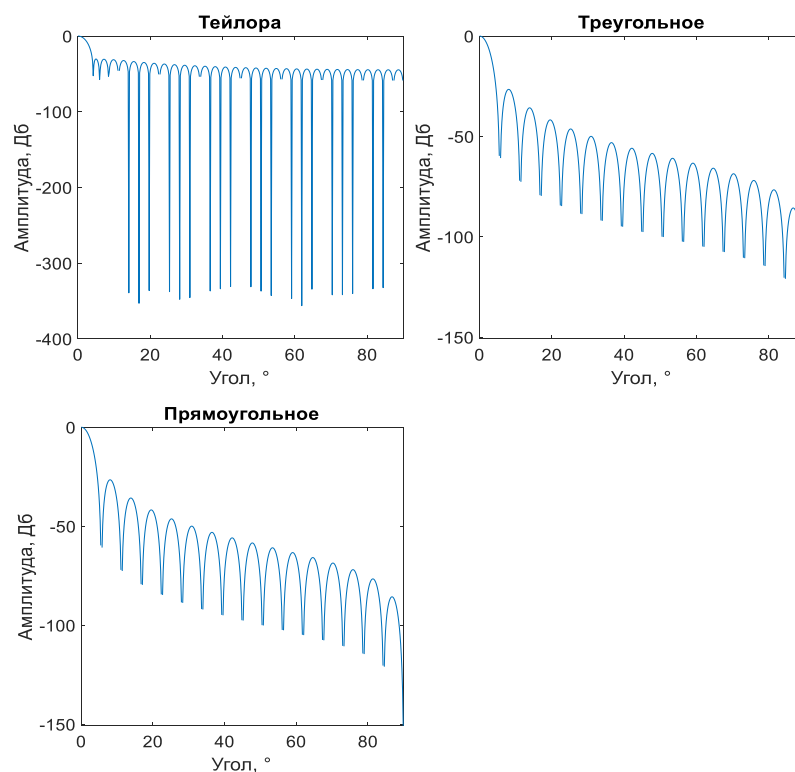


Рис. 4. Спектр оконных функций  
 Результаты сравнительного анализа по рис. 3 и 4 приведены в таблице 1.

Таблица 1 — сравнение весовых окон

Весовое окно	Ширина главного лепестка, град.	Уровень боковых лепестков
Бартлетта-Хэнна	11,4258	-36,4163
Бартлетта	11,0742	-26,5734
Блэкмана	17,4023	-58,5045
Блэкмана - Харриса	23,3789	-92,0845
Бохмана	17,4023	-45,9984
Чебышева	20,1484	-100,0820
С плоской вершиной	31,8164	-82,9383
Гаусса	18,1055	-44,8564
Хемминга	12,1289	-43,7625
Ханна	11,6016	-31,4689
Кайзера	5,6250	-13,6507
Натгалла	26,5430	-88,8041
де ла Валле-Пуссена	22,5000	-53,1592
Тьюки	5,4492	-13,2348
Тейлора	8,4375	-32,2605
Треугольное	11,0742	-28,6907
Прямоугольное	7,7348	-15,5529

По результатам, приведённым в таблице 1 можно сделать вывод, что наилучшими весовыми амплитудными распределениями по критерию: ширина луча – уровень боковых лепестков диаграммы направленности являются распределения Тейлора, Чебышева, Хемминга.

### **Заключение**

В работе проведен выбор наилучшего амплитудного весового окна на элементах линейной ФАР по критерию минимизации максимального уровня боковых лепестков при минимальном угловом расширении главного лепестка диаграммы направленности ФАР. Применение выбранных в ходе исследования амплитудных весовых распределений на элементах ФАР позволит повысить точность и помехозащищённость угломерных радиотехнических систем.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Рагозин, А. Н. Определение угловых координат источника радиоизлучения в системах радионавигации / А. Н. Рагозин // НАУКА ЮУрГУ. СЕКЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК: материалы 74-й научной конференции, Челябинск, 19 апреля 2022 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – С. 343-349.
2. Хэррис Ф. Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье // ТИИЭР. Т. 66. № 1. Январь 1978. С. 60 – 96
3. Проектирование фазированных антенных решеток / Под ред. Д. И. Воскресенского. М.: Радиотехника. 2003.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ АРХИТЕКТУР В СЕТЯХ ETHERNET

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: кольцевая топология, Ethernet, пропускная способность, задержка.

В работе рассмотрены вопросы организации кольцевых топологий в сети Ethernet. Представлены схемы одноволоконных и двухволоконных архитектур кольцевых топологий, рассмотрены их достоинства и недостатки.

K.I. Semchuk, I.I. Salifov, I.I. Shestakov

## INVESTIGATION OF VARIOUS RING ARCHITECTURES IN ETHERNET NETWORKS

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: ring topology, Ethernet, bandwidth, delay.

The paper considers the issues of the organization of ring topologies in the Ethernet network. Schemes of single-fiber and double-fiber architectures of ring topologies are presented, their advantages and disadvantages are considered.

Во всем мире включая Российскую Федерацию с высокой скоростью растет спрос на предоставление высококачественных услуг связи, с каждым годом увеличивается качество цифрового контента, что влечет за собой увеличение нагрузки на сети связи. Широкую популярность также приобретают различные стриминговые сервисы, которые также требуют определенную долю трафика для своей работы. Стоит отметить также развитие такой технологии как IoT (Internet of Things). В последние несколько лет стали популярными нейронные сети, которые способны обрабатывать огромные массивы данных. Большие пропускные способности, малые задержки и высокая надежность в современных сетях связи это те факторы, без которых невозможно нормальное функционирование приведенных выше технологий и разработок.

Согласно национальным проектам [1,2] сети связи должны отвечать следующим требованиям:

- 1) пропускная способность канала связи от 1 Гбит/с до 100 Гбит/с;
- 2) задержка в канале связи до 1-10 мс.

Сети связи, отвечающие таким требованиям, реализуются на базе технологии Ethernet.

Для обеспечения низкой задержки и высокой пропускной способности в сети Ethernet, такие сети строятся на базе оптического волокна, так как оно обладает самой высокой пропускной способностью среди всех существующих сред распространения цифрового сигнала

Безусловными плюсами применения волоконно-оптических линий связи являются низкий коэффициент километрического затухания сигнала, отсутствие влияния электромагнитного излучения на оптические кабели, обеспечение большой пропускной способности и скорости передачи данных, а также относительная защищенность передаваемых данных.

Сети связи на основе технологии Ethernet строятся с применением таких топологий как шина, кольцо, ячейка. Одной из самых распространенных и надежных топологий в сетях Ethernet является оптическое кольцо (рисунок 1). Основное преимущество оптического кольца – отсутствие единой (критической) точки отказа. Надежность оптического кольца определяется

надежностью применяемых SFP модулей, так как они имеют наименьшее время наработки на отказ из всей системы.

Особенность организации оптических колец заключается в применении SFP модулей. Могут применяться как одноволоконные SFP модули, так и двухволоконные SFP. На базе данных SFP модулей возможна реализация порядка шести схем.

Как правило для организации оптического кольца используются двухволоконные SFP модули. Так как сети связи, организуемые на базе одноволоконных SFP, модулей будут иметь большую длину оптической секции в виду того, что данная система будет работать на двух длинах волн и фактором, определяющим длину оптической секции будет километрическое затухание на длине волны 1310 нм. Архитектура оптического кольца представлена на рисунке 2.

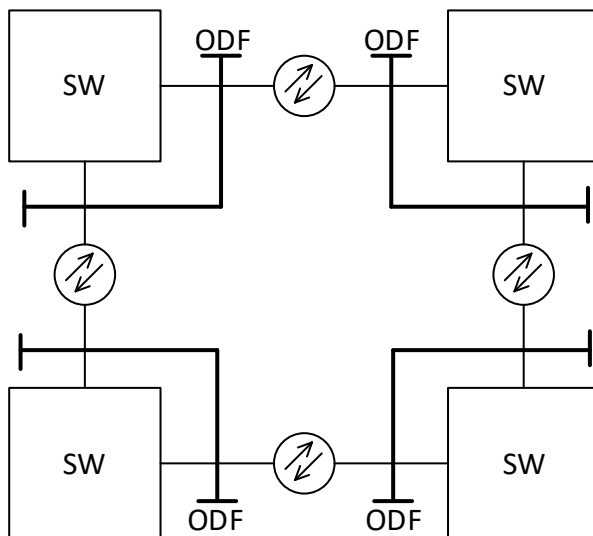


Рисунок 1 – Схема кольцевой топологии

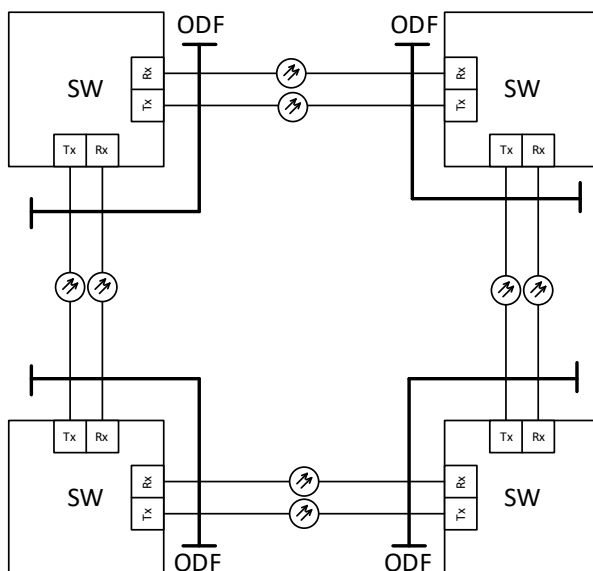


Рисунок 2 – Архитектура оптического кольца на базе двухволоконных SFP модулей

Для реализации данного варианта требуется применять коммутаторы с двумя оптическими SFP портами, где требуется задействовать оптический кросс с двумя дуплексными портами LC типа. На одно направление выделяется по два оптических волокна. Недостатком данной схемы является то, что при выходе из строя SFP модуля кольцевая топология преобразуется в шину.

Для повышения надежности данной схемы, можно ее преобразовать в двойное оптическое кольцо с применением двухволоконных SFP модулей, схема представлена на рисунке 3.

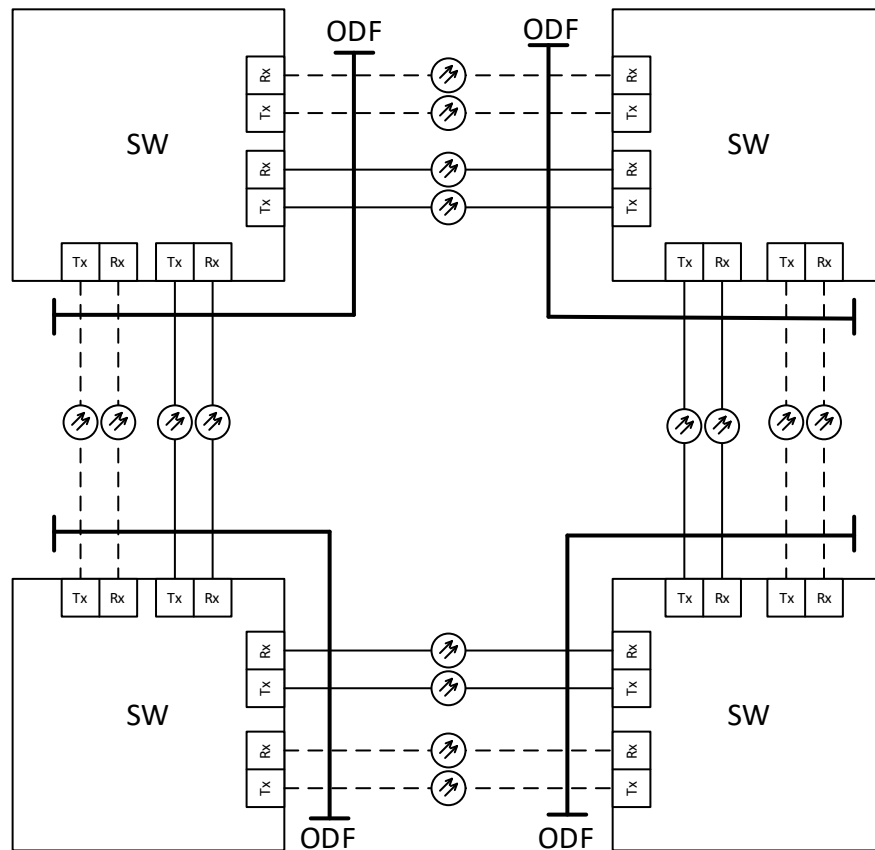


Рисунок 3 – Архитектура двойного оптического кольца на базе двухволоконных SFP модулей

В таком случае требуются коммутаторы с четырьмя оптическими SFP портами, оптический кросс с четырьмя портам LC типа. Достоинством данной схемы будет высокая надежность. В случае отказа основного оптического кольца, будет задействовано резервное. Недостатком данной схемы будет увеличение стоимости сети по сравнению со схемой, представленной на рисунке 2.

При необходимости снижения стоимости сети можно использовать одноволоконные архитектуры, таким образом, в случае аренды оптического волокна затраты будут снижены в два раза. Возможно два варианта построения одноволоконных оптических архитектур, с использованием двухволоконных SFP модулей, рисунок 4 и с использованием одноволоконных SFP модулей, рисунок 5.

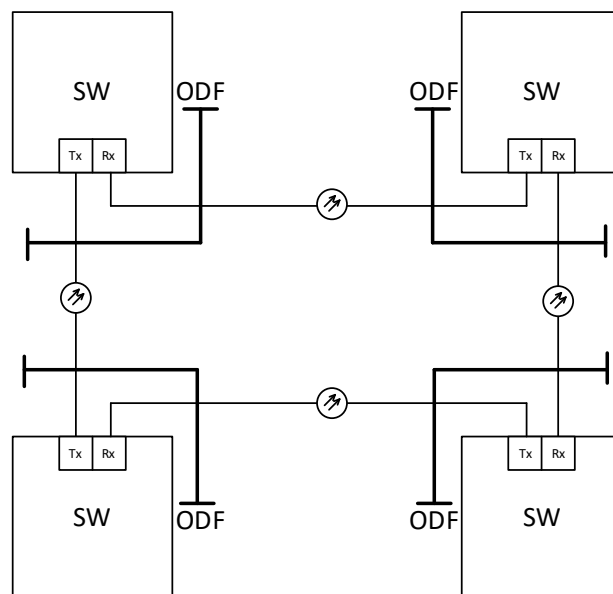




Рисунок 4 – Архитектура оптического кольца с применением двухволоконных SFP модулей и однопортовых коммутаторов

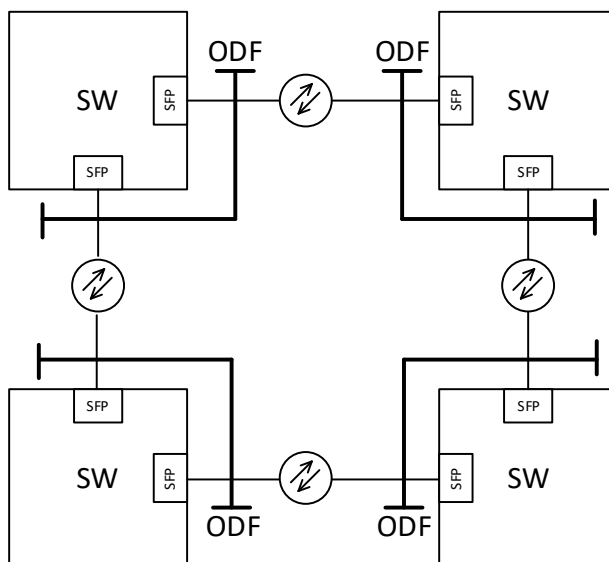


Рисунок 5 – Архитектура оптического кольца с применением одноволоконных SFP модулей и двухпортовых коммутаторов

Преимуществом приведенной выше схемы, рисунок 4, является низкая стоимость, так как в данной схеме используются коммутаторы с одним оптическим портом и оптическим кроссом с одним портом. Недостатком данной схем приведенных на рисунке 4 и рисунке 5 является низкая надежность, по сравнению с двойным оптическим кольцом. В схеме, приведенной на рисунке 5 также есть дополнительный недостаток по сравнению с рисунком 4, это меньшая длина оптической секции из-за использования разных длин волн. Для устранения недостатка низкой надежности необходима организация резервного оптического кольца.

Все варианты рассмотренных оптических колец позволяют организовать высокую пропускную способность, однако возникает вопрос о времени задержки сигнала, передаваемого в оптическом кольце. Для исследования времени задержки в представленных вариантах оптических колец в сети Ethernet требуется натурное моделирование.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Указ Президента Российской Федерации от 02.03.2022 № 83 "О мерах по обеспечению ускоренного развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации". Официальные сетевые ресурсы Президента России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kremlin.ru/>
2. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/>.

## РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ОБРАБОТКОЙ РЕАЛЬНОГО ТРАФИКА БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: коммутатор, система связи, виртуальная сеть, беспроводная сеть, кадр, MAC-адрес

В статье представлен анализ возможности сопряжения виртуальной и беспроводной сетей передачи данных. Разработан протокол сопряжения этих сетей. Разработан алгоритм обмена кадрами в разработанной системе.

E.S. Tarasov, N.V. Budyldina, D.A. Fastov, A.S. Nikitin

## DEVELOPMENT OF A VIRTUAL COMMUNICATION SYSTEM WITH PROCESSING OF REAL WIRELESS NETWORK TRAFFIC

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: switchboard, communication system, virtual network, wireless network, frame, MAC address

The article presents an analysis of the possibility of pairing virtual and wireless data transmission networks. A protocol for interfacing these networks has been developed. An algorithm for the exchange of frames in the developed system has been developed.

### **Введение**

Современная политическая обстановка в мире вынуждает правительство Российской Федерации решать задачи по импортозамещению практически во всех областях деятельности государства. Одной из стратегически важных областей является связь. Именно связь обеспечивает обмен информацией между людьми, в том числе стратегически важной для государства. Современные сети связи в Российской Федерации построены в большей мере на иностранном оборудовании. По этой причине стоит важная задача - заменить импортное оборудование сетей связи на отечественное.

Одними из самых популярных, на сегодняшний день, являются сети передачи данных, которые строятся на таких устройствах, как коммутаторы, маршрутизаторы, беспроводные точки доступа и так далее. На данный момент существуют отечественные компании по поставке указанного коммутационного оборудования, например: Eltex, Qtech, Nateks или Код безопасности. Все эти компании производят аппаратную продукцию, которая строится на микропроцессорах, микросхемах-контроллерах и платах. Так как сейчас производство данных комплектующих затруднено в Российской Федерации, то их приходится закупать у дружественных стран, что повышает их стоимость. Налаживание производства в требуемых количествах данных комплектующих в Российской Федерации потребует некоторого времени. Но даже после того, как производство будет налажено, цена этой продукции останется достаточно высокой, несмотря на то что она может быть и ниже зарубежных аналогов.

Использование оборудования, которое, на сегодняшний день, предлагают отечественные производители требует высоких затрат не только на стадии организации сетей передачи данных, но и при дальнейшем обслуживании системы. При монтаже сети, как правило, требуется использование большого количества кабеля, который является самой затратной частью всей

системы. При дальнейшем обслуживании сетей может потребоваться дополнительная закупка кабеля, а также сетевого оборудования. Особенно это необходимо при расширении сетей, что требует не малых дополнительных финансовых затрат. Также, в процессе эксплуатации сетей, оборудование может выходить из строя. Это требует либо дорогостоящего ремонта, либо полную замену оборудования.

Из вышеизложенного видно, что организация и обслуживание современных сетей передачи данных является довольно дорогостоящим процессом. Для этого в УрТИСИ СибГУТИ ведутся исследования по возможности снижения затрат на организацию и обслуживания небольших корпоративных сетей передачи данных, путем максимального исключения из сети аппаратной части, а также кабелей. В статье рассматривается один из вариантов использования виртуальных сетей передачи данных с возможностью обработки реального трафика. Цель исследований – разработка виртуальной системы связи с обработкой реального трафика, а также разработка протокола сопряжения корпоративной беспроводной сети передачи данных с разработанной виртуальной системой.

## **1 Технологии виртуализации**

На сегодняшний день существует множество примеров использования виртуализации. В самом понимании виртуализация — это технология, позволяющая создавать полезные ИТ-услуги с использованием ресурсов, которые традиционно привязаны к оборудованию. Она позволяет использовать полную мощность физической машины, распределяя ее возможности между многими пользователями или средами [1].

Часто изучение того, как работают сети передачи данных происходит при помощи виртуальных сетей, где виртуальная сеть представляет собой процесс объединения разнообразных аппаратных и программных сетевых ресурсов и сетевых функций в единый комплекс на основе программного обеспечения [3].

Виртуализацию, независимо от того, проводная или беспроводная сеть, можно рассматривать как процесс, разделяющий всю сетевую систему. Однако беспроводная среда имеет такие особенности, как изменяющиеся во времени каналы, затухание, мобильность, ширококвещательная передача, что усложняют всю ее работу. Кроме того, виртуализация беспроводной сети зависит от конкретных технологий доступа, а беспроводная сеть содержит гораздо больше технологий доступа по сравнению с виртуализацией проводной сети, и каждая технология доступа имеет свои особые характеристики, что затрудняет совместное использование с другими сетями и элементами сетей [4].

Виртуальная сеть основана на физических принципах компьютерной сети, но ее функции в основном управляются программным обеспечением. В виртуальной сетевой среде каждой виртуальной машине назначается программная виртуальная плата Ethernet с отдельным управлением доступом к среде (MAC) и IP-адресами. Виртуальные машины обмениваются данными, обращаясь к указанному IP-адресу каждой виртуальной машины назначения [2].

Кроме того, если рассматривать виртуализацию в сетевой инфраструктуре, то существуют различные симуляторы для изучения настроек сетевых услуг на коммутаторах или маршрутизаторах или любом другом оборудовании. Примерами могут быть Cisco Packet Tracer или EVE-NG. Однако такие симуляторы только эмулируют работу реального оборудования и сети. Обработкой же реального трафика по-прежнему занимается аппаратное оборудование и кабельные сети.

## **2 Структурная схема сети связи**

Для существенного снижения затрат на организацию и обслуживания корпоративных сетей передачи данных, необходимо использовать беспроводную сеть. Тем самым устраняется необходимость использования кабеля. На сегодняшний день, наиболее популярным беспроводным стандартом в локальных сетях передачи данных является IEEE802.11n. Поэтому, в дальнейших исследованиях будет использоваться именно этот стандарт.

Для того, что бы уменьшить затраты на использование в сети аппаратных устройств, межсетевые устройства, такие как коммутаторы, маршрутизаторы и межсетевые экраны, можно сделать программными, и установить на сервере. В данной статье рассматривается

использование только коммутаторов. Коммутаторов, так же как и других межсетевых устройств, может быть несколько, поэтому они объединяются в виртуальную сеть.

На рисунке 1 показана структурная схема исследуемой системы связи.

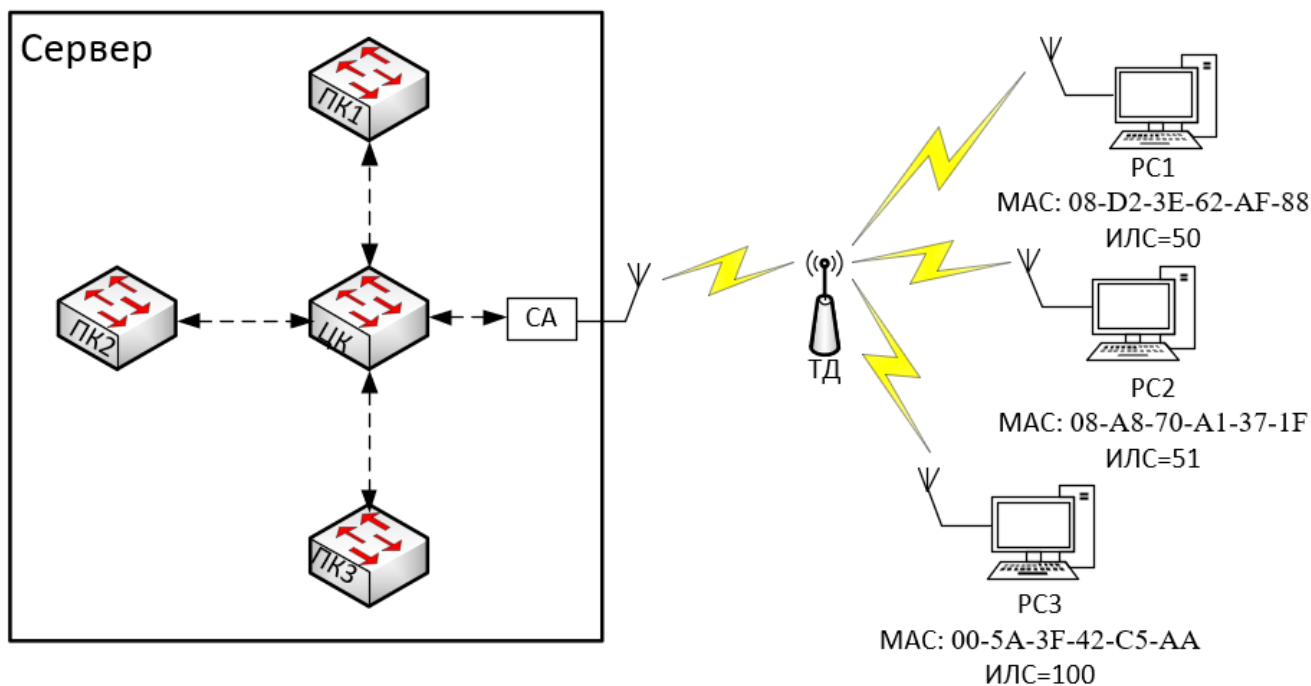


Рисунок 1 – Структурная схема системы связи

Во все рабочие станции (PC) устанавливаются беспроводные сетевые адаптеры стандарта IEEE802.11n. Так же сетевой адаптер (СА) устанавливается на сервере. Связь между сервером и оконечным оборудованием осуществляется через беспроводную точку доступа (ТД). Если сеть не большая, и состоит из нескольких компьютеров, то связь между компьютерами и сервером может осуществляться без точки доступа.

Сервер необходим для организации виртуальной сети, которая будет обрабатывать трафик, поступающий из беспроводной сети. Виртуальная сеть может состоять из одного программного коммутатора (ПК), если количество рабочих станций в реальной сети не большое, или из нескольких, если количество рабочих станций большое.

Программный коммутатор – это программа, которая выполняет все функции аппаратного коммутатора. Использование нескольких программных коммутаторов обусловлено тем, что при большом количестве рабочих станций, может создаваться большой трафик, время обработки которого может существенно увеличиться при использовании только одного ПК.

Если в виртуальной сети используется несколько ПК, то для того, что бы обеспечить единую точку входа в виртуальную сеть от беспроводного сетевого адаптера, установленного на сервере, необходимо сделать отдельный центральный коммутатор (ЦК). Его основной задачей является коммутация трафика между программными коммутаторами, а также между ПК и сетевым адаптером сервера.

### 3 Протокол взаимодействия беспроводной и виртуальной сети

Если сеть передачи данных строится на основе кабеля и аппаратного коммутатора, то каждая рабочая станция подключается к коммутатору через физический порт с помощью отдельного куска кабеля. В исследуемой системе рабочие станции имеют одну точку доступа к виртуальной сети. Для реализации некоторых функций коммутатора, таких как, организация VLAN, работы протокола STP, приоритетная передача кадров и других, требуется подключение рабочих станций к определенным портам. Поэтому, для решения данной проблемы, на всех коммутаторах виртуальной сети, предполагается создать логические порты, к которым логически подключаются рабочие станции.

Информация о логическом подключении рабочей станции к программному коммутатору будет передаваться в кадре Ethernet [5]. Что бы не вводить дополнительное поле в формат кадра Ethernet, воспользуемся полем «Тег», которое используется в стандарте IEEE802.1Q, для организации VLAN. Формат кадра показан на рисунке 2.

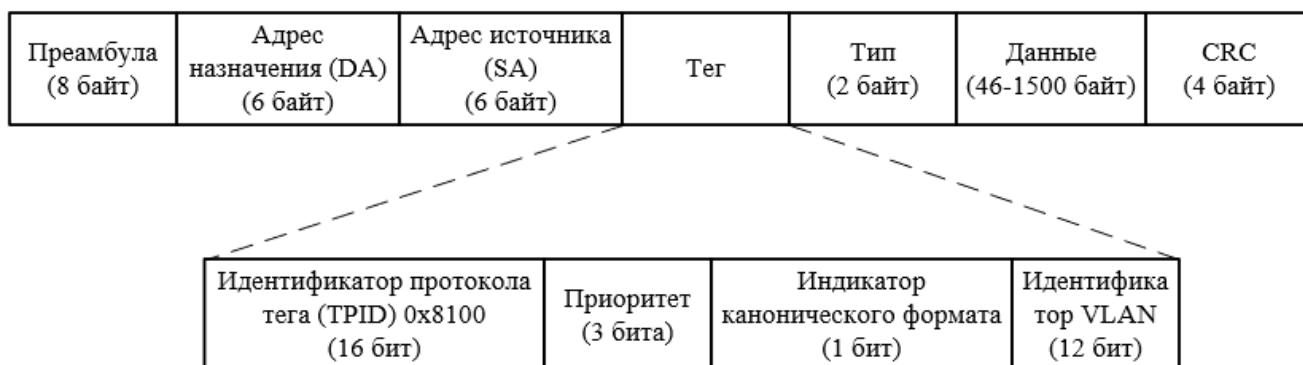


Рисунок 2 – Формат кадра стандарта IEEE802.1Q

Так как программный коммутатор должен выполнять все те же задачи, что и аппаратный, то поля «Приоритет», и «Идентификатор VLAN» останутся без изменений [6].

На сегодняшний день поле TPID принимает 4 значения. Поэтому, для идентификации протокола, с учетом возможного дальнейшего развития, достаточно использовать 4 бита. Так как в современных сетях локальных вычислительных сетях используется только протокол Ethernet, то поле «Индикатор канонического формата» можно исключить. Таким образом, остается 13 бит, которые можно использовать для передачи информации о логическом подключении рабочей станции к программному коммутатору. Данное поле назовем «Идентификатор логической связи». Тогда формат кадра с полем «Тег» будет иметь вид, показанный на рисунке 3.



Рисунок 3 – Формат кадра с измененным полем «Тег»

Таким образом, разработан протокол сопряжения беспроводной и виртуальной сетей (Wireless and virtual network interface protocol – WVNIP).

#### 4 Алгоритм работы протокола WVNIP

Для понимания принципа работы протокола WVNIP необходимо условиться, что все программные коммутаторы будут иметь 48 логических портов. То есть с каждым программным коммутатором можно будет установить до 48 логических связей.

Для работы протокола WVNIP необходимо на рабочих станциях настроить «Идентификатор логической связи» (ИЛС). Этот код представляет собой число, которое определяет, с каким программным коммутатором и каким логическим портом этого коммутатора связана рабочая станция. Для рабочих станций выделяются ИЛС, начиная от 49. Первые 48 ИЛС настраиваются для логических связей между программными и центральными коммутаторами, а также между центральным коммутатором и беспроводными сетевыми адаптерами.

Для коммутации трафика между программными коммутаторами, на центральном коммутаторе создается статическая таблица коммутации (таблица 1).

Таблица 1 – Статическая таблица коммутации центрального коммутатора

Идентификатор логической связи	Направление пересылки
0	СА
1	ПК1
2	ПК2
...	...
48	ПК48
49-95	ПК1
96-143	ПК2
...	...
2256-2303	ПК47

Когда рабочая станция, с настроенным ИЛС, подключается к беспроводной сети передачи, она передает на сервер служебный кадр для регистрации в виртуальной сети. В этом кадре указывается ИЛС, настроенный на компьютере и MAC-адрес этого компьютера. Этот кадр, через беспроводной сетевой адаптер сервера, поступает на центральный коммутатор. Пользуясь своей таблицей коммутации (таблица 1) и ИЛС, указанным в кадре, центральный коммутатор определяет, на какой программный коммутатор необходимо передать кадр. После этого кадр передается на соответствующий ПК. Выбранный программный коммутатор, получив служебный кадр, проверяет, есть ли в его таблице коммутации такой ИЛС. Если есть, то соответствующей рабочей станции передается отказ в доступе. Если полученный ИЛС в таблице коммутации отсутствует, то коммутатор регистрирует у себя рабочую станцию. Для этого, программный коммутатор вычисляет номер логического порта по формуле (1):

$$N_p = N_{\text{ТЕГА}} - N_{\text{SW}} * 48, \quad (1)$$

где  $N_{\text{ТЕГА}}$  – номер тега, заданного на клиенте:

$N_{\text{SW}}$  – номер программного коммутатора.

После этого, программный коммутатор заносит полученную информацию в свою таблицу адресов.

Допустим, рабочие станции имеют MAC-адреса и ИЛС, показанные на рисунке 1. На основании описанного алгоритма регистрации рабочих станций получим: РС1 будет иметь логическую связь с ПК1 через порт 2, РС2 – с ПК1 через порт 3, РС3 – с ПК2 через порт 4. После регистрации рабочей станции, программный коммутатор передает информацию регистрации на остальные программные коммутаторы. Таким образом, на ПК1 сформируется таблица коммутации (таблица 2).

Таблица 2 – Таблица коммутации ПК1

MAC-адрес	Порт	Идентификатор логической связи
08-D2-3E-62-AF-88	2	0
08-A8-70-A1-37-1F	3	0
00-5A-3F-42-C5-AA	0	2

В столбце «MAC-адрес» указывается физический адрес рабочей станции, которая зарегистрирована в виртуальной сети. В колонке «Порт» указывается номер порта, с которым рабочая станция, с указанным MAC-адресом, имеет логическую связь. Если в этой колонке стоит значение «0», значит, соответствующая рабочая станция зарегистрирована на другом программном коммутаторе. В колонке «Идентификатор логической связи» указывается, через какую логическую связь доступна целевая рабочая станция.

Допустим, РС1 передает информационный кадр для РС2. Кадр, через беспроводную сеть, поступает на центральный коммутатор. По полю ИСЛ принятого кадра, используя таблицу коммутации, центральный коммутатор пересылает кадр на ПК1. Программный коммутатор анализирует свою таблицу коммутации. Так как РС2 зарегистрирована на этом же коммутаторе, то в поле ИСЛ кадра записывается значение «0». После чего, кадр отправляется на центральный коммутатор. Он, в свою очередь, по полю ИСЛ в кадре определяет, что кадр необходимо передать на беспроводной сетевой адаптер. После чего, кадр через беспроводную сеть, на основе MAC-адреса получателя поступает на РС2.

Если информационный кадр передается от РС1 к РС3, то когда он поступит на ПК1, полю ИСЛ в кадре будет присвоено значение «2». По этому значению, центральный коммутатор определит, что кадр должен быть передан на ПК2. Этот коммутатор, по своей таблице коммутации определит, что РС3 зарегистрирована на нем. Значит, значение поля ИСЛ будет изменено на «0». Тогда центральный коммутатор перешлет кадр на беспроводной сетевой адаптер. Оттуда он будет передан на РС3.

### **Заключение**

Для уменьшения затрат на организацию и эксплуатацию сетей передачи данных, была разработана виртуальная система связи. Данная система сопряжена с беспроводной сетью передачи данных. Таким образом, данная система позволяет исключить использование кабеля, который составляет большую часть стоимости сети связи, а также упрощает организацию и реорганизацию сети. Также разработанная система исключает использование аппаратных коммутаторов, что также снижает стоимость сети. Для сопряжения беспроводной и виртуальной сети был разработан протокол WVNIIP, который показал свою работоспособность. Таким образом, существует возможность исключить значительную часть аппаратного обеспечения сетей передачи данных, а значит существенно сократить расходы на их организацию и эксплуатацию.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Основы виртуальных сетей. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/fundamentals-of-virtual-networking/> (Дата обращения: 18.01.2023).
2. Виртуальные сети. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.techopedia.com/definition/15968/virtual-networking> (Дата обращения: 18.01.2023).
3. Использование виртуальных сетей. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/virtual-networking> (Дата обращения: 18.01.2023).
4. Использование виртуальных сетей. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Network\\_virtualization](https://en.wikipedia.org/wiki/Network_virtualization) (Дата обращения: 18.01.2023).
5. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : Учеб. для студентов, аспирантов и техн. специалистов, работающих в обл. сетевых технологий / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. - СПб. и др. : Питер, 1999. - 668 с.
6. Управление коммутируемой средой / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Р. А. Федотов. – М.: РУСАКИ, 2011. – 335 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ 5G**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

**Ключевые слова:** машинное обучение, управление радиоресурсами, обучение с подкреплением, сети мобильной связи, 5G.

**Аннотация:** в статье проводится анализ применения алгоритмов машинного обучения для управления ресурсами в мобильных сетях 5G на основе обзора отечественных и зарубежных научных публикаций. Проведенный обзор публикаций и проблем показывает, насколько могут быть эффективными сценарии внедрения алгоритмов машинного обучения для распределения ресурсов в беспроводных сетях.

**K.I. Bragin, S.A. Tychinkin**

## **APPLICATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR RESOURCE MANAGEMENT IN 5G MOBILE NETWORKS**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTICI SibSUTIS), Russia

**Keywords:** Machine learning, radio resource scheduling, radio resource management, mobile communications, reinforcement learning, 5G.

**Annotation:** The article describes an analysis of the machine learning application for radio resource management in 5G mobile communications, based on a review of domestic and foreign scientific publications. The review of publications and problems shows how effective scenarios of machine learning implementation for resource allocation in wireless networks can be.

В предыдущей работе авторами затрагивалась проблема распределения ресурсов в мобильных радиосетях, где был представлен анализ уже существующих и работающих методик на основе литературного обзора научных публикаций [1]. Одним из таких ресурсов является радиочастотный спектр, для оптимизации использования которого исследователями и инженерами международного союза электросвязи (МСЭ) ведется работа над технологиями когнитивного радио (англ. Cognitive Radio System, CRS). Когнитивное радио - система, способная получать знания об окружающем пространстве и внутреннем состоянии, которая динамично и автономно подстраивает свои эксплуатационные параметры в соответствии с полученными знаниями, для достижения оптимального использования ресурсов. В рамках данной концепции поднимаются вопросы использования программно-конфигурируемого радио, динамического доступа к спектру и стандарта IEEE 802.22 – сетей WRAN (англ. Wireless Regional Area Networks). Принципы, проблемы и вопросы управления использованием спектра, связанные с динамическим доступом к частотным диапазонам посредством радиосистем, использующих когнитивные технологии, рассматриваются в отчете МСЭ-P SM.2405-0 [2].

Интерес представляет роль алгоритмов машинного обучения в управлении радиоресурсами. В предыдущей работе авторов данной статьи они фактически не рассматривались, но было отмечено, что перспективы их использования безграничны. Целью исследования является дополнение результатов предыдущего анализа источников, но уже с упором на тематику использования машинного обучения.

Количество зарубежных источников с исследованиями практической направленности по данной тематике превосходят русскоязычные. Из последних отечественных работ можно обнаружить обзорную статью Ш.И. Исобоева [3], в которой описываются возможные сферы



использования искусственного интеллекта в беспроводной связи. Однако возникает необходимость изучить алгоритмы (ИИ) более подробно, особенно те, работа которых уже изучена и протестирована, выделены преимущества и недостатки.

Развитие систем искусственного интеллекта становится задачей государственной важности, в 2019 году была утверждена дорожная карта «Нейротехнологии и искусственный интеллект» [4]. В ноябре 2022, Президент РФ поручил в кратчайшие сроки обеспечить массовое внедрение технологий ИИ в производство и сферы жизни общества. Минэкономразвития РФ представило скорректированную дорожную карту на период до 2030 года, документ впоследствии был утвержден Правительством и крупными представителям бизнеса [5]. Реализация мероприятий данной карты предполагает получение значимых результатов мирового уровня в высокотехнологичной области развития технологий, а также получение продуктов и услуг с использованием ИИ.

Вместе с тем, была подписана обновленная дорожная карта развития сетей мобильной связи, однако успехи ее реализации под вопросом, в связи с необходимостью отечественных разработок базовых станций стандарта 4G. Запуск 5G сетей в России намечен на 2024 год.

Мобильные сети 5G получают все большее распространение на мировом рынке инфокоммуникаций. Ключевыми факторами таких сетей, по сравнению с мобильными сетями старых поколений, являются: огромная плотность подключенных устройств, более высокая пропускная способность и сокращение времени задержки. Еще в сентябре 2015 года сектор радиосвязи Международного союза электросвязи (ITU-R) опубликовал требования к сотовым сетям пятого поколения, согласно которым, сети 5G должны обеспечивать оптимальное обслуживание различных типов трафика, несмотря на отдельные требования к качеству [6]. А так как уже существующие типы трафика в мобильных сетях старого поколения предъявляют различные требования к качеству обслуживания пользовательских устройств, то мобильные сети нового поколения несут за собой еще большие требования.

Выполнения требований к качеству обслуживания различных типов трафика можно достигнуть с помощью алгоритмов эффективного планирования ресурсов в сети, особенность которых заключается в возможности организации изолированных сегментов радиоресурсов под необходимые требования операторов и пользователей мобильных сетей. Планирование радиоресурсов направлено на распределение пакетов данных пользователей в частотной области в каждом предопределенном интервале времени передачи данных, временных окнах, используемых для инициирования пользовательских запросов и соответствующего ответа на них. В каждом интервале времени передачи данных процедура планирования выполняется на основе правила, которое нацелено на то, чтобы сосредоточится только на конкретном параметре, таком как задержка, потеря пакетов или требования к пропускной способности.

При быстрых темпах роста сетевого трафика, большого количества подключенных устройств и требовательных приложений - традиционная сеть сталкивается с рядом проблем. Так, помимо улучшения текущей сетевой архитектуры и технических характеристик оборудования, эффективное управление ресурсами означает тенденцию развития 5G. Управление радиоресурсами (англ. Radio Resource Management, RRM) является важным сценарием при передаче данных в мобильных сетях, целью которого является обеспечение эффективного распределения доступной пропускной способности системы для максимального обеспечения качества при внедрении передовых технологий.

Основной задачей эффективного планирования радиоресурсов является увеличение пропускной способности системы или скорости передачи данных всех активных пользователей при удовлетворении требований используемых приложений. Так, пользователи, которые находятся вблизи базовых станций, зачастую имеют лучшее качество сигнала, и, следовательно, пользуются более высокой скоростью передачи данных, так как доступный спектр предоставляется именно им, когда другие пользователи, находящиеся вдали от любой доступной базовой станции, испытывают недостаток в получении данных в течении более длительного времени. Вместе с этими аспектами услуги должны предоставляться конечным пользователям в соответствии с определенными требованиями качества сервиса (англ. Quality of Service, QoS), задержкой пакетов и коэффициентом потери пакетов. В свою очередь, требования QoS

становятся все более строгими по мере развития стандартов мобильной связи, приложений и системных архитектур [7].

Есть необходимость в применении алгоритмов, которые будут способны выстраивать и использовать стратегии распределения ресурсов в зависимости от вида и количества трафика в данный момент времени. Такую задачу способны решить алгоритмы обучения с подкреплением (англ. Reinforcement Learning, RL). Обучение с подкреплением – это область машинного обучения, ориентированная на определение действий, которые необходимо выполнить, чтобы максимизировать результат. Такие алгоритмы основаны на выстраивании действий в той или иной ситуации, направленных на получение награды. В RL есть специальный агент, представляющий аппаратное или программное обеспечение, который должен научиться выполнять определенное действие. Агент взаимодействует с условной «средой», которая может быть реальным процессом принятия решений или симуляцией. Агент наблюдает за окружающей средой и принимает решение, проверяя, какой эффект будет получен. Предположим, что результат этого решения выгоден. В этом случае агент автоматически учится повторять это решение в будущем для данной ситуации, а если эффект вреден, он будет избегать повторного принятия того же решения.

Общий подход к обучению с подкреплением для проблемы распределения радиоресурсов заключается в том, чтобы изучить функцию «действия-значения». Математической формулировкой задачи управления будет являться марковский процесс принятия решений. Иными словами, такая задача относится к многокритериальной оптимизации. Идея состоит в том, чтобы найти в каждом мгновенном состоянии планировщика ресурсов наиболее эффективное правило (политику, стратегию), которое максимизирует использование общей пропускной способности, сохраняя при этом уровень QoS как можно дольше [7].

В работе [8] рассматривается сценарий машинного обучения с подкреплением, суть которого заключается в том, что перед обучающейся системой ставится конечная цель, и в зависимости от результатов, данная система корректирует свое поведение, чтобы добиться максимальной производительности. Обучение с подкреплением отлично подходит для динамических сред, где существует необходимость прогнозирования и адаптации к переменной среде на основе полученных данных. Так, система осуществляет мониторинг среды и принимает различные меры по достижению необходимого результата. Подход обучения с подкреплением больше ориентирован на целенаправленное обучение посредством взаимодействия, то есть в таких алгоритмах обучающейся системе не сообщают, какие действия нужно предпринимать, вместо этого алгоритм должен узнать сам, какие действия будут приносить наибольшую результативность.

Одним из сценариев использования машинного обучения в сетях также является оптимизация мобильного трафика. В работе Д.Д. Алексеевой и др. приводятся примеры алгоритмов для прогнозирования трафика на основе проанализированной литературы [9]. К таким относится динамическая модель среза трафика, построенная на основе алгоритма ML-TADS, равномерно распределяющего трафик между базовыми станциями, для исключения перегрузок. Упоминаются алгоритмы глубокого обучения DCRNN, CNN, LSTM для разгрузки магистральной сети. Эти примеры основаны на том, что машинное обучение используется для предсказания трафика и затем оператор (может являться алгоритмом) регулирует параметры сети для эффективного распределения нагрузки.

Классическая сеть мобильной связи с системой доступа к радиоресурсам не предусматривает прогнозирования нагрузки, созданной абонентами. Операторская сеть работает круглосуточно в ожидании резкого скопления абонентов внутри обслуживаемой соты, и в случае большого количества обращений к базовым станциям внутри соты - происходит отказ в обслуживании. Таким образом, возникает необходимость в объединении абонентов в группы (кластеры) на основе территориальной принадлежности. В результате такой фильтрации можно получить наиболее концентрированную нагрузку в зоне обслуживания (центр кластера), которой будут необходимы дополнительные ресурсы. Эффективное управление радиоресурсами в таком сценарии подразумевает решение двух задач:

- выделение необходимых радиоресурсов в зонах обслуживания без физического перестроения существующих сетей связи;

- обеспечение динамической кластеризации для абонентов с выделением центров кластеров.

В статье Зотова К.Н. задача распределения радиоресурсов между базовыми станциями к узлам спроса с минимальными затратами ресурсов и максимизацией количества соединений определяется как транспортная задача (Монжа-Кантаровича) [10]. Разработкой алгоритмов кластерного анализа концентрации абонентских устройств в системах мобильной связи исследователи занимаются достаточно давно.

В условиях такой задачи можно провести параллель с задачей кластеризации в машинном обучении, методом группировки немаркированных данных. Алгоритм делает предположение о том, к какому кластеру относятся исследуемые точки данных, основываясь на схожести их свойств. Широко используемыми алгоритмами кластеризации являются k-means, спектральная кластеризация и DBSCAN. Размеры кластеров могут быть неравномерны, что подтверждает возможность использования данных алгоритмов в мобильной связи.

В заключение хочется отметить, что машинное обучение довольно успешно используется в беспроводных сетях связи. Эффективное управление ресурсами и отдельными сегментами сети, увеличение пропускной способности, обеспечение высокой производительности и надежности сети, прогнозирование трафика и адаптация в динамической среде - все это реальные сценарии применения машинного обучения. Также, с помощью методов машинного обучения обеспечивается эффективное наблюдение за состоянием сети в целом, предоставляя возможности для управления безопасностью, своевременного устранения сбоев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. С. А. Тычинкин, К. И. Брагин, В. Г. Дроздова. Анализ методов распределения ресурсов в мобильных сетях передачи данных // Информационные технологии и когнитивная электросвязь: Сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 21 апреля 2022 года / Под редакцией В.П. Шувалова, Сост. М.П. Карачарова. – Екатеринбург: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2022. – С. 128-131.
2. Отчет МСЭ-R SM.2405-0 [Электронный документ]. URL: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2405-2017-PDF-R.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2405-2017-PDF-R.pdf)
3. Исобоев Ш.И., Халматов Б.М., and Коптев В.А. «Оценка перспектив развития и применения искусственного интеллекта в мобильной связи 5-го и 6-го поколений» Экономика и качество систем связи, no. 1 (23), 2022, pp. 20-25.
4. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» [Электронный документ]. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/>
5. Официальный сайт Правительства РФ. Финальный пакет соглашений о сотрудничестве по развитию высокотехнологичных направлений. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/news/47551/>
6. Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, ITU-R, Recommendation M.2083, September 2015.
7. Comsa, I.-S.; Zhang, S.; Aydin, M.E.; Kuonen, P.; Trestian, R.; Ghinea, G. Machine Learning in Radio Resource Scheduling. In Next-Generation Wireless Networks Meet Advanced Machine Learning Applications; Comsa, I.S., Trestian, R., Eds.; IGI Global: Hershey, PA, USA, 2019; pp. 24–56.
8. Manuel Eugenio Morocho-Cayamcela, Haeyoung Lee, and Wansu Lim, «Machine Learning for 5G/B5G Mobile and Wireless Communications: Potential, Limitations, and Future Directions», IEEE access, Sept 2019.
9. Алексеева Д. Д., Марочкина А. В., Парамонов А. И. Оптимизация мобильного трафика методами машинного обучения // Информационные технологии и телекоммуникации. 2021. Том № 1. С. 1–12. DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-1-1-12.
10. Зотов К.Н., Кузнецов И.В., Жданов Р.Р. Разработка алгоритмического и программного обеспечения процессов управления радиоресурсами в сетях мобильной связи на основе методов Густафсона-Кесселя и Монжа-Кантаровича. Вестник СибГУТИ, 2017: с. 65-74.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКА ФОНОВОЙ ПОМЕХИ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ СКРЫТОГО ПЕРЕХВАТА КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СЕТЯХ P2MP PON - TDM**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: скрытый канал утечки информации, источник фоновой помехи, сеть P2MP PON-TDM.

В работе рассматривается оценка эффективности применения источника фоновой помехи для противодействия скрытого перехвата информации циркулируемой в сетях P2MP PON-TDM. Оценка выражена в виде вероятности ошибки выделения информационного сообщения на фоне помехи. Математический анализ показал эффективность предложенного метода маскировки отраженных сигналов восходящего потока данных сети P2MP PON-TDM, при этом уровень помехового сигнала на входе приемника третьих лиц должен не меньше уровня отраженного сигнала.

**I.I. Shestakov**

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF USING A BACKGROUND NOISE SOURCE TO COUNTERACT COVERT INTERCEPTION OF CONFIDENTIAL INFORMATION IN P2MP PON-TDM NETWORKS**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: hidden information leakage channel, background noise source, P2P PON-TDM network.

The paper considers the evaluation of the effectiveness of using a background noise source to counteract the covert interception of information circulating in P2MP PON-TDM networks. The estimate is expressed in the form of the probability of an error in the allocation of an information message against the background of interference. Mathematical analysis has shown the effectiveness of the proposed method of masking reflected signals of the upstream data flow of the P2MP PON-TDM network, while the level of the interference signal at the input of the receiver of third parties should not be less than the level of the reflected signal.

Одним из опасных утечек информации в сетях P2MP PON-TDM является скрытый перехват информации восходящего потока данных [1]. Перехват осуществляется третьими лицами на абонентской стороне без каких-либо дополнительных включений в оптическую линию связи на участке OLT – абонентская розетка. Суть перехвата заключается в замене абонентского терминала ONU на аппаратно-программный комплекс (АПК), или параллельное включение АПК на участке абонентская розетка – ONU, как показано на рисунке 1. Это позволит третьей стороне беспрепятственно принимать и обрабатывать не только сигналы нисходящего потока от OLT, но и появляется возможность принимать и обрабатывать отраженные сигналы от абонентских терминалов ONU.

Отраженный сигнала восходящего потока появляется за счет френелевского отражения в оптических разъёмных соединениях типа SC.

Однако, прием отраженных сигналы от абонентских терминалов ONU крайне затруднителен, как и их обработка. Прием затруднен тем, что уровень отраженного сигнала на

входе АПК меньше, чем чувствительность традиционных фотоприемников, применяемых в телекоммуникационном оборудовании. Сложность обработки заключается в том, что обрабатываемый сигнала представляет собой сумму отраженного сигнала от всех возможных разъемных соединений типа SC, как показано на рисунке 1. А поскольку разъемные соединения ВОЛС сети PON расположены относительно друг друга на разных расстояниях, это ведет к искажению суммарного сигнала на приеме за счет разных фаз времени прихода и уровня сигнала. Однако, учитывая то, что разъемные соединения расположены относительно приемника АПК на расстоянии, не влияющем на существенные временные задержки отраженных сигналов, на стороне приема третьих лиц существенного искажения суммарного сигнала наблюдаться не будет, и тем самым появляется возможность его обработки.

Для противодействия скрытого перехвата конфиденциальной информации восходящего потока сети P2MP PON-TDM предлагается его маскировка помеховым процессом передаваемого в нисходящем направлении на длине волны 1310 нм. В качестве источника фоновой помехи может выступать медиаконвертер или свободный SFP порт коммутатора Ethernet. Схема включения источника фоновой помехи в сеть P2MP PON-TDM представлена на рисунке 1. Применение такого источника позволит засвечивать фотоприемник АПК третьих лиц, тем самым усложнить процесс обработки отраженных сигналов восходящего потока сети P2MP PON-TDM.

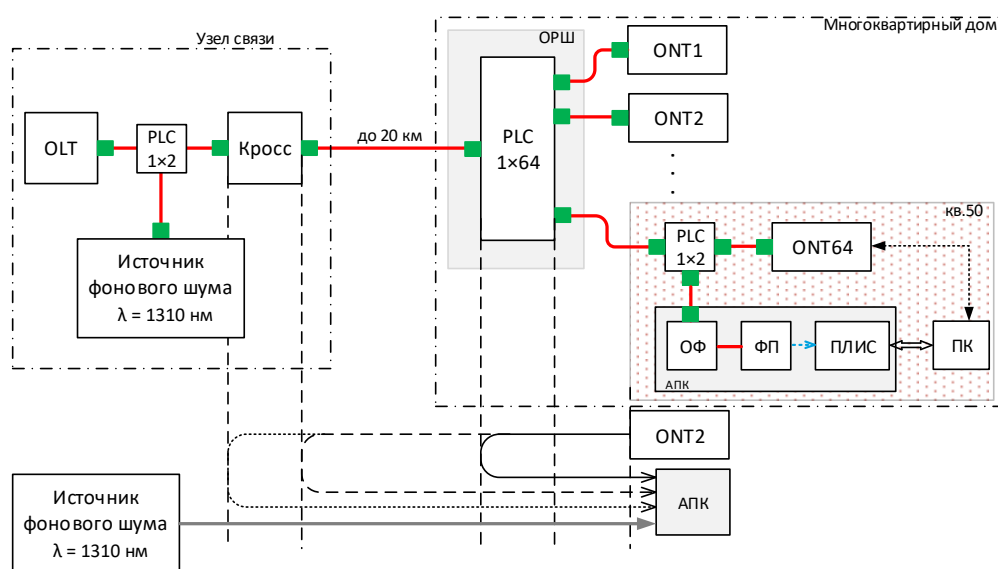


Рис. 1. Оптические маршруты отраженных сигналов в сети PON

Для оценки эффективности применения источника фоновой помехи воспользуемся математическим методом исследования. Для простоты исследования, условимся, что в качестве приемника АПК будет выступать квадратичный детектор, устанавливаемый на выходе фотодетектора (ФД), как показано на рисунке 2. Практическая реализация квадратичного детектора проще по сравнению с квадратурным, поскольку не требуется знание параметров опорного сигнала [2].

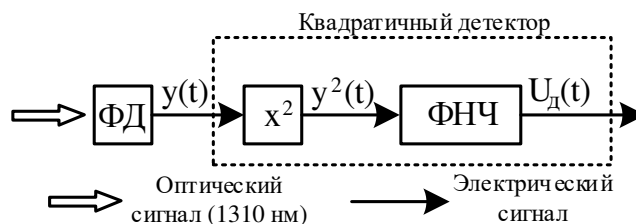


Рис. 2. Структурная схема квадратичного детектора

Тогда, сигнал на входе квадратичного детектора можно представить в виде выражения (1):

$$y(t) = S(t, \lambda) + E_{uu}(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_{uu}(t)), \quad (1)$$

где  $E_{uu}(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_{uu}(t))$  – аддитивный шум на выходе фотодетектора.  
 $S(t, \lambda)$  – сумма информационного и помехового сигнала.  
Сигнал  $S(t, \lambda)$  можно представить в виде:

$$S(t, \lambda) = U_0 \mu_n \lambda_n(t) \cos(\omega_0 t + \Phi_n) + U_0 \mu_u \lambda_u(t) \cos(\omega_0 t + \Phi_u), \quad (2)$$

где  $\mu_u, \mu_n$  – полный индекс амплитудно-фазовой модуляции сигнала  $S(t)$  сообщением  $\lambda_u(t)$  и  $\lambda_n(t)$ ;  
 $\Phi_n, \Phi_u$  – угол модуляции сигнала  $S(t)$  сообщением  $\lambda_n(t)$  и  $\lambda_u(t)$ .  
Рассмотрим процесс преобразования сигнала (1) в блоках квадратичного детектора. Сигнал на входе фильтра нижних частот примет вид:

$$\begin{aligned} y^2(t) = & 0,5U_0^2 \mu_n^2 \lambda_n^2(t) + 0,5U_0^2 \mu_u^2 \lambda_u^2(t) + 0,5E_{uu}^2(t) + \\ & 0,5U_0^2 \mu_n^2 \lambda_n^2(t) \cos(2\omega_0 t + 2\Phi_n) + 0,5U_0^2 \mu_u^2 \lambda_u^2(t) \cos(2\omega_0 t + 2\Phi_u) + \\ & 0,5E_{uu}^2(t) \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_{uu}(t)) + U_0 \mu_u \lambda_u(t) \mu_n \lambda_n(t) \cos(\Phi_n - \Phi_u) + \\ & E_{uu}(t) U_0 \mu_n \lambda_n(t) \cos(\varphi_{uu}(t) - \Phi_n) + U_0 \mu_u \lambda_u(t) \mu_n \lambda_n(t) \cos(2\omega_0 t + \Phi_n + \Phi_u) \\ & E_{uu}(t) U_0 \mu_u \lambda_u(t) \cos(\varphi_{uu}(t) - \Phi_u) + U_0 \mu_u \lambda_u(t) \mu_n \lambda_n(t) \cos(2\omega_0 t + \varphi_{uu}(t) + \Phi_u) + \\ & U_0 \mu_u \lambda_u(t) \mu_n \lambda_n(t) \cos(2\omega_0 t + \varphi_{uu}(t) + \Phi_n) \end{aligned} \quad (3)$$

Сигнал (3) на выходе фильтра нижних частот примет вид:

$$\begin{aligned} U_o(t) = & K_{\Phi НЧ}(p) \{ 0,5U_0^2 \mu_n^2 \lambda_n^2(t) + 0,5U_0^2 \mu_u^2 \lambda_u^2(t) + 0,5E_{uu}^2(t) + \\ & U_0 \mu_u \lambda_u(t) \mu_n \lambda_n(t) \cos(\Phi_n - \Phi_u) + E_{uu}(t) U_0 \mu_n \lambda_n(t) \cos(\varphi_{uu}(t) - \Phi_n) + \\ & E_{uu}(t) U_0 \mu_u \lambda_u(t) \cos(\varphi_{uu}(t) - \Phi_u) \} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $K_{\Phi НЧ}(p)$  – передаточная функция фильтра нижних частот.  
Выражение (4) можно записать упрощенно в виде:

$$U_o(t) \approx U_0^2 M_n \lambda_n^2(t) + U_0^2 M_u \lambda_u^2(t) + U_0 A_{uu}(t), \quad (5)$$

где  $A_{uu}(t)$  – низкочастотный эквивалент широкополосного белого шума на выходе фильтра нижних частот;

$M_n$  и  $M_u$  – индекс амплитудной модуляции помехового и информационного сообщения.

В выражении (5) вынесем за скобки величину  $U_0^2 M_u$ , получим оценку информационного сообщения  $\hat{\lambda}_u(t)$ :

$$\text{Тогда } U_o(t) \approx U_0^2 M_u \left[ \lambda_u^2(t) + \frac{M_n \lambda_n^2(t)}{M_u} + \frac{A_{uu}(t)}{U_0 M_u} \right] \quad (6)$$

Тогда

$$\hat{\lambda}_u(t) = \lambda_u(t) + \Delta \lambda_u(t), \quad (7)$$

где  $\Delta \lambda_u(t)$  – погрешность оценки выделения первого процесса в условиях действия широкополосного белого шума и помехового сообщения.

Определим дисперсию и математическое ожидание величины  $\Delta \lambda_u(t)$ . Дисперсия величины  $\Delta \lambda_u(t)$  примет вид:

$$\sigma_{\Delta\lambda_u}^2 = \frac{M_n^2}{M_u^2} \sigma_{\lambda_n}^2 + \frac{2N_0\Delta F_{cp}}{U_0^2 M_u^2}, \quad (8)$$

где  $\sigma_{\lambda_n}^2 = 1/9$  – дисперсия процесса  $\lambda_n$  в полосе сообщения  $\lambda_n$  [3,4].

$2N_0\Delta F_{cp}$  – спектральная плотность низкочастотного эквивалента белого шума, на выходе фильтра нижних частот.

Полагая, что  $U_0^2 = 2P_c$ , получим:

$$\sigma_{\Delta\lambda_u}^2 = \frac{M_n^2}{9M_u^2} + \frac{1}{M_u^2 q} \quad (9)$$

где  $q$  – отношение сигнал/шум, в размах.

Математическое ожидание величины  $\Delta\lambda_u(t)$  равно нулю:

$$\langle \Delta\lambda_u(t) \rangle = \frac{M_n \langle \lambda_n(t) \rangle}{M_u} + \frac{\langle A_u(t) \rangle}{U_0 M_u} = 0$$

Поскольку величина  $\lambda_u(t)$  принимает два значения (0 и 1) и имеет нормальный закон распределения, то вероятность ошибки выделения бинарного элемента можно записать в виде выражения:

$$P_{ош} = P(1)P_I + P(0)P_{II}, \quad (10)$$

где  $P_I$  – вероятность ошибки первого рода;

$P_{II}$  – вероятность ошибки второго рода;

$P(0) = P(1) = 0,5$  – априорная вероятность.

Зная плотность распределения случайной величины  $\lambda_u(t)$  [3], вероятность ошибки выделения первого процесса можно записать как:

$$P_{ош} = \int_0^\infty W(\hat{\lambda}_u) d\hat{\lambda}_u = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\Delta\lambda_u}} \int_0^\infty \exp\left(-\frac{(\hat{\lambda}_u + 1)^2}{2\sigma_{\Delta\lambda_u}^2}\right) d\hat{\lambda}_u \quad (11)$$

Произведем замену в выражении (11), пусть  $x = \hat{\lambda}_u + 1/2\sigma_{\Delta\lambda_u}^2$ , тогда  $dx = d\hat{\lambda}_u/\sigma_{\Delta\lambda_u}$ , получим:

$$P_{ош} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{1/\sigma_{\Delta\lambda_u}}^\infty \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx = 1 - \Phi\left(\frac{1}{\sigma_{\Delta\lambda_u}}\right) \quad (12)$$

где  $\Phi(x) = \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt$  – функция Лапласа.

Подставляя в (12) выражение (9), получим:

$$P_{ош\lambda_u} = 1 - \Phi\left(\sqrt{\frac{9q^2 M_n^2}{9 + q^2 M_n^2}}\right). \quad (13)$$

Результат анализа представлен в виде графика зависимости вероятности ошибки выделения информационного сообщения от индекса амплитудной модуляции помехового процесса ( $M_n$ ). Значение индекса амплитудной модуляции  $M_u$  зададим  $10^{-3}$  при отношении сигнал/шум  $10^7$  (в раз). На рисунке 3 представлена зависимость  $P_{ошибка}(M_n)$ . Характер зависимости показывает скрытность информационного сообщения помехой, при индексе модуляции помехового сообщения ( $M_n$ ) на один - два порядка выше индекса амплитудной модуляции информационного процесса ( $M_u$ ).

Таким образом, математический анализ показал эффективность предложенного метода маскировки отраженных сигналов восходящего потока данных сети P2MP PON-TDM, при этом уровень помехового сигнала на входе приемника третьих лиц должен не меньше уровня отраженного информационного сигнала восходящего потока данных.

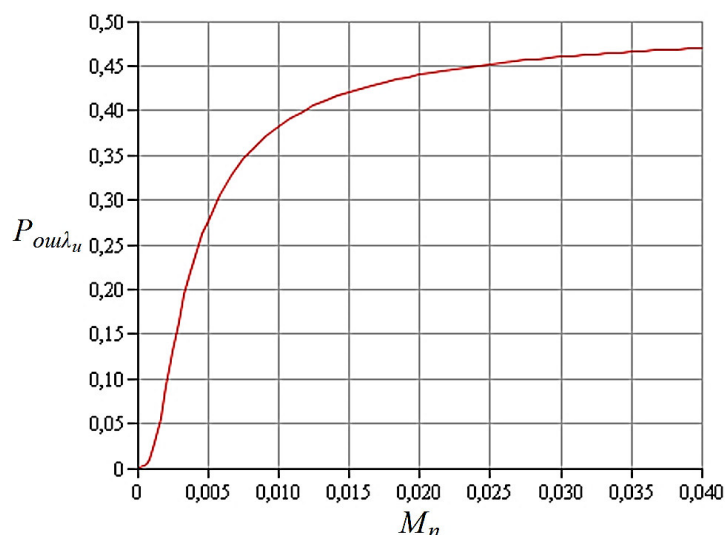


Рис. 3. График зависимости  $P_{ошибка}(M_n)$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шестаков И.И. Меры и средства по противодействию перехвату информации циркулируемой в сетях P2MP PON-TDM. // «Инфокоммуникационные технологии: Актуальные вопросы цифровой экономики». 26–27 января 2022 года, С107-111. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48032267>
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – М.: «Высшая школа», 2006. 462 с.
3. Котельников В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости. - М.: Радио и связь, 1998. 152 с.
4. Котельников В. А. Сигналы с максимальной и минимальной вероятностями обнаружения // Радиотехника и электроника. 1959. № 3. С 354–358/



## **К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗЕ СРОКА СЛУЖБЫ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ**

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ),  
г. Новосибирск, Россия

Ключевые слова: механическая надежность, срок службы оптического кабеля, кабельная линия связи, прогнозирование, замена участка оптоволокна, деградиционный отказ, глобальный и катастрофический отказы.

Рассматриваются с общих позиций вопросы оценки срока службы оптического волокна. Описаны причины, приводящие к отказу кабельной линии связи, в т.ч. вследствие обрыва или старения оптоволокна. Рассмотрены различные подходы к оценке срока службы оптического кабеля. Приведена модель, позволяющая учесть отказы различного типа на участке оптоволокна.

**V.P. Shuvalov, I.G. Kvitkova**

## **ON THE ISSUE OF FORECASTING THE USEFUL LIFE OF AN OPTICAL CABLE**

Siberian State University of Telecommunications and Information Science (SibSUTIS),  
Novosibirsk, Russia

Keywords: mechanical reliability, optical cable useful life, cable communication line, forecasting, fiber section replacement, wear-out failure, global and catastrophic failures.

The issues of estimating the useful life of an optical fiber are considered from a general perspectives. The reasons leading to the failure of the cable communication line, including due to the breakage or aging of the optical fiber, are described. Various approaches to estimating the useful life of an optical cable are considered. A model is given that allows taking into account failures of various types on the fiber section.

В процессе эксплуатации оптического кабеля (ОК) появляются отказы. Под отказом понимается событие, которое нарушает работоспособность объекта. [1] Применительно к оптическому кабелю отказ можно рассматривать как превышение порогового значения ослабления сигнала или обрыв оптического волокна. Соответственно различают оптическую надежность и механическую надежность.

Надежность ОК также может оцениваться сроком службы ОК, который определяется, как правило, сроком службы оптического волокна (ОВ). Срок службы или долговечность ОК (гамма - процентный срок службы) определяется как календарная продолжительность от начала эксплуатации ОК, в течение которой он не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью  $\gamma$ .

Пусть ослабление сигнала достигает порогового значения за время  $T_1$ , интенсивность отказов достигает порогового значения за время  $T_2$ , а параметры ОК перестанут удовлетворять современным требованиям эксплуатации (моральный износ) за время  $T_3$ . Тогда срок службы ОК можно определить как  $T = \min(T_1, T_2, T_3)$ .

С механической точки зрения долговечность любого объекта, включая ОВ, оценивается:

1. начальной прочностью ОВ;
2. наличием и глубиной микротрещины на поверхности ОВ;
3. скоростью деградации ОВ, определяемой скоростью роста микротрещины на поверхности ОВ;

4. окружающей средой, приводящей к ослаблению материала, из которого изготовлено ОВ. Механическая надежность определяется наличием микротрещин на поверхности ОВ, которые растут со скоростью [2]

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m,$$

где  $\frac{da}{dN}$  - скорость роста микротрещины, [mm/cycle];

$C$  - константа, определяемая материалом и, зависящая от частоты изменения приложенного напряжения,  $\left[ \text{mm}/(\text{MPa}\sqrt{m})^m \right]$ ;

$m$  - константа, определяемая материалом;

$\Delta K$  - коэффициент интенсивности нагрузки,  $\left[ \text{MPa}\sqrt{m} \right]$ .

Со временем глубина трещины достигнет предельного значения, после чего практически сразу происходит обрыв оптоволокна. Время от начала эксплуатации ОК до наступления обрыва ОВ определяется скоростью роста микротрещины, и чем больше эта скорость, тем раньше наступит обрыв ОВ. Время от начала эксплуатации ОВ до его обрыва можно рассматривать как срок службы ОВ, если говорить об ОВ как о невозстанавливаемом объекте. Для определения срока службы ОВ понадобится знания о глубине микротрещины, для определения которой желательно использовать неразрушающие методы. Применительно к ОВ такие методы неизвестны. Поэтому для оценки срока службы ОВ используют результаты тестирования ОВ, при котором к ОВ прикладывается изменяющаяся во времени нагрузка с доведением тестируемого отрезка ОВ до обрыва. На основе такого рода тестирования определяется срок службы ОК в процессе эксплуатации, т.е. время до обрыва оптоволокна.

В [3] рассмотрены различные сценарии прогноза срока службы оптического волокна в кабельной линии связи. В основу прогноза положено выражение, заимствованное из [4, 5]:

$$t_a = t_p \cdot \left( \frac{\sigma_p}{\sigma_a} \right)^n \cdot \left\{ \left[ 1 - \frac{\ln(1-F)}{N_p \cdot L} \right]^{m_s} - 1 \right\}, \quad (1)$$

где  $t_p$  – время до отказа ОВ, полученное в процессе тестирования оптоволокна;

$\sigma_p$  – нагрузка, при которой осуществлялось тестирование;

$L$  – длина ОВ, на которую прогнозируется срок службы;

$N_p$  – число обрывов волокна при тестировании под нагрузкой;

$n$  – параметр прочности кварцевого стекла;

$m_s$  – параметр распределения Вейбулла;

$F$  – вероятность отказа ОВ;

$\sigma_a$  – нагрузка, прикладываемая к волокну в процессе его срока службы.

Итак, для определения времени выхода из строя ОВ (обрыва, отказа) необходимо, согласно (1), иметь результаты тестирования кабеля; знать нагрузку на ОВ и параметр Вейбулла  $m_s$ . При этом время выхода ОВ из строя зависит от вероятности отказа  $F$ , которую нужно задать. Фактически по формуле (1) можно только определить вероятность отказа ОВ за время  $t_a$ , а не время его жизни, т.е. время, при котором требуется замена ОВ. Согласно [6] значение  $(1-F)$  выбирается равным 0,95.

Замену ОВ или кабельной линии связи (КЛС) на новую следует производить, если ремонт КЛС становится дороже, чем ее замена. Таким образом, задача определения времени жизни оптоволокна – это технико-экономическая задача.

В процессе эксплуатации КЛС при отказе на том или ином ее участке происходит ремонт этого участка путем его замены. В [3] отмечается, что нагрузка на отдельных участках

оптоволоконной линии может отличаться, поэтому предлагается рассчитывать так называемую эквивалентную нагрузку, на основе которой далее рассчитывается срок службы оптоволокна.

В процессе эксплуатации оптоволоконной линии происходит ее старение или деградация. Существуют различные модели деградационных процессов. Одной из часто используемых моделей является представление этого процесса в виде однородного пуассоновского или процесса «чистой гибели» (рис.1). На рис. 1 состояние  $k$  является поглощающим и соответствует состоянию, при котором имеет место глобальный отказ.

Старение ОВ приводит к ухудшению показателей QoS и вызывает деградационный отказ, который характеризуется необходимостью замены ОК в целом. Это состояние, при котором ремонт отдельных участков ОК не имеет смысла, т.к. ремонт обойдется дороже, чем замена кабеля в целом.

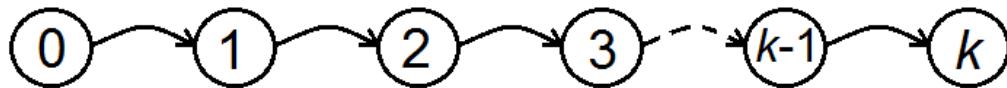


Рис. 1. Процесс деградации ОВ

Итак, старение оптоволокна неминуемо приводит к замене оптического кабеля на новый. Старение — это постепенный отказ. Оно приводит к изменению характеристик или качественных показателей ОВ. Эти изменения рассматриваются во времени. Результаты старения (деградационных процессов) можно рассматривать как рост интенсивности отказов или как рост некоего показателя, характеризующего ухудшение качества связи [7].

Помимо старения к обрывам оптоволокна приводят катастрофические отказы (назовем их отказы вида 1), вызванные проведением раскопок в районе прокладки кабеля. Эти отказы статистически независимы, и к отказу приводит сам факт проведения раскопок в месте прокладки кабеля. Такие отказы относятся к внезапным отказам. При появлении такого типа отказов поврежденный участок заменяют на новый. Заметим, что катастрофический отказ никак не связан с нагрузкой, испытываемой участком ОВ.

Будем считать, что отказ, вызванный старением, это глобальный отказ, требующий замены ОВ по всей его длине. Отказ катастрофический – это локальный отказ, требующий замены участка ОК с использованием так называемого обслуживания по факту отказа.

Помимо катастрофического (внезапного) отказа введем понятие отказа, зависящего от нагрузки, который будем также считать внезапным. При этом учтем, что чем больше срок эксплуатации кабеля, тем меньше его прочностные свойства, т.е. при меньших значениях нагрузки происходит отказ (отказ вида 2). На рис. 2 представлены рассмотренные типы отказов, их взаимосвязь и влияние на показатели качества связи QoS: катастрофический отказ (вида 1), отказ, обусловленный нагрузкой (вида 2), и отказ, обусловленный старением (вида 3, глобальный).

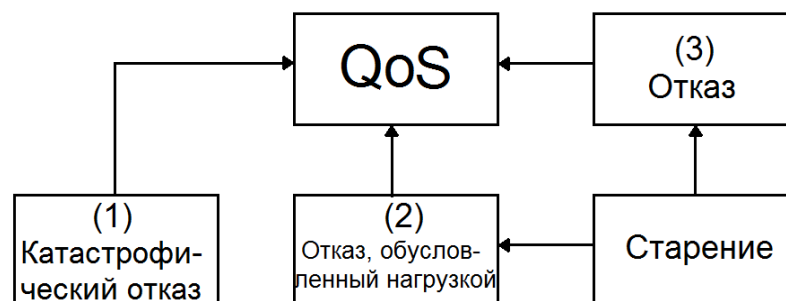


Рис. 2. Типы отказов и их взаимосвязь

Отказы следует учитывать отдельно для каждого из участков оптоволокна (рис.3).

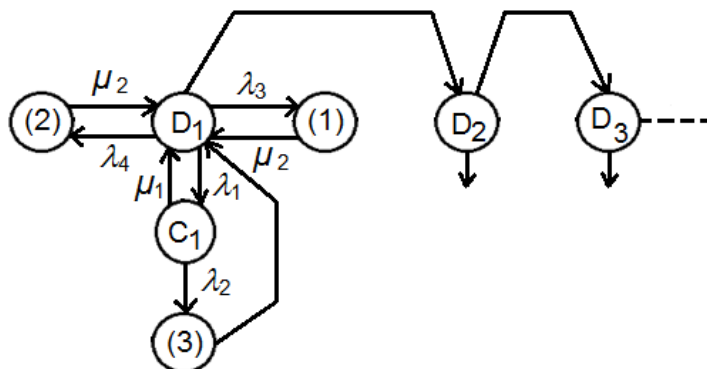


Рис. 3. Отказы на участке ОВ

Обозначения на рис.3:  $D_1, D_2, D_3$  – ступени деградации (старения);  $C_1$  – предотказ на данной ступени деградации; (1) – отказ катастрофический; (2) – отказ, зависящий от нагрузки и степени деградации; (3) – отказ, вызванный чистым старением ОВ.

Отказ типа (3) можно рассматривать как отказ типа (2) при отсутствии нагрузки.

Ремонт отдельного участка ОВ будем считать следствием локального отказа, замена ОВ в целом – следствием глобального отказа. Наличие глобального отказа следует выявлять путем анализа состояния всех участков ОК. О глобальном отказе можно говорить при превышении отказов ОК порогового уровня.

Пусть за время  $T$  было  $N$  замен участков КЛС, и стоимость замены  $N$  отрезков КЛС составит  $C_1$ . Пусть стоимость замены КЛС в целом, спустя время  $T$ , составляет  $C_2$ . Тогда необходимость замены КЛС в целом через время  $T$  возникает при  $C_2 \leq C_1$ .

В заключении можно сделать следующие выводы.

1. Различают глобальные и локальные отказы. Глобальный отказ требует замены ОК в целом и является следствием деградации ОВ. Локальный отказ является следствием катастрофических отказов, при которых происходит замена элементарного участка ОК.

2. При определении срока службы ОК можно ориентироваться на моральный износ ОК или на появление деградационного отказа, который определяется, исходя из прочности ОВ (механический подход) или изменения параметров передачи ОК.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ Р 27.102-2021 Надежность в технике: надежность объекта. Термины и определения. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 36 с.
2. Paris P.C., Erdogan F. A critical analysis of crack propagation laws. // Journal of Basic engineering, 1963. Vol. 8. P. 528-533.
3. Андреев В., Бурдин В., Нижгородов А. Сценарии прогноза срока службы оптического волокна в КЛС // Первая миля, 2020. N 4 (89). С. 34-43.
4. ITU-T G-series Recommendations – Supplement 59, Series G: transmission systems and media, digital systems and networks. Guidance on optical fiber and cable reliability, Feb. 2018. 21 p.
5. ИЕС TR 62048: 2014 Optical fibres – Reliability – Power law theory, 2014. 66 p.
6. ГОСТ Р 52266-2020 Кабели оптические. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2020. 65 с.
7. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем : учебное пособие для вузов. М.: Дрофа, 2008. 239 с.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ С УЧЕТОМ ЗАДЕРЖКИ В СЕТЯХ ИОТ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: туманные вычисления, Интернет вещей, граничные вычисления, распределение ресурсов.

Туманные узлы в непосредственной близости от устройств IoT обещают предоставлять услуги с низкой задержкой. Из-за изменяющихся во времени условий, улучшить качество обслуживания (QoS) сложно. Поскольку задержка задачи состоит из задержки передачи и из задержки вычислений. Рассмотрим распределение ресурсов (т. е. включая радиоресурс и вычислительный ресурс) в беспроводном канале и в туманном узле, чтобы минимизировать задержку всех задач, пока их ограничения QoS удовлетворяются.

E.V. Yurchenko, N.V. Budyldina

## RESOURCE ALLOCATION ACCORDING TO DELAY IN IOT NETWORKS

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: fog computing, Internet of Things, edge computing, resource allocation.

Fog nodes in close proximity to IoT devices promise to provide low latency services. Due to time-varying conditions, improving the quality of service (QoS) is difficult. Because task delay consists of transmission delay and computation delay. Consider allocating resources (i.e., including radio resource and computing resource) on the wireless link and fog node to minimize the latency of all tasks as long as their QoS constraints are satisfied.

В сетях IoT с поддержкой тумана, общая задержка состоит из задержки беспроводной передачи и задержки вычислений. Таким образом она, зависит от распределения ресурсов как в беспроводном канале, так и в туманном узле. Поскольку задачи генерируются динамически, для оптимального решения распределения радиоресурсов требуется полная информация о сети (доступная полоса пропускания, условия каналов устройств IoT и объемы трафика всех задач). Распределение радиоресурсов в реальном времени для различных задач IoT связано друг с другом из-за ограниченной пропускной способности системы [1]. Однако получить информацию, такую как состояние канала и информацию о задачах, заблаговременно сложно. Так же на стороне узла тумана вычислительные ресурсы, выделенные для текущей задачи, повлияют на вычислительные ресурсы для будущих задач. Между тем, из-за требований к качеству обслуживания (QoS) задач IoT (т. е. с точки зрения максимально допустимой задержки задачи) выделение радиоресурсов и выделение вычислительных ресурсов связаны друг с другом для каждой задачи. Другими словами, задача, выделенная с большей пропускной способностью из-за желаемого состояния канала, может быть предоставлена с меньшими вычислительными ресурсами, таким образом экономя вычислительные ресурсы для других устройств с плохими условиями канала.

Рассмотрим сотовую сеть в качестве сетевой инфраструктуры IoT с базовыми станциями (BS), действующими как шлюзы IoT (GW) для предоставления услуг связи для устройств IoT (рисунок 1). Каждый GW оснащен туманным узлом для обеспечения ресурсов вычислений и хранения на границе сети [2].

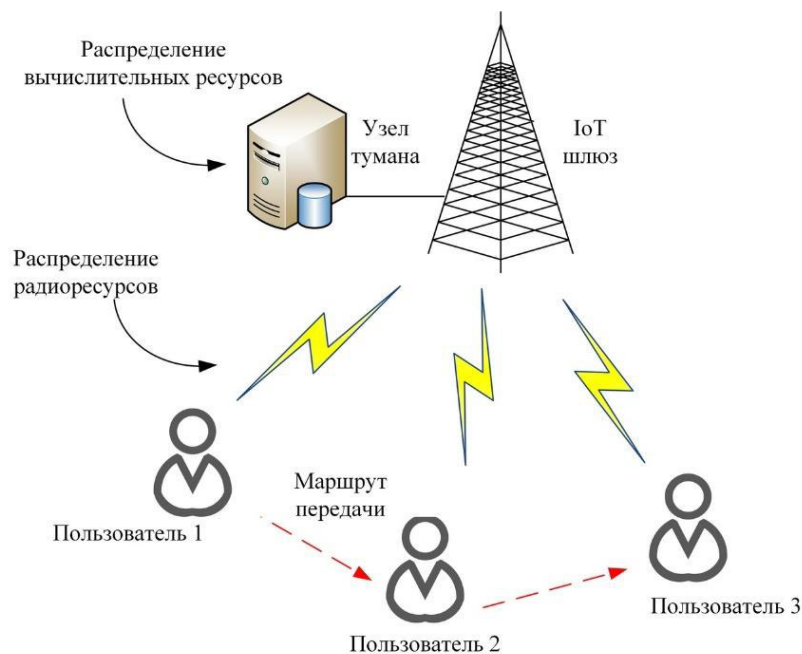


Рис. 1. - Сеть IoT с использованием тумана

Узел тумана отвечает за принятие решений о распределении ресурсов в режиме реального времени на основе состояния сети. GW может обнаруживать беспроводные условия для устройств IoT и отправлять их на туманный узел. На основе этой сети IoT с использованием тумана задачи устройств IoT могут быть переданы на их GW и обработаны соответствующим узлом тумана. Как правило, каждое IoT-устройство может посещать несколько мест в зависимости от определенного маршрута. В каждом месте он собирает данные и передает задачи IoT на туманный узел для обработки. Из-за мобильности устройств IoT условия их каналов меняются во времени. Между тем, поскольку задачи IoT генерируются в разное время, статус туманного узла продолжает меняться в зависимости от рабочей нагрузки, которая меняется во времени. Поскольку задержка задачи состоит из задержки передачи и задержки вычислений, на нее влияет распределение радиоресурсов и вычислительных ресурсов в сети. Если устройство IoT имеет плохое состояние канала, а доступная пропускная способность недостаточна, ему требуется больше вычислительных ресурсов, чтобы обеспечить низкую задержку выполнения задачи. В противном случае ему может быть выделена большая пропускная способность при сохранении вычислительных ресурсов для других устройств IoT. Радио и вычислительные ресурсы не могут быть постоянно выделены для задач практической инженерии, и поэтому базовая степень детализации радио и вычислительных ресурсов обозначим как  $\alpha$  (в Гц) и  $\beta$  (в циклах ЦП/с) [3], соответственно. Определим ресурсный блок как степень детализации радиоресурса (т. е.  $\alpha$ ), а вычислительную единицу — как степень детализации вычислительного ресурса (т. е.  $\beta$ ).

Обозначим  $I$  как множество всех задач IoT и  $i$  как индекс задачи IoT в  $I$ . Обозначим  $x_i$  как количество блоков ресурсов, выделенных для задачи  $i$ , и  $y_i$  как количество вычислительных единиц, выделенных для задачи  $i$ . Следовательно, радио и вычислительные ресурсы, выделенные задаче  $i$ , становятся  $x_i\alpha$  и  $y_i\beta$  соответственно.

Определим расчеты задержки передачи. Для обработки задач IoT на туманном узле устройство IoT должно передавать свои задачи на GW по восходящей линии связи. Скорость беспроводной восходящей линии связи в основном зависит от состояния беспроводного канала и выделенного радиоресурса. После того, как туманный узел обрабатывает задачу, ему необходимо отправить результаты обработки на соответствующее устройство IoT. Однако, поскольку результаты обработки намного меньше, чем задачи IoT, и имеют высокую скорость передачи данных в беспроводном нисходящем канале, поэтому задержка результатов по нисходящему каналу не учитывалась [2].

Обозначим  $P_i$  как мощность передачи устройства IoT с задачей  $i$ ,  $h_i$  как усиление канала между устройством IoT и GW,  $\sigma^2$  как мощность шума. Эффективность частоты устройства IoT может быть получена в соответствии с теоремой Шеннона Хартли следующим образом:

$$\eta_i = \log\left(\frac{P_i h_i}{\sigma^2}\right): \quad (1)$$

Следовательно, поскольку выделенный радиоресурс равен  $x_i \alpha$ , скорость передачи данных по восходящей линии связи можно определить по формуле:

$$r_i = x_i \alpha \eta_i: \quad (2)$$

Учитывая размер данных задачи  $i$ , задержка передачи задачи  $i$  может быть выражена:

$$D_i^t = \frac{l_i}{x_i \alpha \eta_i}. \quad (3)$$

Далее определим расчеты задержки вычислений задачи  $i$ . Она зависит от выделенного вычислительного ресурса и объема вычислений задачи  $i$ . Поскольку интенсивность вычислений задачи  $i$  обозначается как  $\mu_i$  (цикл ЦП/бит), объем вычислений задачи  $i$  является функцией объема ее данных и может быть выражен как  $c_i = \mu_i l_i$ . Следовательно, вычислительную задержку задачи  $i$  можно представить в виде:

$$D_i^c = \frac{c_i}{y_i \beta}. \quad (4)$$

Суммируя задержку передачи и задержку вычислений, мы можем определить задержку задачи  $i$  по формуле:

$$D_i = D_i^t + D_i^c. \quad (5)$$

На задержку задачи будут влиять различные факторы, такие как состояние канала, доступные радио- и коммуникационные ресурсы сети, а также интенсивность вычислений. Чтобы свести к минимуму задержку задач IoT, разгружаемых устройствами IoT, при соблюдении требований QoS для каждой задачи. Поэтому, можно сформулировать задачу распределения ресурсов следующим образом:

$$P1 : \min_{x_i, y_i} \frac{1}{|X|} \sum_{i \in X} \frac{l_i}{x_i \alpha \eta_i} + \frac{c_i}{y_i \beta} \quad (6)$$

$$\frac{l_i}{x_i \alpha \eta_i} + \frac{c_i}{y_i \beta} \leq \tau_0; \forall i \in I, \quad (7)$$

$$\sum_i x_i \leq M, \forall i \in I, \quad (8)$$

$$\sum_i y_i \leq N, \forall i \in I, \quad (8)$$

Здесь  $\tau_0$  — это требование QoS задачи с точки зрения максимально допустимой задержки задачи. Ограничение (7) гарантирует, что каждая задача удовлетворяет требованию QoS. Ограничение (8) требует, чтобы общее количество используемых блоков ресурсов не превышало максимальное количество блоков ресурсов системы. Ограничение (9) требует, чтобы общие используемые вычислительные ресурсы не превышали мощности туманного узла.

Для оптимизации распределения ресурсов требуется полная информация о задаче. Однако полную информацию о будущей задаче трудно предсказать заранее, и, таким образом, нецелесообразно получать оптимальное решение при существующем состоянии сети. С другой

стороны, даже если предоставлена полная информация о задаче, вышеуказанная проблема является целочисленной нелинейной задачей и, следовательно, ее сложно решить. Чтобы получить оптимальное решение о распределении ресурсов, поиск методом грубой силы приводит к  $O(M^{|x|}N^{|x|})$  итерациям, где  $|x|$  представляет собой общее количество задач. Вычислительная сложность поиска методом грубой силы экспоненциально возрастает по отношению к общему количеству задач. Следовательно, оптимизация распределения ресурсов в режиме реального времени становится непрактичной, особенно для крупномасштабной сети [4].

Поскольку задачи генерируются динамически и информацию о будущих задачах трудно предсказать, ресурсы, выделяемые для разных задач, связаны друг с другом. Между тем, поскольку задержка задачи состоит как из задержки передачи, так и из задержки вычислений, было рассмотрено распределение радио- и вычислительных ресурсов, чтобы улучшить задержку задачи для всех задач. Из-за ограничения QoS для каждой задачи выделение радиоресурсов и выделение вычислительных ресурсов также связаны друг с другом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Y. Li, L. Liu, H. Li, J. Zhang, and Y. Yi, "Resource allocation for delaysensitive traffic over lte-advanced relay networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 14, no. 8, pp. 4291–4303, 2015. URL: [https://www.researchgate.net/publication/277641934\\_Resource\\_Allocation\\_for\\_Delay-Sensitive\\_Traffic\\_Over\\_LTE-Advanced\\_Relay\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/277641934_Resource_Allocation_for_Delay-Sensitive_Traffic_Over_LTE-Advanced_Relay_Networks) (дата обращения 16.01.2023)
2. Q. Fan and N. Ansari, "Towards traffic load balancing in drone-assisted communications for IoT," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 3633–3640, April 2019. URL: <https://www.sci-hub.ru/10.1109/IJOT.2018.2889503> (дата обращения 16.01.2023)
3. L. Tong, Y. Li, and W. Gao, "A hierarchical edge cloud architecture for mobile computing," in *35th Annual IEEE Intl. Conf. on Comp. Comm. (INFOCOM 2016)*, San Francisco, CA, April 2016, pp. 1–9 URL: <https://liang-tong.me/publication/tong2016a/tong2016a.pdf> (дата обращения 16.01.2023)
4. "Towards throughput aware and energy aware traffic load balancing in heterogeneous networks with hybrid power supplies," *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, vol. 2, no. 4, pp. 890–898, Dec 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/325186747\\_Towards\\_Throughput\\_Aware\\_and\\_Energy\\_Aware\\_Traffic\\_Load\\_Balancing\\_in\\_Heterogeneous\\_Networks\\_with\\_Hybrid\\_Power\\_Supplies](https://www.researchgate.net/publication/325186747_Towards_Throughput_Aware_and_Energy_Aware_Traffic_Load_Balancing_in_Heterogeneous_Networks_with_Hybrid_Power_Supplies) (дата обращения 16.01.2023)



## СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА SECTION 2. INFORMATICS AND COMPUTER ENGINEERING

П.И. Артемьев, И.А. Осипова

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЛЯЦИОННЫХ И ГРАФОВЫХ БАЗ ДАННЫХ В РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО  
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в  
г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: графовые базы данных, реляционные базы данных, Neo4j, цифровые образовательные системы.

Были рассмотрены вопросы о выборе вариантов реализации баз данных при разработке цифровых систем образования. Проведен сравнительный анализ реляционных и графических методов хранения ключевых данных. Некоторые преимущества графических моделей демонстрируются с точки зрения простоты разработки и эффективности выполнения запросов.

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF RELATIONAL AND GRAPH DATABASES IN THE DEVELOPMENT OF DIGITAL EDUCATIONAL SYSTEMS

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch)  
"Siberian State University of Telecommunications and Informatics" in  
Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: graph databases, relational databases, Neo4j, digital educational systems.

Questions were considered about the choice of options for the implementation of databases in the development of digital education systems. A comparative analysis of relational and graphical methods for storing key data has been carried out. Some of the benefits of graphical models are demonstrated in terms of ease of development and efficient query execution.

#### Введение

В настоящее время основное место в системе хранения занимает система управления базами данных (СУБД) на основе реляционного метода (рис. 1): три основных места занимают реляционные СУБД Oracle, MySQL и MS SQL, 4-е место — реляционные. СУБД. PostgreSQL; MongoDB, самая популярная нереляционная СУБД, MongoDB занимает пятое место, а DB2 снова занимает шестое место среди реляционных баз данных.

В 1969-1970 годах Е.Ф. Связанный метод был разработан в коде, представленном в [1], и сохраняет данные в массивах, определяя отношения и ограничения. Поддержание целостности, точности и отсутствия дублирования информации.

Однако в последние годы рыночная доля СУБД начала увеличиваться, используя другие методы и модели хранения, которые вместе образуют несвязанную группу NoSQL. Эта модель имеет преимущества перед реляционными базами данных при работе со специфическими структурами баз данных. Такие модели могут превзойти реляционные СУБД, особенно при работе с полуструктурированными данными, явно связанными с визуализацией. На рис. 2 показаны тенденции роста использования СУБД. Например, MongoDB — документо-ориентированная СУБД, Redis — СУБД, использующая модель «ключ-значение», Neo4j — графовая база данных.

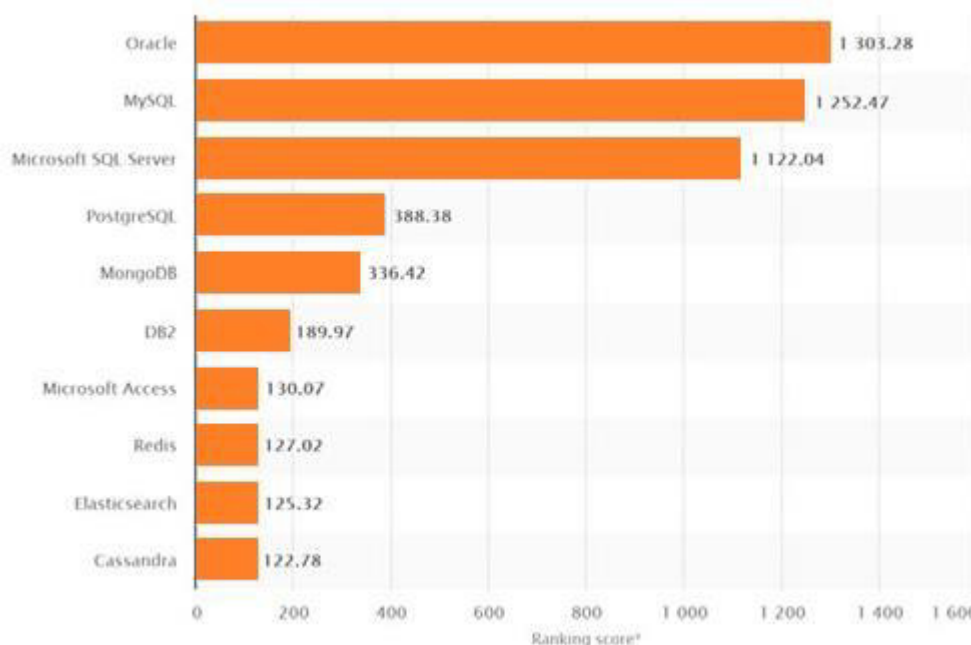


Рис. 1. Доли рынка, занимаемые системами управления базами данных

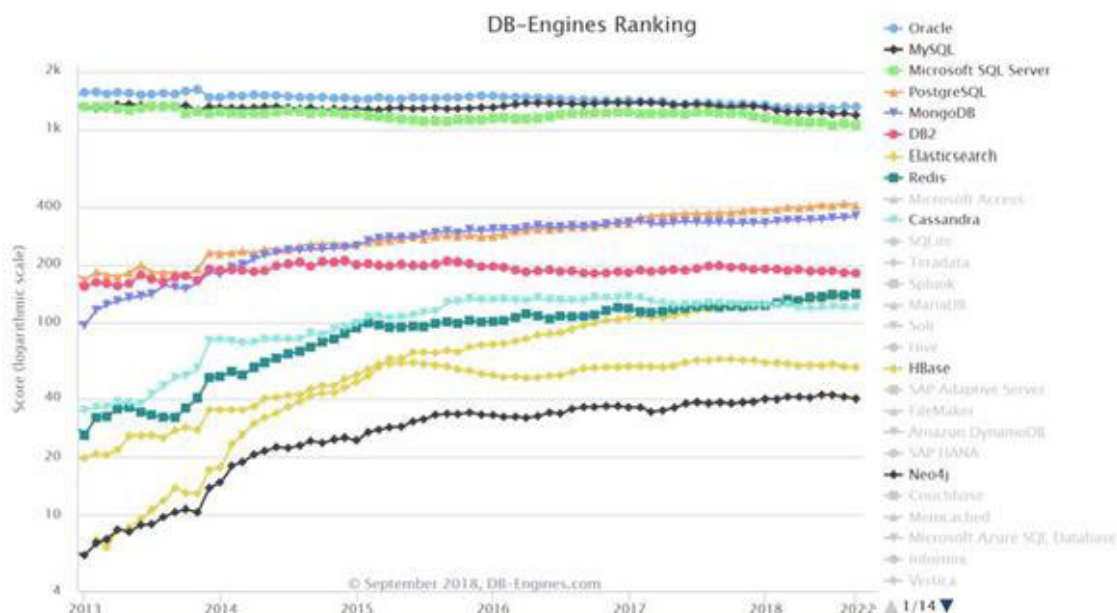


Рис. 2. Динамика использования СУБД с 2013 по 2022 г.

Результат выбора подхода к организации баз данных имеет отношение к развитию цифровых образовательных систем и сред. С годами наметилась тенденция к индивидуализации в сфере образования [2]. Это исследование [3] демонстрирует потенциал такой персонализации с использованием цифровых инструментов, которые анализируют и генерируют записи о навыках, достижениях и характеристиках учащихся.

### Реализация модели данных в реляционных БД

Структурным элементом модели отношения данных является отношение (таблица) [1].

Определяйте структуры баз данных и управляйте существующими базами данных (создавайте, изменяйте и удаляйте) с помощью операторов языка структурированных запросов (SQL).

Подходящую таблицу сбора данных можно рассматривать с двух точек зрения. С одной

стороны, их можно понимать как конструкции для хранения выбранных контейнеров. Это понимание связано, среди прочего, с методом отображения объектных отношений, где структура таблицы определяется как некоторый класс, строки являются свойствами класса, а строки являются свойствами класса. Это объект класса.

С другой стороны, подход реляционной базы данных предполагает, что отношения между сущностями хранятся в самих таблицах. Например, можно представить себе «разноцветные» отношения между пользователями социальных сетей. Подписка не в обычном смысле, это отношения между двумя экземплярами сущности «пользователь» (пользователь1 присоединяется к пользователю2).

На рис. 3 показывает систему базы данных по отношению к модели данных. Модули, ключевые инструкции и диаграмма производительности содержат вышеуказанные разделы. Все отношения являются «многие ко многим» и традиционно реализуются путем реализации так называемой «сводной таблицы» для хранения этих отношений. Помимо внешних ключей, эти таблицы могут содержать дополнительную информацию. Например, ключевая таблица модуля может содержать информацию о семестре, в котором преподается определенная часть академической программы. Учитывая объем этой статьи, нет необходимости упоминать эту информацию.

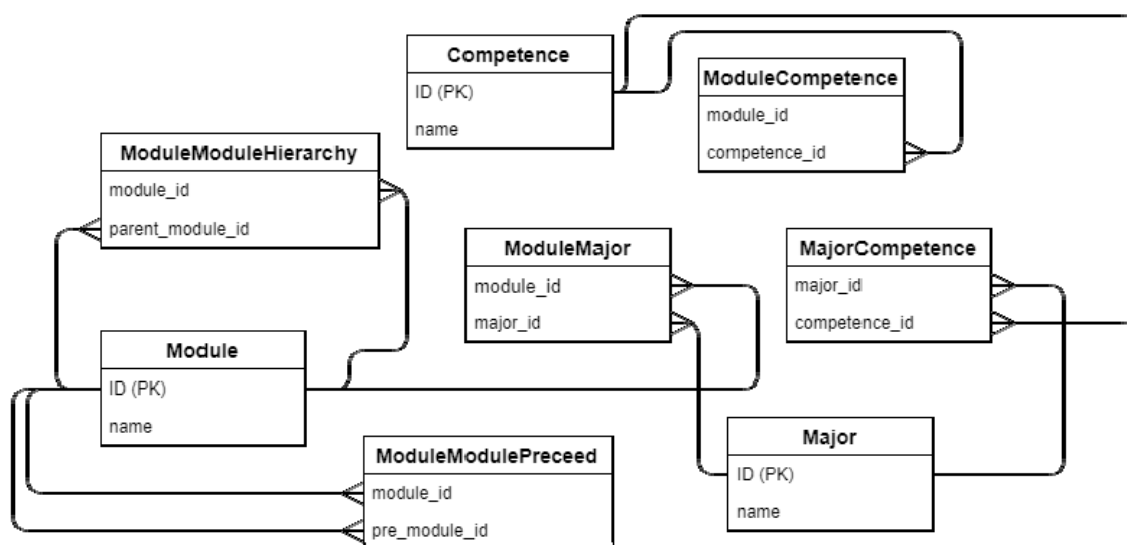


Рис. 3. Схема реляционной БД

### Использование графовых баз данных в цифровых образовательных системах

Для реализации описанной выше модели хранения была выбрана самая популярная на сегодняшний день СУБД Neo4j [6]. Его работа основана на содержании графов. Узлы хранят основную информацию об объектах и организованы по типам с использованием определенных узлов. Узлы также связаны между собой через отношения (ребра) и могут хранить информацию в своих журналах. Для информации используется кодовый язык, выражения, близкие по развитию к современному языку.

Как упоминалось выше, вышеприведенная структура данных может быть объяснена графически. Это означает, что вы действительно можете использовать Neo4j. Для основных областей определены три метки: модули, инструкции и возможности. Точки с разными метками могут хранить разные свойства.

В следующих примерах показаны обе модели данных, имитирующие обход графа. Однако проектирование реляционной модели повторяет одни и те же данные снова и снова, а рисование изображения требует повторения всех иерархий снова и снова. База данных графа, основанная на представлении графа, всегда перемещается от узла к его соседу за один шаг.

### Заключение

В анализе подчеркиваются преимущества цифрового обучения и выделяются некоторые приемы, которые показывают взаимосвязь между предлагаемыми проблемами, скоростью выполнения и простотой организации работы и позволяют им поддерживать себя. Вы можете использовать изображения продуктов как отдельный элемент в своем исследовании. Это позволяет нам думать об объектах как об изображениях.

Мы настаиваем на том, чтобы проект был представлен с относящейся к нему информацией, но информация для «дизайна» требует времени и требует много слов. Спросите, хотите ли вы использовать другие библиотеки. Чем больше систем используется в задаче, тем она становится сложнее и быстрее [7]. Дальнейшие исследования продолжатся, чтобы изучить инструменты NoSQL для управления данными в цифровом образовании и установить более широкий подход, характерный для хранения изображений, который может привести к дальнейшему прогрессу.

#### Список литературы:

1. Новиков Б. А. Основы технологий баз данных: учеб. пособие / Б. А. Новиков, Е. А. Горшкова, Н. Г. Графеева; под ред. Е. В. Рогова. — 2-е изд. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 582 с
2. Е. В. Улитина Инструментарий формализации индивидуальных образовательных траекторий // Электронные библиотеки. 2018. Т. 21 (3–4). С. 129–145.
3. Маркин, А. В. Системы графовых баз данных. Neo4j: учебное пособие для вузов / А. В. Маркин. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 303 с. — (Высшее образование).
4. Ченг Инь Чеонг. Новая парадигма реинжинирингового образования: глобализация, локализация и индивидуализация. Спрингер, 2005. 26 с.
5. Робинсон, Я. Графовые базы данных: новые возможности для работы со связанными данными // ДМК Пресс, 2016. - 256 с
6. Садаладж, Фаулер: NoSQL. Методология разработки нереляционных баз данных// Диалектика, 2020 г
7. Викнейр К. Сравнение графовой базы данных и реляционной базы данных // 2010. Статья №42

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ В ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ

Евразийский национальный университет им. Л. Гумилева, г. Нур - Султан, Казахстан

Ключевые слова: теория информации, измерение информации, формула Шеннона (информационная энтропия), педагогическая квалиметрия, тестирование.

Научные и практические результаты теории информации широко в компьютерных науках, математике, физике, лингвистике и других фундаментальных науках. Раскрыта сфера применения теории информации в области педагогической квалиметрии. Представлены пути использования формулы Шеннона в обработке результатов тестирования.

## THE USE OF INFORMATION ENTROPY IN THE PROCESSING OF TEST RESULTS

L. Gumilyov Eurasian National University, Nursultan, Kazakhstan

Keywords: information theory, information measurement, Shannon's formula (information entropy), pedagogical qualimetry, testing.

The scientific and practical results of information theory are widely used in computer science, mathematics, physics, linguistics, and other fundamental sciences. The scope of application of information theory in the field of pedagogical qualimetry is revealed. The ways of using the Shannon formula in the processing of test results are presented.

Центральное место в теории информации занимает процедура измерения параметров информации. В связи с прогрессом технических средств массовых и других коммуникаций, и в особенности с ростом объема передаваемых сообщений (информаций) появилась необходимость их измерения для улучшения условий передачи [1]. Поскольку информация характеризуется некоторыми параметрами, раскрывающими различные ее качества, следует измерять по мере возможности все эти параметры (количество информации, смысл и ценность информации, среднее значение и ценность информации и др.)

Теперь рассмотрим один из важных вопросов измерения информации – *измерение ценности информации*. Ценность информации не может быть определена независимо от конкретного процесса, в котором эти сведения используются, от рецептора информации. Приведем простой пример. Учебник физики для 11-ого класса содержит богатую информацию. Какова ее ценность? Для ученика начального класса эта ценность равна нулю, так как он еще не в состоянии эту информацию воспринять. Для ученого-физика она также равна нулю, так как все это он уже знает. Наибольшую ценность учебник представляет для учащихся 11-класса. Таким образом, ценность одной информации для различных лиц может быть различной, она зависит от предварительного запаса информации, которым уже располагает ее приемник.

Хотя такое субъективное свойство как «ценность» (или «значимость») информации до недавнего времени непосредственно не измерялось, однако посредством *информационной энтропии* (формула Шеннона) этот важный параметр информации стал измеряемым, что нашло применение в обработке результатов тестирования [2].

Основные положения теории вероятности и математической статистики более 30 лет успешно используются в педагогической квалиметрии, то есть в тестовом контроле учебной деятельности обучающихся. Педагогическая квалиметрия стала одной из главных направлений педагогической науки, которая призвана контролировать учебную деятельность обучающихся и «объективно проверить и измерять результаты процесса обучения и воспитания. От объективности оценки знаний обучающихся зависят такие важные педагогические результаты:

самооценка и самоутверждение личности, уважение к себе и окружающим, положительная мотивация к обучению и т.д.» [3].

Одним из направлений применения основ теории информации в практической деятельности человека служит измерение параметров учения обучающегося посредством уравнивания информационной энтропии. В настоящее время среди различных подходов контроля учебной деятельности учащихся тестирование считается более справедливым и объективным способом измерения их знаний. Известно, что тестирование относится к статистической форме контроля знаний и то есть имеет информативную сущность. На основе тестирования мы обычно получаем информацию о количественной характеристике знаний обучаемого. Это информация определяется формулой

$$I_i = - \ln P_i, \quad P_i = L_{+i}/L \quad (1)$$

где  $P_i$  - вероятность правильного ответа на вопрос с номером  $i$ ,  $L_{+i}$  - число правильных ответов,  $L$  - число испытуемых. Вероятность принимает значение между нулем и единицей, следовательно, логарифм от  $P_i$ , будет отрицательным числом, но из-за знака минус в формуле (1) результат будет положительным числом - информация принимает положительные значения в интервале от нуля до бесконечности.

Более информативным будет маловероятное ( $P_i \approx 0$ ) событие - правильные ответы к трудному вопросу. Если  $P_i \approx 1$ , т.е. на вопрос с номером  $i$  все испытуемые нашли правильный ответ, то информация от этого вопроса близка к нулю, т.к.  $\ln 1 = 0$ . Отсюда следует, что именно информация является количественной характеристикой относительной трудности, значимости вопроса; при обработке результатов, окончательном подборе вопросов теста необходимо использовать формулу (1).

Информация, определенная таким образом, является элементарным актом проявления знания и определяет коэффициент значимости конкретного вопроса предлагаемого теста. По единичным ответам без обоснования, доказательства правильности его выбора нельзя судить об уровне знаний испытуемого. При тестировании об относительном уровне знаний можно судить только по среднему значению информации или информационной энтропии, определяемой по формуле

$$S = - \sum_i P_i \ln P_i, \quad (2)$$

где индекс суммирования  $i$  принимает значения, равные номерам вопросов, на которые даны правильные ответы.

Понятие *энтропии* является общенаучным, характеризует степень равновесия, совершенства сложного объекта, меру неопределенности (из-за его сложности) этого объекта. Относительный уровень знаний будет выше у того абитуриента (ученика), у которого информационная энтропия тестирования больше, т.е. больше мера неопределенности (трудности) вопросов, на которые получены правильные ответы.

При определении конкурсных мест по тестированию (например, на вступительных, выпускных экзаменах) учитывается коэффициент значимости каждого вопроса, путем вычисления соответствующей информации. Относительный уровень знаний каждого испытуемого определяется средней информацией или информационной энтропией.

*Пример.* Рассмотрим обработки результатов конкурсного тестирования посредством формулы Шеннона. Воспользуемся предложенной таблицей результатов тестирования (рис.1), где указаны правильные ответы семи испытуемых ( $L = 7$ ) на 5 вопросов ( $i = 5$ ).

Справа таблицы представлены баллы  $\Sigma$ , вычисленные простым суммированием. Очевидно, что на основе простого суммирования одинаковых баллов за каждый вопрос нельзя делать окончательные выводы об уровне знаний. Суммарные баллы оказались одинаковыми у нескольких испытуемых, хотя они ответили правильно на разные вопросы (случаи  $L = 1, 3, 4, 7$ ). Кому нужно отдать предпочтение?

Вопросы с номерами  $i = 1, 4$  оказались относительно трудными, значит, эти вопросы несут в себе большую информацию, то есть они ценнее, нежели другие вопросы теста. Напротив, второй вопрос имел нулевую ценность для этой группы тестируемых. Какое преимущество должны получить участники конкурса, которые затратили больше времени на первые трудные вопросы и

правильно ответили на них? Суммарный балл каждого столбца делится на общее число испытуемых  $L = 7$  и находится  $P_i$  - вероятность правильного ответа на  $i$  - вопрос. После этого вычисляется информация  $i$  – вопроса по формуле  $I_i = -\ln P_i$ . Умножая  $P_i$  на  $I_i$ , соответствующие только правильным ответам, и суммируя эти произведения по строке, находим информационную энтропию  $S$  знания каждого испытуемого. Например, информационная энтропия (средняя информация) знания первого испытуемого равна  $S_1 = 0,3579 + 0 + 0,2403 = 0,5983$ . Относительный уровень знаний выше у того, у кого информационная энтропия  $S$  знания больше. Поскольку испытуемые под номерами 3 и 7 имеют одинаковую информационную энтропию знания, они должны делить 4-ое и 5-ое места. Окончательное распределение конкурсных мест представлено в столбце № .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Таблица определения конкурсных мест по тестированию								
3									
4	$L \setminus i$	1	2	3	4	5	$\Sigma$	$S$	№
5	1 ученик	1	1	0	0	1	3	0,59826959	3
6	2 ученик	0	1	1	0	0	2	0,31978045	7
7	3 ученик	0	1	1	0	1	3	0,56011776	4
8	4 ученик	0	1	0	1	1	3	0,60346497	2
9	5 ученик	0	1	0	1	0	2	0,36312765	6
10	6 ученик	1	1	1	1	1	5	1,28117769	1
11	7 ученик	0	1	1	0	1	3	0,56011776	4
12	$L_{+i}$	2	7	4	3	5			
13	$P_i$	0,28571429	1	0,57142857	0,428571429	0,714285714			
14	$I_i$	1,25276297	0	0,55961579	0,84729786	0,336472237			
15	$P_i I_i$	0,35793228	0	0,31978045	0,363127654	0,240337312			

Рис.1

Обработку данных тестирования целесообразно проводить с помощью приложения Microsoft Excel.

### Заключение

На конкретном примере из педагогической квалиметрии раскрыто прикладное свойство информационной энтропии. Доказано, что измерение ценности информации должно улучшать обработки результатов тестирования. Посредством информационной энтропии один из важных параметров информации – ее ценность стала измеряемой, что нашло применение в педагогическом измерении.

### Литература:

- 1 Турдина А.Б., Мукушев Б.А. Теоретические и прикладные вопросы измерения параметров информации // МНПК «Инфокоммуникационные технологии: Актуальные вопросы цифровой технологии» 26-27 января 2022 г. Г.Екатеринбург.
- 2 Жанабаев З.Ж. Мукушев Б.А., Мукушев С.С., Турдина А.Б. Использование информационной энтропии при контроле учебной деятельности обучающегося // Информатика и образование. 2008. №10. С.120-124.
- 3 Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий. – 3 изд. М.: Центр тестирования, 2002. -240 с.

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ В МЕДИЦИНЕ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: байесовская сеть, данные с неопределённостью

В статье представлен анализ сравнения двух моделей Байесовских сетей такие как Байесовская сеть доверия и Алгебраическая Байесовская сеть, которые могут быть применены для данных с неопределенностью и противоречивостью. Проведён обзор работ, содержащих описание результатов использования данных моделей в медицине.

## ANALYSIS OF THE USE OF BAYESIAN NETWORKS IN MEDICINE

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: Bayesian network, data with uncertainty

This article presents a comparison of two Bayesian network models, such as the Bayesian confidence network and the Algebraic Bayesian network, which can be applied to data with uncertainty and inconsistency. A review of works describing the results of the use of these models in medicine is given.

Введение. В настоящее время все больше данных об пациентах из привычного физического формата переносятся в цифровой, что делает анализ данных более простым для автоматического хранения и доступности для пользователя, на основе данных, полученных путём анализа, можно поставить диагноз или выявить начальные стадии какого-либо заболевания. Так как данные предоставляются пациентами, данные могут иметь неполноту или неопределённость, то для их обработки и дальнейшего анализа используются модели такие как Байесовская сеть.

Ставятся следующие задачи:

- 1) Изучить модели, которые могут работать с данными, которые имеют неопределённость или противоречивость;
- 2) Изучить работы посвящённые использованию моделей и результаты которые были получены в результате исследования.

В настоящее время существует множество математических моделей для представления знаний с неопределённостью, например: Байесовские сети доверия, алгебраические Байесовские сети, динамические Байесовские сети (марковские процессы, скрытые марковские процессы).

Байесовские сети (БС) — это графические структуры для представления вероятностных отношений между большим количеством переменных и для осуществления вероятностного вывода на основе этих переменных.

БС обычно используются в случае, когда имеется ряд связанных друг с другом событий (пропозиций), вероятности истинности которых могут быть получены от специалистов предметной области. БС должна сопоставить информацию (знания) от экспертов так, чтобы отдельные факты не противоречили друг другу. Затем принимаются во внимание фактические данные (свидетельства) о произошедших событиях или возможные вариации априорных вероятностей.

Для данной статьи были выбраны несколько БС, а именно Байесовская сеть доверия и Алгебраическая Байесовская сеть. Рассмотрим же их более подробно.



Байесовская сеть доверия. Байесовские сети доверия (БСД, причинно - следственные сети) предназначены для создания вероятностных экспертных систем с использованием байесовского вывода и применяются при решении задач с неопределённостью, связанной с [1,2]:

- а) многообразием причинно-следственных связей в исследуемой предметной области;
- б) наличием неполных знаний о параметрах;
- в) случайными факторами, влияющими на осуществление событий.

БСД применяются в задачах описания взаимосвязей — различных переменных и могут быть изображены, как направленный граф причинно - следственных связей, являющийся ациклическим (направленные циклы недопустимы). События являются вершинами графа, а причинно - следственные связи между ними обозначены ребрами. Такой подход позволяет производить оценку вероятностей событий, зависящих от других событий [1].

БСД может быть использована для вычисления вероятности того, в чем причина не исправности устройства, основываясь на данных, полученных из датчиков и поведением устройства в целом. Таким образом, строятся зависимости между сигналами и неисправности устройства. На рисунке 1 представлено графическое представление Байесовской сети доверия. Как видно, по изображению 1, что В и С зависят от А.

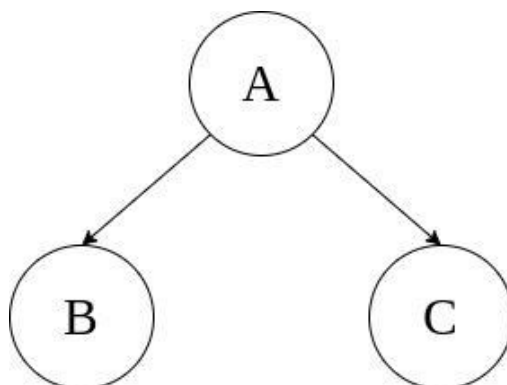


Рисунок 1 — Пример Байесовской сети доверия

Существует множество методов, основанных на теореме Байеса, но в конечном итоге все они сводятся к одной простой формуле (1):

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) * P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

где,  $P(A|B)$  – вероятность наступления события А при условии, что событие В уже случилось,  
 $P(B|A)$  – вероятность наступления события В, при условии, что событие А уже случилось,  
 $P(A)$  – полная (априорная) вероятность исследуемого события А,  
 $P(B)$  – полная (априорная) вероятность исследуемого события В.

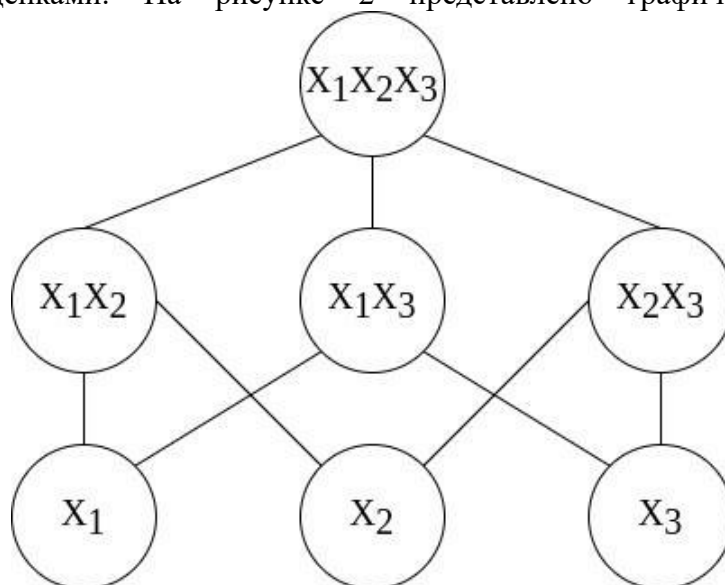
Пусть  $A_1, A_2, A_3 \dots A_n$  полная группа несовместных взаимоисключающих событий. Тогда апостериорная вероятность  $P(A_i | B)$  каждого из событий  $A_i, i = 1..n$  при условии, что произошло событие В выражается априорной вероятностью  $A_i$  (2):

$$P(A_i | B) = \frac{P(B | A_i) * P(A_i)}{P(B)} = \frac{P(B | A_i) * P(A_i)}{\sum_{i=1}^n P(B | A_i) * P(A_i)} \quad (2)$$

Алгебраическая байесовская сеть. Алгебраические байесовские сети — одна из парадигм представления знаний с неопределённостью. В основе АБС лежит использование вероятностной логики и моделей сложных систем, основанных на графах. Но в отличие от байесовских сетей доверия, АБС предоставляют возможность работать не только с точными оценками вероятностей, но и с интервальными. Более того, байесовские сети могут моделироваться алгебраическими байесовскими сетями. Однако, большая выразительная сила алгебраических байесовских сетей приводит к тому, что произвольная заданная сеть может оказаться противоречивой [3, 4].

В теории АБС лежит принцип разбиения связанных по смыслу данных на небольшие фрагменты, фрагменты моделируются графами, в вершинах которых содержатся вероятностные

оценки истинности соответствующей информации, ребрами указывается на вероятность между вероятностными оценками. На рисунке 2 представлено графическое представление



Алгебраической Байесовской сети.

Рисунок 2 — Фрагмент знаний построенный над алфавитом  $\{x_1, x_2, x_3\}$

Главное отличие АБС от БСД в том, что в первой нет причинно - следственной связи.

Поиск показал, что существуют разные успешные реализации Байесовских сетей в медицине, так Alarm — медицинское диагностическое приложение для наблюдения за пациентом, построено на основе БС объёмом в 37 узлов. Сеть предлагает 8 диагнозов, используя 16 разных симптомов, возвращая пользователю сообщения о возможных проблемах в здоровье. БС Asia (Lung Cancer), состоящая из 8 узлов, диагностирующая рака лёгких или туберкулёз. БСД Diabetes состоящая из 413 узлов, используется для коррекции дозы инсулина на основе состояния пациента.

Далее проанализируем работы, в которых применяются БС.

В статье Jun Chen, Xiaoya Dai, Quan Yuan, Chao Lu and Haifeng Huang «На пути к интерпретируемому клиническому диагнозу с помощью байесовских сетевых ансамблей, основанных на CNN, учитывающих сущность» [5] была предпринята попытка создать систему на основе Байесовской сети и нейронных сетей, которая могла бы выполнять автоматический анализ на основе текстовых данных, поскольку это остается сложной задачей. задача для клинического использования, поскольку она требует соответствующего баланса между точностью и интерпретируемостью. В текущей статье они пытаются предложить решение путем введения новой структуры, которая объединяет ансамбли Байесовских сетей поверх сверточных нейронных сетей с учетом сущностей для создания точной, но интерпретируемой системы диагностики. Предлагаемая ими структура использует преимущества высокой точности и общности глубоких нейронных сетей, а также интерпретируемости Байесовских сетей, что имеет решающее значение для здравоохранения с поддержкой искусственного интеллекта. Данные были взяты из электронных медицинских карт из больниц и аннотированы профессиональными врачами. Систему, которая предложена в данной статье превосходит предыдущие методы автоматической диагностики по точности, и объяснение диагностики является разумным. В результате текущей статьи были получены следующий результат: была предложена новая структура, которая использует Байесовскую сеть поверх сверточных нейронных сетей с учетом сущностей, и оценка, проведенная на реальных документах электронной карты из больниц, подтверждает эффективность предлагаемой структуры по сравнению с базовыми показателями в автоматическом режиме. диагностика с помощью ЭМИ.

И в статье Roth Jan A., Sakoparnig Thomas, Gerber Martin, Hug Balthasar L исследовательская группа PATREC «Байесовские сети для выявления потенциальных кластеров мультиморбидности высокого риска и вмешательств у стационарных пациентов: исследовательское исследование

интеллектуального анализа данных» [6] цель исследования изучить кластеры мультиморбидности высокого риска и вмешательства с использованием данных методы интеллектуального анализа данных, а именно взаимная информация и байесовский сетевой анализ, для оценки взаимосвязи между характеристиками стационара, диагностики и вмешательства, а также результаты для здоровья (незапланированная повторная госпитализация и смертность в больнице) на основе медицинских записей пациентов. Результат текущей работы: в ходе анализа взаимной информации они выявили 32 кластера диагнозов/мультиморбидности и 24 кластера вмешательств. Эти кластеры охватывали широкий спектр диагнозов, а также медицинских и хирургических вмешательств. В ходе последующего анализа байесовской сети было обнаружено, что некоторые из этих кластеров напрямую связаны со смертностью в больнице и/или незапланированными повторными госпитализациями. Кроме того, различные кластеры мультиморбидности и вмешательств были лишь косвенно связаны с внутрибольничной смертностью и незапланированными повторными госпитализациями через характеристики пациента и госпитализации (пол, возраст, статус экстренной госпитализации и количество сопутствующих заболеваний). Для случаев смерти от всех причин в больнице и незапланированной повторной госпитализации были выбраны, в иллюстративных целях и для лучшей интерпретируемости, описание восьми байесовских сетей, и данные свидетельствуют о том, что основные характеристики случаев (возраст, статус экстренной госпитализации и количество сопутствующих заболеваний) объясняют низкую смертность в кластере.

Вывод. В данной статье был проведён анализ моделей для работы с данными, которые имеют неопределённость или неполноту в лице Байесовской сети, а также более подробно разобраны две из них - БСД и АБС. Проведён поиск для выявления успешной реализации БС в медицине, а также проанализированы научные работы, в которых использовались БС и результаты исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Jensen, F. V. Bayesian Networks and Decision Graphs / F. V. Jensen //NY: Springer Verlag, 2001. - 268p.
2. Probabilistic Networks and Expert Systems: tutorial / R. G. Cowell, P. Dawid, S. L. Lauritzen, D. J. Spiegelhalter.//New York: Springer-Verlag, 1999. - 205p.
3. Сироткин А.В. Алгебраические байесовские сети как вероятностно-семантический образ байесовских сетей доверия // X Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2007), Санкт-Петербург, 25-27 июня 2007 г.: Сборник докладов. Т. 1. СПб.:СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007. С. 208-211
4. Тулупьев А.Л. Байесовские сети доверия и алгебраические байесовские сети: сравнительный анализ выразительной мощности // Интеллектуальные методы и информационные технологии. Вып. 2. СПб.: СПИИРАН, 1997. С. 121-147
5. Jun Chen, Xiaoya Dai, Quan Yuan, Chao Lu, Haifeng Huang. Towards Interpretable Clinical Diagnosis with Bayesian Network Ensembles Stacked on Entity-Aware CNNs / Jun Chen, Xiaoya Dai, Quan Yuan, Chao Lu, Haifeng Huang //Association for Computational Linguistics — 2020, July
6. Jan A Roth, Thomas Sakoparnig, Martin Gerber, Balthasar L Hug. Bayesian networks to identify potential high-risk multimorbidity and intervention clusters in inpatients: an explorative data mining study / Jan A Roth, Thomas Sakoparnig, Martin Gerber, Balthasar L Hug //Swiss Med Wkly — 2022, Aug

## **РАЗРАБОТКА ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ**

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина в г. Астана,  
Республика Казахстан

Ключевые слова: система охраны, волоконно-оптический датчик, несанкционированный доступ, оптическое волокно, охраняемый периметр.

В статье предлагается новый метод контроля интенсивности световой волны распространяющейся в оптическом волокне и сформированных дополнительных потерь при механическом воздействии на него. Представлены результаты разработки волоконно-оптической системы охраны периметров объектов различного назначения объектов, включая пограничные рубежи. Метод основан на программном анализе изменения картины пикселей светового пятна, падающего на поверхность фотоматрицы высокого разрешения установленной на выходе из оптического волокна. Была реализована цель заключающаяся в создании лабораторного образца и программного обеспечения. Програмное обеспечение позволяет оценивать изменения интенсивности светового пятна в зависимости от ситуации на охраняемом периметре в режиме реального времени метров и подавать сигнал тревоги оператору при попытке преодаления охраняемой зоны нарушителем. Предложенная система охраны является энергосберегающей и ресурсосберегающей, так как не использует металлические проводники и электрические сигналы. По волоконно-оптическим сенсорам распространяется световая волна которую не возможно подавить средствами радиоэлектронной борьбы.

**A.D. Mekhtiyev, L.N. Kirichenko, I.M. Kazambayev**

## **DEVELOPMENT OF SECURITY SYSTEM OF POWER CABLES WITH APPLICATION OF OPTICAL FIBRE SENSORS**

Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University in  
Astana,  
Republic of Kazakhstan

Keywords: security system, fiber-optic sensor, unauthorized access, optical fiber, protected perimeter.

The article proposes a new method of controlling the intensity of the light wave propagating in optical fiber and the additional losses generated by the mechanical impact on it. The results of the development of a fiber-optic system for perimeter protection of objects of various purposes of objects, including borderlands, are presented. The method is based on the program analysis of pixel pattern changes of the light spots falling on the surface of a high-resolution photo matrix installed at the output of the optical fiber. The goal was realized, which is to create a laboratory sample and software. The software allows to estimate changes of light spot intensity depending on the situation at the guarded perimeter in real-time and to give an alarm signal to the operator when an intruder tries to penetrate the guarded area. The proposed security system is energy- and resource-saving, since it does not use metallic conductors or electrical signals. Fiber-optic sensors propagate light waves that can not be suppressed by electronic warfare.

В настоящее время существуют проблемы, связанные с кражей силовых кабелей, проводов воздушных линий. Одной из пострадавших организаций является районная энергетическая компания Астана РЭК, в распределительных сетях которой, согласно сообщениям СМИ, похищаются силовые кабели 0,4 кВ, причем, не только находящиеся под напряжением, но и

резервные. Однако, основной метод решения данной проблемы посредством применения правоохранительных органов не эффективен [1]. Силами полиции и охранных структур не получается решить данную проблему, что подтверждается публикациями сообщений о кражах электрических проводников в СМИ [2]. Причем, существующие системы охраной сигнализации реагируют на проникновение внутрь помещения трансформаторной подстанции (ТП) или колодца, но не обеспечивают защиты кабельного канала от подкопа [3].

В целях обеспечения безопасности существуют различные охранные системы, построенные с применением различных видов датчиков. Одним из возможных решений является система мониторинга безопасности силовых кабелей на основе использования квази-распределенных волоконно-оптических датчиков (КРВОД), которые устанавливаются непосредственно на сам кабель и проходят вдоль всей его длины. Данные приборы способны не только установить факт вторжения, но и определить точное место вторжения [4]. При оказании механического воздействия на силовой кабель, свойства световой волны изменяются, согласно измерениям которых можно определить место предполагаемого похищения.

Целью данного исследования является разработка интеллектуальной автоматической охранной системы, функцией которой является мониторинг безопасности силового кабеля для предупреждения о возможном вредительстве. Задачей также является создать принципиально новую волоконно-оптическую систему охраны, имеющую значительно меньшую стоимость по сравнению с существующими аналогами, но полностью адаптированную к климатическим условиям города Астана и условиям эксплуатации Астана РЭК.

Предложенная система мониторинга безопасности силового кабеля устроена следующим образом (рис. 1). Бесперебойный источник питания постоянного тока 1 подключен к когерентному генератору оптического сигнала (лазера) 2 с длиной волны 650 нм и мощностью 10-30 мВт, зависящей от длины КРВОД. Оптический изолятор 3 выполняет функцию стабилизации оптического излучения прибором 2, вызванных прибором 1. В целях снижения помех от источника излучения используется оптический поляризатор и изолятор 3. Оптическое излучение разделяется в пропорции один к четырем в оптическом разветвителе 4. Оптические датчики 5, установленные вдоль кабелей в каналах 6, являются чувствительными органами, по которым проходит оптический сигнал, возвращается в разветвитель 4 и поступает на фотоматрицу 7. Устройство предварительной обработки 8 устраняет наведенные помехи и преобразует полученный от приборов 7 сигнал для дальнейших вычислений. Каналы на схеме обозначены позицией 5. Затем сигнал через устройство согласования 9 и соединительный кабель 10 поступает к вычислительному устройству 11, которое в данном случае является компьютером [5, 6].

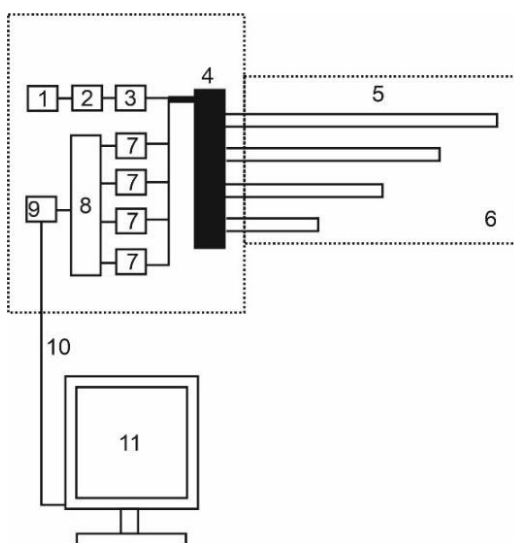


Рис. 1. Структурная схема лабораторного образца системы мониторинга

По причине того, что на работу охранной системы оказывают влияние множество факторов для обработки сигнала, была разработана программа на основе машинного обучения, способную отличать помехи. Полученное изображение светового пятна преобразуется в негативное, а затем измерение и принятие решений основывается на количествах пикселей в контуре (рисунок 2). При механическом воздействии на волоконно-оптический проводник изменяется пиксельная картина светового пятна. Программа преобразовывает все изменения интенсивности светового пятна и возрастающие дополнительные потери в картину изменения пикселей [7].

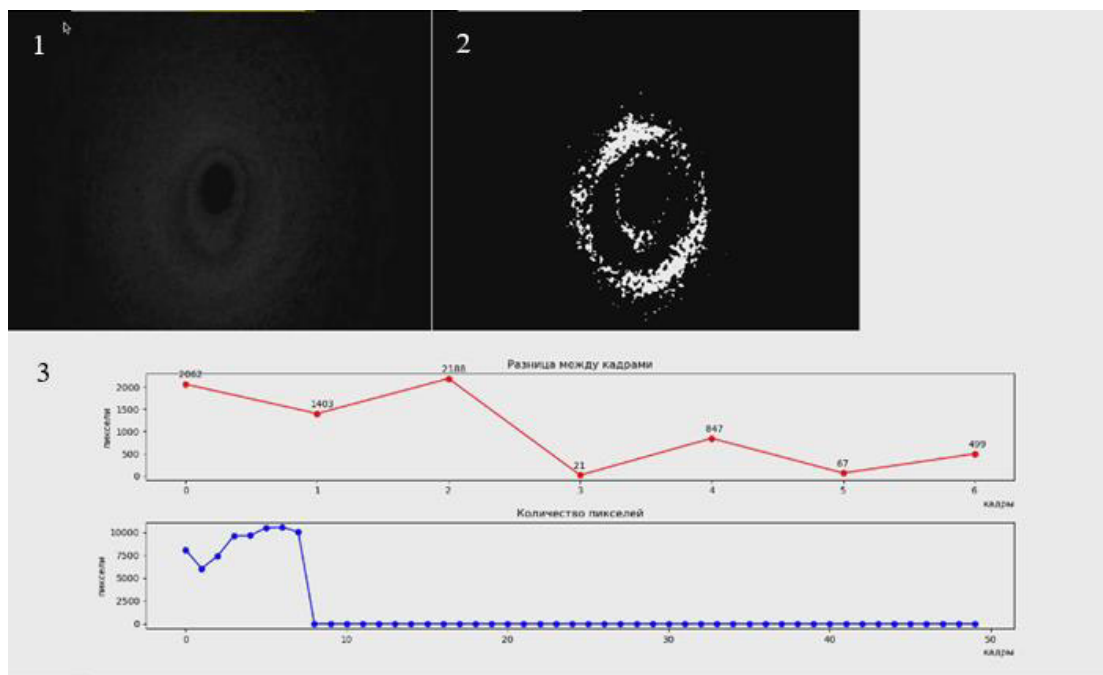


Рис. 2. Окно программы с измерениями количества пикселей

На основе количества пикселей принимается решение о том необходимо ли оповещать о нарушении безопасности устройства. Причем в блоке мониторинга активности представляются размеченные шкалы, соответственно для каждой камеры. Шкалы представляют собой: верхняя – количество белых пикселей, яркость которых выше заданного порога яркости, нижняя – изменения количества пикселей выше заданного порога яркости между двумя последовательными измерениями, шкала имеет лимит заданным полем «значение порога чувствительности регистрации движений». Шкала размечена через промежутки 20% от максимума, с указанием числовых значений.

При достижении порогового значения в блоке индикаторов состояния и сигналов оповещается о нарушении безопасности силовых кабелей (рис. 3).



Рис. 3. Блок индикаторов состояния и сигналов в выключенном положении

Индикатор детекции тревоги, при срабатывании заданного количества сигналов «движение» становится красным и надпись изменяется на точное время зарегистрированной тревоги, при отсутствии тревоги становится белым (рис. 4).

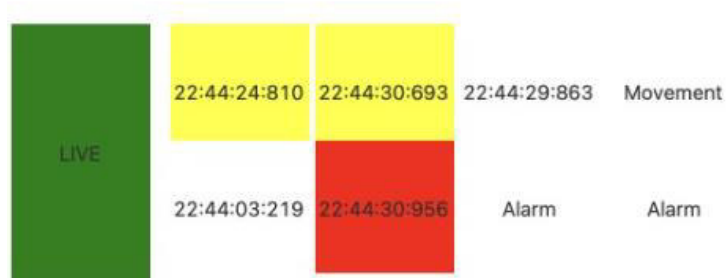


Рис. 4. Режим срабатывания сигнала «тревога»

Блок регистрации движения с ведением логов по времени, в него записываются все движения за текущий запуск, прокрутка осуществляется колесиком мыши (рисунок 5)

Время регистрации дви	Время регистрации дви	Время регистрации дви	Время регистрации дви
22:43:53:635	22:43:36:399	22:44:25:701	
22:43:57:632	22:43:36:958	22:44:26:742	
22:44:24:810	22:43:37:527	22:44:29:863	
	22:43:40:319		
	22:43:40:880		
	22:43:41:441		
	22:43:42:001		
	22:43:46:470		

Рис. 5. Блок регистрации движения с ведением логов по времени

Все блоки предоставляют полную информацию об изменениях абсолютных и скоростных изменения пятна в режиме реального времени с сохранением времени срабатывания сигналов возможностью полной настройки с мгновенным применением параметров.

В нормальном режиме работы возможно возникновение помех, связанных с нарушением когерентности лазера, для их снижения необходима стабилизация параметров напряжения и тока, допустимые отклонения при длине волны 650 нм должны быть не более 5 нм. При проведении лабораторных экспериментов волоконно-оптический нагревался до температуры от 23 до 50 °С, при этом ложного срабатывания ВОСО не зафиксировано, соответственно предложенный метод контроля интенсивности светового пятна и дополнительных потерь более эффективный и менее зависим от колебания температуры, которая вызывает изменение коэффициента преломления ОВ. Анализ изображения рисунка 7 показывает, что достаточно высокая вероятность обнаружения вторжения в охраняемый периметр при воздействии на ОВ, так как система может четко распознавать вторжение и помехи. Картина изменения пикселей от черного к белому цвету при возникновении помех отличается от картины пикселей при вторжении и воздействии на ВОС. При отсутствии воздействия на ВОС их уровень произвольно возникающих белых пикселей достаточно низкий и может достигать значения в 1000 единиц, а при воздействии уже десятки тысяч.

Предложенный метод позволяет контролировать механическое воздействие на волоконно-оптический проводник по изменению уровня дополнительных потерь и изменению интенсивность световой волны, падающей на поверхность фотоприемника, а интеллектуальная обработка изображения пятна позволяет отслеживать изменения интенсивности отдельных пикселей. Нужно отметить, что падающий свет на поверхность телевизионной матрицы содержит значительное количество шумов, это видно на рисунка 1 и 2, для снижения помех необходимо снизить шум и пульсацию источника излучения. Шум негативно влияет на работу системы, но интеллектуальная программа отслеживает динамику изменения формы светового пятна и способна отделять флюктуации, вызванные внешними факторами, например, внешними помехами, от полезных сигналов при воздействии на ОВ нарушителя. Важным моментом борьбы с ложными является шумом способность системы ступенчато изменять свою чувствительность, первоначально она настроена на максимальную чувствительность для контроля начальных смещений и подачи предупредительных сигналов оператору, после чего происходит

автоматическое загрузке параметров для точности фиксации смещения и исключения ложного измерения.

Испытания системы показали достаточно высокую надежность срабатывания при воздействии на волоконно-оптический проводник. Значение вероятности срабатывания составили 0,87. В сравнении с зарубежными аналогами, у которых вероятность срабатывания составляет 0,9-0,95 при различных ситуациях, например, одиночный нарушитель, группа нарушителей или автотранспорт. В дальнейшем будет повышена вероятность срабатывания до 0,9, при снижении вероятности ложного срабатывания до 0,1.

Цель научной работы реализована полностью, результатом является разработанный опытный образец автоматической системы охраны периметров с использованием волоконно-оптических проводников. Предложен новый метод, позволяющий преодолеть ряд недостатков известных методов оптической интерферометрии и рефлектометрии, а также волоконных решёток Брэгга, которые требуют достаточно дорогостоящих структурных компонентов охранных систем и специфического программного обеспечения на основе искусственного интеллекта. Формируется перспектива создания приемлемых по цене систем мониторинга отечественного производства, а также волоконно-оптических датчиков для различных отраслей промышленности. Предлагаемая система может стать альтернативой для замены устаревших систем охраны военных объектов, использующих электрические сигналы, в некоторых случаях произведенные еще бывшего СССР, при этом будет полностью исключаться блокировка и подавление специальными средствами.

Есть перспектива использования предложенной системы для охраны не только кабельных каналов, но и периметров предприятий, так как дистанция протяженности каналов в 20 км вполне приемлемая для установки на небольших по площади предприятиях и если нескольких блоков по 64 канала, то это позволит контролировать ограждение и грунт по периметру, при этом волоконно-оптических проводников будет проложено в несколько проходов, что позволит не только обнаружить место вторжения с точностью от 20 до 500 метров но и указать направление перемещения нарушителя. Предложенная волоконно-оптических проводников может быть интегрирована в систему видеонаблюдения и иметь дополнительные органы контроля, например, беспилотные летательные аппараты, которые будут подниматься в воздух по сигналу тревоги.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Кабель на 2 млн тенге украли в Астане. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://365info.kz/2016/04/kabel-na-2-mln-tenge-ukrali-v-astane>
- 2 Подозреваемых в краже кабеля на 1,5 млн тенге задержала полиция Астаны. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://astana.gov.kz/ru/news/news/3724>
- 3 Периметровые средства обнаружения на основе технологии «ВОРОН». Available at: <https://www.grand-prix.ru/upload/iblock/73e/voron.pdf>
- 4 Yurchenko A., Mekhtiyev A., Bulatbayev F., Neshina Y., Alkina A. The Model of a Fiber-Optic Sensor for Monitoring Mechanical Stresses in Mine Workings // Russian Journal of Nondestructive Testing 54(7) (528)-(533). URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.244897doi.org/10.1134/S1061830918070094>
- 5 Yugay, V., Mekhtiyev, A., Neshina, Y. Aubakirova, B., Aimagambetova, R., Kozhas, A., Alkina, A., Musagazhinov, M., Kovtun, A. Design of an information-measuring system for monitoring deformation and displacement of rock massif layers based on fiber-optic // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6 (5 (114)), 2021. Pp. 12–27. (Scopus Q3, 44) URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.244897>
- 6 Angelo Catalano, Francesco Antonio Bruno, Carlo Galliano, Marco Pisco, Giovanni Vito Persiano, Antonello Cutolo, Andrea Cusano. An optical fiber intrusion detection system for railway security // Sensors and Actuators A: Physical Volume 253, 2017 Pages 91-100. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2016.11.026>
- 7 Сидорова, А. В. Python как инструмент оптимизации режима ГЭС в составе ЭЭС / А. В. Сидорова, А. А. Черемных, А. Г. Русина // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 2(50). – С. 119-132.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УМНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ РАЗНОЙ АРХИТЕКТУРЕ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К УМНОМУ ЗЕРКАЛУ**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ)

Ключевые слова: Raspberry Pi, IoT, SmartMirror, Hostapd.

В статье приведены варианты подключения устройств. Приведены выводы о том, какая архитектура подключения подойдёт больше при создании системы IoT.

**I.V. Korobitsyn, N.V. Budyldina, E.V. Yurchenko**

## **THE STUDY OF THE INTERACTION OF SMART DEVICES WITH DIFFERENT ARCHITECTURES OF CONNECTION TO A SMART MIRROR**

Siberian State University of Telecommunications and Informatics (SibGUTI) Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI)

Keywords: Raspberry Pi, Lot, SmartMirror, Hostapd.

The article provides options for connecting devices. Conclusions are given about which connection architecture is more suitable when creating an IoT system.

Из литературы [1], понятие «Умный» дом, это система, которая обеспечивает безопасность, ресурсосбережение и комфорт для всех жителей данного дома. Такая система подразумевает слаженную работу систем дома (контроль факторов, влияющих на необходимость включения или отключения определённых функций подсистем). «Умные» гаджеты подключаются к системе и работают воедино.

Таким образом, возникает вопрос о дополнении системы «умного» дома такими гаджетами, которые могут работать как в одной системе, так и автономно, предоставляя необходимые функции каждому пользователю дома. Один из них – «умное» зеркало, благодаря которому можно упростить получение нужной информации и управления «умным» домом.

Ежедневные рутинные процессы происходят перед этим предметом интерьера. Зеркала встречаются в каждой квартире, офисе, машине, магазине, лифте. Основная и единственная функция зеркал – показать человеку его отражение, но, дополнив его функциональными возможностями и информационными технологиями, можно сделать так, что оно приобретёт большее практическое применение.

В данной работе будут рассмотрены две архитектуры подключения устройств к умному зеркалу, которое работает с помощью ПО SmartMirror, а также как должен выглядеть экран с подключенными устройствами.

Целью данного исследования было выявить достоинства и недостатки разных архитектур построения сетей умных вещей, а также выявить, какая архитектура сети подходит для построения сетей умных вещей.

Рассмотрим архитектуры:

- 1) С участием маршрутизатора. Данная архитектура представлена на рисунке 1.

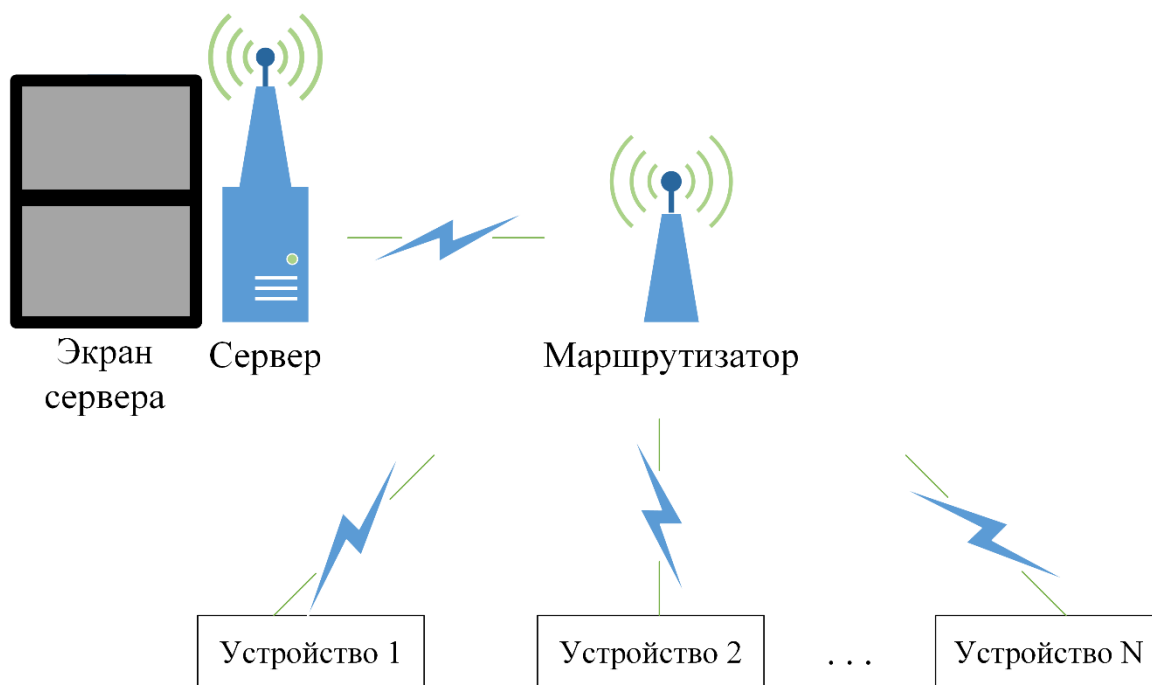


Рисунок 1 – Архитектура подключения через точку доступа

Она подразумевает собой то, что опорным пунктом подключения является маршрутизатор (точка доступа). К маршрутизатору подключают все имеющиеся устройства по технологии Wi-Fi, и в дальнейшем маршрутизатор подключается к серверу, роль которого выполняет микрокомпьютер Raspberry Pi. К серверу подключен экран, размеры экрана могут быть различные, от экрана телефона до большого телевизора. На экран выводятся данные с устройств, от показателей влажности, до текущего состояния устройств (подключен ли он, какие функции выполняет в данный момент, последние данные и прочее). Далее, сервер, передаёт данные на внутреннюю платформу Node-Red, который передаёт эти данные на внешний сервис управления, как пример, Yandex Smart Home.

Достоинства данной архитектуры:

- простота подключения;
- возможность подключить большое количество устройств;
- основная нагрузка выполняется маршрутизатором, что облегчает работу серверу

Недостатки данной архитектуры:

- в случае отказа маршрутизатора, происходит отказ всей сети;
- сервер, не может контролировать состояние маршрутизатора.

2) Без участия маршрутизатора. Данная архитектура представлена на рисунке 2.

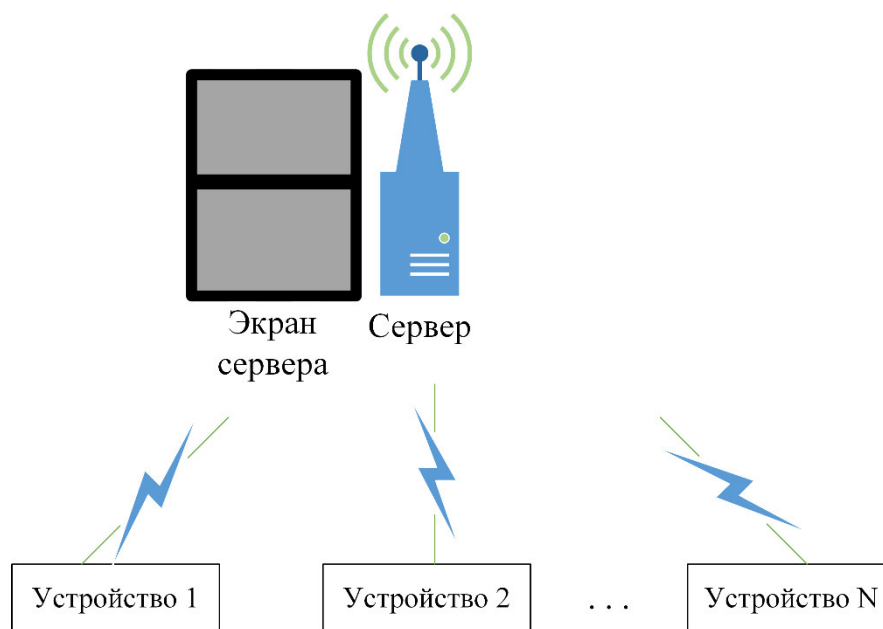


Рисунок 2 – Архитектура подключения через сервер

Ключевым отличием является то, что роль маршрутизатора, выполняет сам сервер. С помощью специальной утилиты Nostapd, разработанной для системы Linux, сетевая карта может стать самостоятельной точкой доступа, если она это поддерживает. Из-за того, что сервер сам является точкой доступа, то для выхода в сеть, необходимо подключить к серверу Ethernet кабель, и выстроить логический мост между Ethernet соединением и Wi-Fi соединением. Если же, логический мост отсутствует, тогда сеть продолжить функционировать дальше, но только в рамках локальной сети, без доступа к внешнему сервису управления, Yandex Smart Home.

Достоинства данной архитектуры:

- запрос идёт напрямую на сервер;
- мобильность;
- прямой контроль над устройствами (выдача определённого IP-адреса,

Недостатки данной архитектуры:

- вся нагрузка приходится на сервер, что усложняет ему работу;
- количество устройств, зависит от характеристик сервера и текущей нагрузки;
- отсутствие подключение во внешнюю сеть без дополнительных настройки.

Рассмотрим пример данных, которые будут отображаться на экране сервера (рисунок 3).

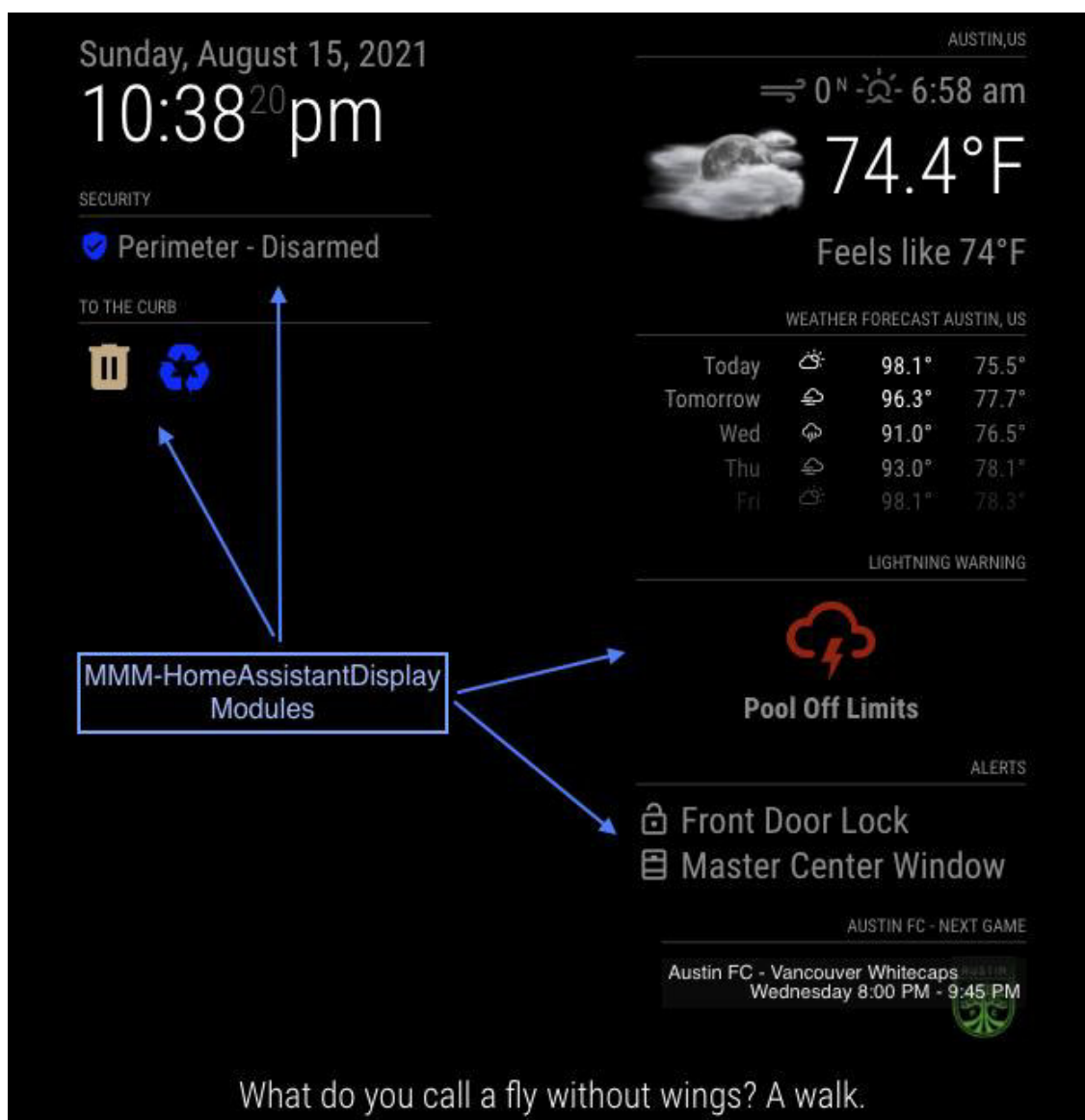


Рисунок 3 – Пример экрана сервера

Рисунок был взят из литературы [2]. Все устройства, которые подключаются к серверу, можно вывести на экран, но для этого сначала требуется написать программный код. С помощью CSS и javascript добавить графический интерфейс определённому устройству, с помощью python или другого языка программирования, запрограммировать на получение данных с устройств и конвертация этих данных в нужные единицы, а также настроить управление этими устройствами с экрана (голосовое, мышкой, клавишами, тачскрином и прочее).

Часть модулей для некоторых устройств, уже написаны сообществом разработчиков, и данные модули находятся в открытом доступе для скачивания. Модули есть как те, что завязаны сугубо на физическое устройство, так и модули, что работают исключительно с интернетом (просмотр почты, погоды, новостей).

Таким образом, если сравнивать между двумя архитектурами, то лучшим решением будет выбрать вторую архитектуру, так как, устройства будут работать в любом случае, а если подключить Ethernet кабель, то будет доступ в интернет. Если же, доступ в интернет не является приоритетным, тогда можно выбрать комбинированный вариант, когда устройства подключаются через маршрутизатор, а в случае отключения маршрутизатора, и не получения ответа, сервер становится точкой доступа, создаёт беспроводную локальную сеть, и проверяет доступность маршрутизатора, спустя заданный промежуток времени. Если маршрутизатор вновь стал доступен, то сервер отключает собственную точку доступа, и подключается обратно к маршрутизатору. Лучший вариант, сделать один и тот же логин и пароль у Wi-Fi сети, как у точки доступа сервера, так и у маршрутизатора, чтобы в случае отключения, или подключения вновь,

точки находились в единой Wi-Fi зоне (BSS). Но для этого надо учесть, что адресный диапазон, выдаваемый сервером, должен быть тот же самый, что и маршрутизатора, чтобы устройства, смогли получать доступ к приложению обработки данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Инженерный класс в московской школе [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://profil.mos.ru/inj/proekty/smart-mirror-zerkalo-umnogo-doma.html>, свободный. – Загл. с экрана. Дата обращения: 17.01.2023.
- 2 Home Assistant info display module using Templates [Электронный ресурс] Режим доступа URL: [https://www.reddit.com/r/homeassistant/comments/p5fzg8/home\\_assistant\\_info\\_display\\_module\\_using/?utm\\_source=share&utm\\_medium=web2x&context=3](https://www.reddit.com/r/homeassistant/comments/p5fzg8/home_assistant_info_display_module_using/?utm_source=share&utm_medium=web2x&context=3), свободный. – Загл. с экрана. Дата обращения: 02.01.2023.

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ АТАК НА ПОТОКОВОЕ ШИФРОВАНИЕ В ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ И СЕТЯХ**

Донской государственный технический университет (г. Ростов – на - Дону, Россия)

Ключевые слова: шифрование, поточное шифрование, инфотелекоммуникационные системы и сети, атаки на потоковое шифрование.

В статье представлен аналитический обзор шифрования, описаны виды шифрования, а также подробно рассмотрено потоковое шифрование с возможными атаками на него. Помимо этого, рассмотрена корреляционная атака и предложен способ обнаружения атак.

**Yu.I. Naydenova, O.A. Safaryan**

## **ANALYTICAL REVIEW OF POTENTIAL ATTACKS ON STREAMING ENCRYPTION IN INFOTELECOMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS**

Don State Technical University (Rostov – on - Don, Russia)

Keywords: encryption, stream encryption, infotelecommunication systems and networks, attacks on stream encryption.

The article presents an analytical overview of encryption, describes the types of encryption, and also discusses in detail stream encryption with possible attacks on it.

In addition, a correlation attack is considered and a method for detecting attacks is proposed.

Обеспечение безопасности передаваемых данных в инфотелекоммуникационных системах и сетях актуально в наши дни. При наличии в системе уязвимостей потенциальная угроза безопасности может реализоваться в виде атаки. Для предотвращения утечки или захвата ценной информации можно использовать шифрование. Оно позволяет защитить данные от посторонних лиц, даже в случае перехвата. К системам связи, предназначенным для обмена информацией как со спутниками, так и с наземными объектами, предъявляются требования не только высокой защищенности передаваемой информации, но и скорости ее передачи.

Под шифрованием принято понимать преобразование открытого текста в шифротекст с помощью некоторого ключа. Главные цели шифрования:

– конфиденциальность - необходимость предотвращения разглашения, утечки какой-либо информации.;

– целостность - это поддержание и обеспечение точности и согласованности данных на протяжении всего их жизненного цикла и является критическим аспектом проектирования, внедрения и использования любой системы, которая хранит, обрабатывает или извлекает данные.;

– идентифицируемость - возможность определить отправителя данных и невозможность их отправки без отправителя.

Существует симметричное и асимметричное шифрование. Главное отличие заключается в применении ключей.

При использовании симметричного шифрования используется один ключ для шифрования и дешифрования данных. Один ключ используется на устройствах обоих собеседников.

Симметричное шифрование подразделяется на блочное и поточное.



Рис. 1 – Симметричное шифрование

Когда речь идёт о асимметричном шифровании – применяется два ключа. Один из которых является частным, а второй – открытым.



Рис. 2 – Асимметричное шифрование

Процесс создания алгоритма шифрования основан на рациональном выборе функций, преобразующих исходное сообщение в шифротекст.

Однако такие функции редко применяются ко всему сообщению, и часто сообщение разбивается на множество фрагментов, каждый из которых имеет фиксированную длину и отдельно шифруется. Поскольку сообщения имеют разную длину, задача шифрования значительно упрощается.

Более подробно рассмотрим поточное или потоковое шифрование - это симметричный шифр, в котором каждый символ открытого текста преобразуется в символ зашифрованного текста в зависимости не только от используемого ключа, но и от его расположения в потоке открытого текста.

Существуют следующие типы потокового шифрования: синхронное потоковое шифрование – поток псевдослучайных цифр генерируется независимо от открытого текста и зашифрованных текстовых сообщений, а затем объединяется с открытым текстом или зашифрованным для шифрования или дешифрования соответственно, а также есть самосинхронизирующиеся потоковые шифры - такой подход использует несколько из предыдущих N цифр зашифрованного текста для вычисления ключевого потока.

К известным потоковым шифрам можно отнести RC5, Salsa20, A5 и другие.

Возможные атаки на потоковое шифрование:

- силовые атаки - такие атаки, которые осуществляют полный перебор всех возможных вариантов, такой класс атак может быть применим ко всем видам поточного шифрования;

- статические атаки – подразделяются на два класса: метод криптоанализа статических свойств шифрующей гаммы и метод криптоанализа сложности последовательности;

–аналитические атаки – такой вид рассматривается в предположении, что криптоаналитику известны описание генератора, открытый и закрытый тексты. Задача криптоаналитика определить использованный ключ для шифрования текста.

Аналитические атаки в свою очередь делятся на следующие виды:

- корреляционные;
- компромиссные;
- инверсионные;
- по ключевой нагрузке и реинициализации;
- XSL– атака;
- атака «Предполагай и определяй».

Одной из распространенных атак для взлома поточных шифров является корреляционная атака.

Корреляционная атака - это широко распространенный метод криптоанализа, который может быть успешно применен к генераторам, комбинирующим выход от нескольких криптографически слабых генераторов шифрующей гаммы.

Корреляционный метод использует некоторые слабости в комбинирующей функции, которые позволяют по выходной последовательности получить информацию об отдельных входных последовательностях узла усложнения. В этом случае говорят, что имеется корреляция между выходной последовательностью и одной из внутренних последовательностей. В следствие такой корреляции отдельная внутренняя последовательность может быть проанализирована индивидуально вплоть до восстановления начального заполнения соответствующего регистра, затем внимание аналитика переключается на одну из других внутренних последовательностей.

Одним из способов для решения задачи по обнаружению подобных атак может быть предложена экспертная система.

Экспертные системы состоят из набора правил, которые охватывают знания человека-эксперта. Использование экспертных систем представляет собой распространенный метод обнаружения атак, при котором информация об атаках формулируется в виде правил. Эти правила могут быть записаны, например, в виде последовательности действий или в виде сигнатуры. При выполнении любого из этих правил принимается решение о наличии несанкционированной деятельности. Важным достоинством такого подхода является практически полное отсутствие ложных тревог.

Основным недостатком является невозможность отражения неизвестных атак. При этом даже небольшое изменение уже известной атаки может стать серьезным препятствием для функционирования системы обнаружения атак.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Панасенко, Сергей Алгоритмы шифрования. Специальный справочник / Сергей Панасенко. - М.: БХВ-Петербург, 2009. - 576 с.
2. Адаменко, Михаил Основы классической криптологии. Секреты шифров и кодов / Михаил Адаменко. - Москва: Машиностроение, 2014. - 256 с.
3. Рябко Б. Я., Фионов А. Н. Криптографические методы защиты информации. Москва. 2005.
4. Поточные шифры / А. В. Асосков, М. А. Иванов [и др.]. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. – 336 с.



## АНАЛИЗ РЫНКА CRM-СИСТЕМ В РОССИИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: CRM-системы, система, клиент, рынок, управление, взаимоотношения, функционал.

В статье представлен анализ систем взаимоотношениями с клиентами на рынке России и значение клиентоориентированной концепции введения бизнеса, актуальность её внедрения с целью стандартизации работы сотрудников с клиентами и автоматизации требуемых для этого операций. Проведён обзор работ и литературы, содержащих описание функционала CRM-систем в России и перспективы его развития.

A.S. Petrov, E.V. Kislitsyn

## MARKET ANALYSIS OF CRM SYSTEMS IN RUSSIA

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: CRM systems, system, client, market, management, relationships, functionality.

The article presents an analysis of customer relationship systems in the Russian market and the importance of a customer-oriented business introduction concept, the relevance of its implementation in order to standardize the work of employees with customers and automate the operations required for this. The review of works and literature containing a description of the functionality of CRM systems in Russia and the prospects for its development is carried out.

Рынок CRM-систем в России продолжает расти вместе с потребностью бизнеса решать проблемы быстро и эффективно. Ещё в 2021 году, когда страхи, вызванные пандемией, отступили, началось оживление экономики, что благополучно сказалось на российском рынке CRM-систем. Но при этом он ещё не достиг приемлемого уровня и сохраняет высокий потенциал роста.

В следствии тяжёлой политической ситуации между Россией и западными странами, многие крупные зарубежные CRM-системы ушли с рынка: Oracle, Nimble, HubSpot, Microsoft Dynamics CRM, Salesforce.com и SAP AG. Многие российские компании годами использовали западную CRM-систему и никаких проблем не возникало. И новые обстоятельства заставили задуматься об импортозамещении программного обеспечения на отечественные аналоги.

Уход западных CRM-систем не прекратит существование бизнеса, но может существенно замедлить внутренние процессы бизнеса на российском рынке, до тех пор, пока они не перейдут на отечественные аналоги. Заключительным этапом исследования является анализ текущего состояния рынка систем взаимоотношений с клиентами. Для достижения этой цели ставятся следующие задачи: проанализировать мировой рынок CRM-систем, рассмотреть отечественные аналоги и выявить препятствия на пути импортозамещения зарубежных CRM-систем.

### 1. Анализ мирового рынка CRM-систем

Согласно сводке платформы TrustRadius, в 2021 году, из общего количества популярных CRM-систем, можно выделить четырёх претендентов с самой большой долей на рынке, а именно Salesforce, Microsoft Dynamics, Zoho CRM и Hubspot CRM. Совокупная доля четырёх этих

компаний составляет 84 процента. На рисунке 1 изображена статистика распространённости CRM-систем в мире на 2021 год [2].

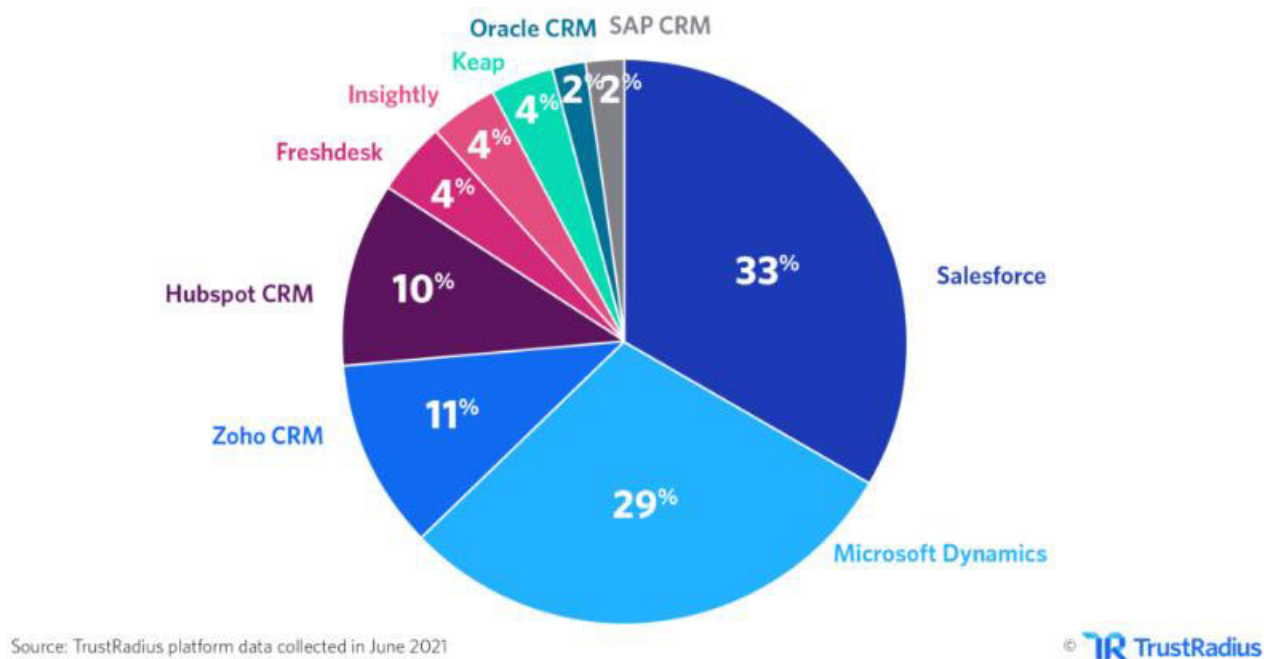


Рисунок 1 – Диаграмма распространённости CRM-систем в мире на 2021 г. от платформы TrustRadius [2]

Salesforce является универсальной системой, которая внедряет технологии искусственного интеллекта. Основными профилями данной системы являются: розничная торговля, промышленное производство коммерция B2B и B2C и медицина.

Microsoft Dynamics показывает высокие рейтинги и эффективность. За последнее время Microsoft добавила множество новых функций в свою CRM, в том числе предложение Microsoft Dynamics 365 Voice. Весной этого года компания объявила о своём уходе с российского рынка.

Zoho CRM предлагает технологию SaaS-plus-PaaS для любого типа бизнеса. В России используется в основном малым и среднем бизнесом.

Hubspot, в отличие от своего конкурента Zoho, подойдёт как для малого, так и крупного бизнеса. Основными профилями данной системы являются B2B, онлайн-сервисы, IT-компании и финансовые компании.

Даже несмотря на свой уход из России, некоторые компании сохранили отношения с российскими компаниями и разрешили использовать своё программное обеспечение. Однако большинство потребовало перенести данные за рубеж, приостановило работу технической поддержки и конечно продажу лицензий. Больше всех от этого пострадали крупные компании, пользующиеся зарубежными облачными хранилищами Microsoft Azure, Amazon Web Services, Google Cloud.

## 2. Анализ рынка CRM-систем в России

В период пандемии, рынку CRM-систем пришлось в срочном порядке пришлось перестраиваться на дистанционные продажи. Резкий рост внедрения CRM-систем обуславливается тем, что перед компаниями встал вопрос как продолжить продавать клиентам, которые вынуждены оставаться дома.

Уже через год после пандемии, по итогам 2021 года, лидером на российском рынке стала компания «Т1 Консалтинг». Рост её прибыли за этот год составляет 38,4 %. Ниже по рейтингу идут компании-интеграторы – «Лига Цифровой Экономики», «GlowByte» и «1С-Парус».

Последняя из этой четвёртки, занимается одновременно и разработкой, и внедрением CRM-систем. Рейтинг крупнейших поставщиков в России CRM-систем можно увидеть на рисунке 2 [1].



Рисунок 2 – Рейтинг поставщиков CRM-систем в России от платформы TAdviser [1]

Компания «Т1 Консалтинг» создает и внедряет многокомпонентные решения, основанные на самом актуальном технологическом стеке, в том числе продукты мировых и российских производителей бизнес-приложений: Oracle, SAP, 1С. Среди заказчиков «Т1 Консалтинг» — государственные структуры и крупнейшие компании ключевых отраслей экономики: операторы связи, финансовые организации, промышленные, топливно-энергетические, транспортные и торговые предприятия: «Финансовая корпорация Открытие», «Росбанк», «Россельхозбанк», «СберБанк», «Почта России», «РусГидро» и «Роснефть».

Компания GlowByte с 2004 года специализируется на внедрении корпоративных хранилищ данных, систем отчетности и аналитических бизнес-приложений в ведущих российских корпорациях. Создает системы класса Business Intelligence на основе технологий ведущих мировых поставщиков (Oracle, Microsoft, Salesforce).

«1С-Парус» — совместное предприятие «1С» и «Парус» — автоматизирует бизнес уже 26 лет. Качество работы компании в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001:2008 регулярно подтверждается ведущими международными сертификационными сообществами DNV [3].

### 3. Препятствия на пути импортозамещения зарубежных CRM-систем

Самой большой проблемой для российского рынка CRM-систем, является недостаток квалифицированных кадров. Рынок нуждается в программистах, аналитиках, толковых консультантов и самое главное в руководителях, способных направлять главный ресурс компаний, людей, в правильном направлении. Сейчас отечественный рынок, как и любой другой,

переполнен начинающими специалистами, которые в большинстве не имеют никакого практического опыта.

Следующая проблема возникает из-за того, что множество крупных компаний, занимающиеся разработкой CRM-систем, начинали разрабатывать свои продукты на базе зарубежных производителей. В пример, можно привести технологию Microsoft Dynamics 365, владелец которой недавно ушёл из России. А теперь стоит задуматься, что будет если компания Microsoft запретит российским компаниям пользоваться своей продукцией?

Ещё одна проблема, которая, пожалуй, косвенно касается любой другой проблемы, это – забюрократизированность. Почти во всех случаях, сроки внедрения проектов будут затягиваться и, соответственно, окупаемость проекта будет снижаться.

Для решения большинства этих проблем, компания может обратиться к российским аналогичным CRM-системам, которые уже успели закрепиться на российском рынке. Любая компания, которая занимается предоставлением услуг, может внедрить CRM-систему, но не каждая из них может подойти для определённой компании. Для этого необходимо рассмотреть сферы рынка и подобрать нужные аналоги.

Для медицины популярность получили такие системы, как Dental Pro и Medesk. Из них Medesk является российским разработчиком и его продукты используют такие компании как «Территория здоровья», СМИТА, UNICLINIC. Dental Pro специализируется на стоматологиях.

Пожалуй, единственная сфера, где зарубежные CRM-системы не возглавили рейтинг, это ресторанный бизнес. Здесь популярны отечественные системы, такие как: СБИС Престо, Liko, Quick Resto.

В сфере недвижимости популярны «Contactuall» и «Wise Agent». Но в начале 2021 года, «Contactuall» закрыла свою систему CRM по всему миру [4]. А вот «Wise Agent» до сих пор работает и не заявляла об своём уходе из России [5]. Есть также и российские аналоги, среди них такие гиганты как «Мегаплан» и «Битрикс24».

Что касается сферы продаж, то можно смело сказать, хоть здесь и зарубежные CRM-системы занимали большую долю, но отечественных аналогов ещё больше. Самой распространённой можно считать 1С, Битрикс и amoCRM.

## **Заключение**

В результате проведённого анализа, можно сделать вывод, что на российских компаниях не критично отразится уход зарубежных компаний из России. В стране много отечественных аналогов, такие как Битрикс24, 1С, amoCRM, способных конкурировать на должном уровне со своими западными предшественниками. Также стоит учитывать, что в России лишь около 10-15 % компаний используют в своих бизнес-процессах CRM-системы. Что означает, риск будет минимальным, но он всё же есть.

После последних геополитических событий в 2022 году, многие российские компании теперь вынуждены инвестировать в отечественные аналоги CRM-систем. Это несомненно благополучно отразится на российском рынке CRM-систем. Будут появляться больше компаний, которые будут увеличивать конкуренцию между собой, что улучшит качество предоставляемых услуг.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. CRM (рынок России). TAdviser – Деловой портал с информацией о бизнесе и ИТ [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/services/233018-crm-istoriya-i-trendy>.
2. TrustRadius – интернет-платформа для подбора программного обеспечения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.trustradius.com/vendor-blog/crm-statistics-trends/>.
3. Хабр Карьера [Электронный ресурс]. URL: <https://career.habr.com/companies/>.
4. Contactually. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.contactually.com/>.
5. Wise Agent. [Электронный ресурс]. URL: <https://wiseagent.com/secure/registration.asp>.

## ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СКРЫТЫХ СТЕГАНООБЩЕНИЙ К МОДИФИКАЦИИ КОНТЕЙНЕРА

Донской государственный технический университет (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: компьютерная стеганография, защита данных, информационная безопасность, сокрытие факта передачи информации, помехоустойчивые коды, коды Голея. .

В статье представлены методы помехоустойчивого кодирования, в том числе: код  $n$ -кратного повторения, код Хэмминга и код Голея. Разработано программное средство внедрения сообщения стеганографическим методом «наименьших значащих бит» (НЗБ) в медиа-контейнер. В качестве контейнеров рассматриваются изображения формата bmp. Проведен ряд экспериментов для выяснения возможности использования методов помехоустойчивого кодирования для обеспечения целостности стеганографических сообщений при модификациях заполненного стеганографического контейнера.

А.М. Romanov, O.A. Safaryan, L.V. Cherckesova

## INCREASING THE RESISTANCE OF HIDDEN STEGAN MESSAGES TO CONTAINER MODIFICATION

Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Keywords: computer steganography, data protection, information security, concealment (disguise) of information transmission fact, error-correcting codes, Goley codes.

The article presents the methods of error-correcting coding, including  $n$ -fold repetition code, Hamming code and Goley code. Software tool for embedding a message using the steganographic method of "least significant bits" (LSB) into the media container has been developed. Bmp format images are considered as containers. Number of experiments were carried out to find out the possibility of using error-correcting coding methods to ensure the integrity of stegan messages with modifications of filled steganographic container.

Стеганография – это наука о скрытой передаче информации путём сохранения в тайне самого факта её передачи. Сокрытие сообщения методами стеганографии может значительно снизить вероятность обнаружения факта передачи сообщения. Дополнительную защиту можно получить за счёт шифрования. Сегодня стеганографическая система (стеганосистема) рассматривается как совокупность методов и средств, используемых для формирования скрытого канала передачи информации [1].

Одной из основных проблем стеганографии остаётся проблема устойчивости стеганосистем. Все сферы прикладного применения стеганографии предъявляют свои требования к балансу между устойчивостью внедрённого сообщения к внешним воздействиям и размером внедрённого сообщения. В подавляющем большинстве известных сегодня методов, применяемых с целью сокрытия информации в цифровых файлах, имеет место зависимость стойкости стеганосистемы от количества внедряемых данных. График этой зависимости представлен на рис. 1.

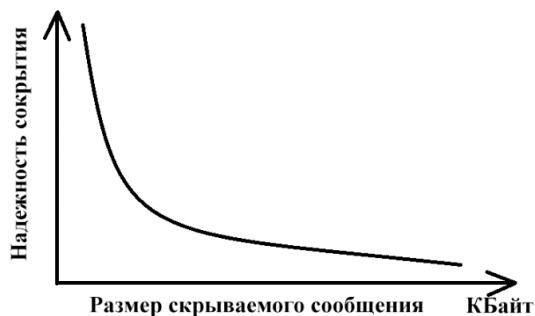


Рис. 1. Взаимосвязь между устойчивостью стеганосистемы и объемом скрываемого сообщения при неизменном размере файла-контейнера

Из рис. 1 видно, что увеличение объема внедряемых данных значительно снижает устойчивость стеганосистемы. Следовательно, существует проблема осуществления оптимального выбора из двух противостоящих друг другу характеристик: количество (объем) внедряемых данных и степень устойчивости стеганосистемы к различным изменениям передаваемого сигнала, то есть контейнера. Устанавливая пределы степени ухудшения свойств контейнера, воспринимаемых человеческими органами участия, существует возможность добиться или большого количества (объема) скрываемых данных, или высокой сопротивляемости к изменениям, но достичь этих свойств одновременно не представляется возможным, так как их количественные оценки находятся в обратной зависимости и с ростом одной уменьшается другая и наоборот [2].

Первоначальной задачей при разработке программного средства является теоретическое исследование используемых методов. Далее приведено их теоретическое описание.

Линейные блочные коды – это класс кодов, которые можно описать парой чисел  $(n, k)$ . Кодирование заключается в преобразовании информационных сообщений длиной  $k$  символов в больший блок из  $n$  символов кодового слова (кодовый вектор), при этом оба слова состоят из символов одного алфавита. Как правило, алфавит содержит только два элемента: 0 и 1. В таком случае код называется двоичным.

Кодом  $n$ -кратного повторения в контексте данной работы являются коды  $(n, 1)$ , повторяющие несколько раз каждый бит исходного сообщения. Такие коды позволяют обнаружить ошибки любой кратности, кроме тех случаев, когда количество ошибок превышает половину количества повторений. Для этого применяется мажоритарное декодирование, то есть в качестве бита информационного слова выбирается тот бит, который повторяется в кодовом слове большее число раз [3].

При одноразовом повторении, ошибка повторяется в одном и том же разряде с вероятностью

$$p_1 = p(1 - p)^{k-1} \times p(1 - p)^{k-1} = p^2(1 - p)^{2k-2}$$

Вероятность неправильного декодирования с единичной ошибкой в информационном слове:

$$p(n; 1) = C_k^1 p^2 (1 - p)^{2k-2}$$

С двумя ошибками вероятность будет равна:

$$p(n; 1) = C_k^2 p^4 (1 - p)^{2k-4}$$

С несколькими ошибками:

$$p_{\text{ош}} = \sum_{i=1}^n p(n, i)$$

*Код Хемминга* – наиболее известный из первых помехоустойчивых кодов, способных корректировать ошибки. Он работает со словами в двоичной системе счисления. Ошибка гарантированно исправляется в том случае, если изменён один бит, и обнаруживается, если было изменено два бита.

Одним из способов кодирования и декодирования данных при помощи кода Хэмминга является использование порождающей и проверочной матрицы кода. В таком случае кодирования осуществляется посредством умножения информационного слова на порождающую матрицу. Проверка корректности кодового слова осуществляется посредством умножения кодового слова на проверочную матрицу. Полученный в результате такого умножения вектор называется *синдромом*. Если синдром ненулевой, то это значит, что в кодовом слове была сделана ошибка.

Одним из наиболее значимых свойств этих кодов также является то, что эти коды позволяют легко вычислить не только наличие ошибки, но и бит, в котором она была допущена. Так, синдром, полученный в результате умножения кодового слова на проверочную матрицу, является двоичным представлением номера бита, в котором была допущена ошибка. Это свойство позволяет не только эффективно обнаруживать ошибки, но и алгоритмически быстро и без потерь в памяти их исправлять. В случае, если ошибка произошла в чётном количестве битов, она может остаться незамеченной [3].

Порождающую и проверочную матрицы кодов соответственно представляют формулы:

$$G: = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}_{4,7}$$

$$H: = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}_{3,7}$$

Двоичный код Голя является линейным помехоустойчивым кодом, используемым в цифровых коммуникациях, давно зарекомендовавший себя как эффективный способ исправления ошибок при передаче данных в условиях наличия шумов.

Существует два тесно связанных двоичных кода Голя. Расширенный бинарный код Голя кодирует 12-битные данные в 24-битные кодовые слова таким образом, что любые 3-битные ошибки могут быть исправлены, а 7-битные ошибки могут быть обнаружены. Другой, совершенный двоичный код Голя, имеет кодовые слова длиной 23 и получается из расширенного двоичного кода Голя путём удаления одной координатной позиции. В стандартных обозначениях коды имеют параметры (24, 12, 8) и (23, 12, 7), что равно длине кодовых слов, размеру кода и минимальному расстоянию Хэмминга между двумя кодовыми словами соответственно [4].

Одним из способов кодирования и декодирования данных при помощи кода Голя является использование порождающей и проверочной матрицы кода. В таком случае, кодирование осуществляется посредством умножения информационного слова на порождающую матрицу. Проверка корректности кодового слова осуществляется посредством умножения кодового слова на проверочную матрицу. Полученный в результате такого умножения вектор называется синдромом. Если синдром ненулевой, то это значит, что в кодовом слове была сделана ошибка.

Данный код, в совершенном виде, может быть представлен как циклический. Чтобы задать код Голя, может быть использован один из полиномов 11 степени, представленный формулами:

$$g(x) = x^{11} + x^9 + x^7 + x^6 + x^5 + x + 1$$

$$g(x) = x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + 1$$

Таким образом, при использовании кода Голя в циклическом виде, кодовые слова также могут быть представлены в виде полиномов. В таком случае, кодирование будет осуществляться посредством умножения информационного полинома на порождающий полином. Проверка наличия ошибок осуществляется путём деления кодового полинома на проверочный. Полученный в результате такого деления полином используется для определения корректности декодирования [4].

Для проведения экспериментов необходимо разработать программное средство, реализующее ряд помехоустойчивых кодов и стеганографический алгоритм наименее значащего бита (НЗБ).



Суть метода НЗБ можно описать на примере: пусть есть некоторое 8-битное чёрно-белое изображение. Тогда 00h (0000000b) будет обозначать чёрный цвет, а FFh (1111111b) – белый. Таким образом, каждый пиксель может принимать одно из 256 значений ( $2^8$ ). Предположим, что сообщение состоит всего из 1 байта, имеющего значение 01111011b. Оценить количество байт, необходимых для внедрения этого слова, можно путём деления размера слова на вместимость каждого байта. Предположим, что встраивание происходит в младшие два бита каждого пикселя. В таком случае нам потребуется 4 байта [5,6].

Плюсами этого метода являются простота реализации и применимость для большого числа форматов. Минусами – использование только для форматов без сжатия и возможность обнаружения при помощи анализа энтропии наименьших значащих бит контейнера [7].

Разработанное программное средство включает 5 модулей, таких, как: модуль помехоустойчивого кодирования (включающий в себя алгоритмы кода  $n$ -кратного повторения, кода Хэмминга и кода Голея), модуль встраивания информации в изображение, модуль трансляции текста в бинарный формат, модуль сравнения бинарных данных и модуль зашумления контейнера. В качестве языка реализации был выбран язык C#.

Эксперименты были проведены по следующей схеме:

- исходный текст кодировался одним из алгоритмов помехоустойчивого кодирования;
- полученные бинарные данные встраивались в стегоконтейнер;
- стегоконтейнер модифицировался посредством наложения случайного шума (рис. 2);
- из зашумлённого стегоконтейнера извлекалось сообщение;
- извлечённое сообщение преобразовывалось декодером помехоустойчивого кода;
- полученное в результате сообщение побитово сравнивалось с исходным;
- результатом эксперимента является доля совпавших бит к общей длине сообщения.

В процессе помехоустойчивого кодирования использовались описанные ранее алгоритмы:

- код 2-х кратного повторения;
- код 3-х кратного повторения;
- код Хэмминга;
- расширенный код Голея.

Кроме того, были проведены эксперименты без алгоритма помехоустойчивого кодирования. Это необходимо для того, чтобы оценить вклад кодов исправления ошибок.



Рис. 2. Примеры изображения до и после зашумления

В процессе проведения экспериментов были получены результаты, изображенные на рис. 3.



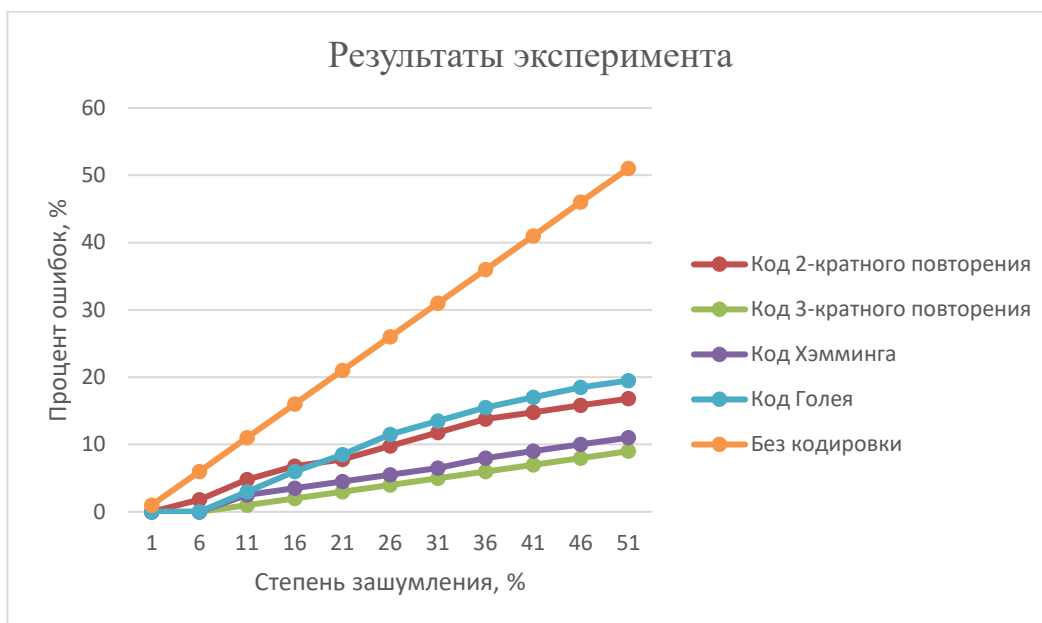


Рис. 3. График зависимости количества ошибок от степени зашумления

Как видно из рис.3, помехоустойчивое кодирование значительно улучшает устойчивость сообщения к изменениям, выражающимся в степени зашумления.

Также видно, что наилучшим образом себя показал код 3–кратного повторения. Однако, следует помнить о том, что он обладает чрезвычайно высокой избыточностью, увеличивая исходное сообщение в три раза. В рамках стеганографических задач размер канала является чрезвычайно узким, в связи с чем размер передаваемых сообщений должен быть сведён к минимуму.

Избыточность каждого из рассматриваемых кодов рассчитывается путём деления длины кодового слова на длину информационного слова. Результаты расчётов приведены в таблице 1.

Избыточность кодов

Таблица 1

Название	Избыточность
Без кодирования	1
Код 2-кратного повторения	2
Код 3-кратного повторения	3
Код Хэмминга	1.75
Код Голея	2

На основе полученных при проведении исследования результатов можно сделать вывод, что использование помехоустойчивых кодов значительно повышает сохранность информации, встроенной в стегоконтейнер при условии наличия шума.

Наиболее эффективным кодом с точки зрения сохранности оказался код Хэмминга. Этот код показал преимущество на исследованном пространстве экспериментальных данных и может быть рекомендован для применения в задачах повышения стойкости к изменениям данных, передаваемых по стеганографическим каналам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Коржик В. И. Цифровая стеганография и цифровые водяные знаки [Текст] / В. И. Коржик // СПбГУТ, 2017.
2. Федосеев В.А. Цифровые водяные знаки и стеганография [Текст] / В. А. Федосеев // Издательство Самарского университета, 2019. – 145 с.
3. Могилевская, Н.С. Введение в теорию информации / Н.С. Могилевская. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 125 с.

4. Маскаева А.М. Основы теории информации: справочник [Текст] / А.М. Маскаева // Издательство ФОРУМ, 2021. – 194 с.
5. Окатов А.В. Методы цифровой стеганографии [Текст] / А. В. Окатов // ГУАП, 2016. – 164 с.
6. Шелухин О.И. Стеганография. Алгоритмы и программная реализация [Текст] / О. И. Шелухин С. Д. Канаев // Горячая линия – Телеком, 2018. – 692 с
7. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография [Текст] / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев // Солон-Пресс, 2020. – 262с.

## **ОБЗОР АЛГОРИТМОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ЯЗЫКА ЖЕСТОВ**

Донской государственный технический университет, г. Ростов – на - Дону, Российская  
Федерация

Ключевые слова: нейронные сети, машинное обучение, язык жестов, распознавание жестов, компьютерное зрение.

В данной статье рассматривается технический аспект проблемы коммуникации глухонемых и слабослышащих людей с остальным миром. Проведен обзор основных алгоритмов поддержки принятия решений и интеллектуальных систем, используемых при распознавании языка жестов, среди которых алгоритм k-ближайшего соседа, искусственная нейронная сеть, скрытая марковская модель и сверточная нейронная сеть.

**E.V. Roshchina, V.A. Kireev**

## **OVERVIEW OF DECISION SUPPORT ALGORITHMS AND INTELLIGENT SYSTEMS USED IN SIGN LANGUAGE RECOGNITION**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Keywords: neural networks, machine learning, sign language, gesture recognition, computer vision.

This article discusses the technical aspect of the problem of communication between deaf and dumb and hard of hearing people with the rest of the world. A review of the main decision support algorithms and intelligent systems used in sign language recognition, including the k-nearest neighbor algorithm, artificial neural network, hidden Markov model and convolutional neural network, is carried out.

Языки жестов используются в качестве основного средства общения глухими и слабослышащими людьми во всем мире. Это самый действенный способ преодолеть разрыв в общении и социальном взаимодействии между ними и людьми, не имеющими проблем со слухом. Сурдопереводчики помогают устранить пробел в общении с людьми с нарушениями слуха, переводя язык жестов в устную речь и наоборот. Однако проблемы, связанные с наймом переводчиков, заключаются в гибкой структуре жестовых языков в сочетании с недостаточным количеством опытных сурдопереводчиков по всему миру. По данным Всемирной федерации глухих, более чем 300 языками жестов пользуются более 70 миллионов человек по всему миру [1]. Следовательно, существует необходимость в системе, основанной на технологиях, которая может дополнять обычных сурдопереводчиков.

Язык жестов предполагает использование верхней части тела, а именно жестов рук. Ключевыми методами распознавания языка жестов являются основанные на машинном зрении и носимые сенсорные средства, такие как сенсорные перчатки. Устройство на основе перчаток использует механические или оптические датчики, прикрепленные к перчатке, которую носит пользователь, и преобразует движения пальцев в электрические сигналы для определения положения руки для распознавания. При подходе, основанном на машинном зрении, оцениваются особенности, соответствующие ладоням, положению пальцев и углам суставов, которые затем используются для выполнения распознавания. Этот метод требует получения изображений или видеозаписей знаков с помощью камеры и обработки с использованием методов обработки изображений.

Недавний прогресс в области искусственного интеллекта (ИИ) в области распознавания языка жестов проложил исследовательским сообществам путь к применению ИИ в операциях по переводу жестов. Таким образом, целью данного исследования является обзор алгоритмов поддержки принятия решений и интеллектуальных систем, используемых при распознавании языка жестов.

Можно выделить пять этапов, связанных с распознаванием языка жестов на основе машинного зрения: получение изображения, предварительная обработка изображения, сегментация, выделение признаков и классификация.

После завершения предварительной обработки, сегментации и извлечения объектов из изображений необходимо использовать алгоритм прогнозирования, который поможет придать осмысленность извлеченным объектам. Точно так же, как люди учатся, многократно выполняя задачи, машины обучены учиться, и машинное обучение улучшает их производительность. Машинное обучение – это раздел компьютерных наук, и оно также классифицируется как метод искусственного интеллекта.

Наиболее распространенными методами, используемыми для распознавания языка жестов, являются алгоритм k-ближайшего соседа, искусственная нейронная сеть, скрытая марковская модель, сверточная нейронная сеть.

Алгоритм k-ближайшего соседа также называют ленивым обучением. Он основан на принципе, согласно которому экземпляры в наборе данных обычно будут существовать в непосредственной близости от других экземпляров с аналогичными свойствами [2]. Он предсказывает класс нового объекта на основе классов его k-ближайших соседей, выполняя голосование простым большинством голосов для определения класса тестового экземпляра [3]. Параметр "k" в K-NN относится к числу ближайших соседей тестовой точки данных, которые необходимо включить в большинство процессов голосования. Процедура разработки алгоритма классификации K-NN, приведена следующим образом:

1. Загружается обучающий набор данных и новый набор входных изображений для тестирования.

2. Выбирается значение параметра "k", которое является ближайшей точкой данных.

3. Для каждой точки в данных тестирования выполняется следующее:

Расстояние между каждой строкой тестовых данных и каждой строкой обучающих данных вычислялось с использованием метрик расстояния. Уравнение евклидова расстояния задается в виде:

$$\sum_{i=1}^n (a_i^2 - b_i^2),$$

где  $a_i$  - тестовые данные,  $b_i$  - обучающие данные, а k - количество соседей.

Полученные значения расстояния сортируются в порядке возрастания. Затем выбираются значения верхних k строк из отсортированного массива. Выбирается класс для тестирования большинства голосов на основе данных точек.

4. Повторяются шаги с 1 по 3 для всех тестовых изображений в наборе данных.

На рисунке 1 представлен пример работы данного метода.

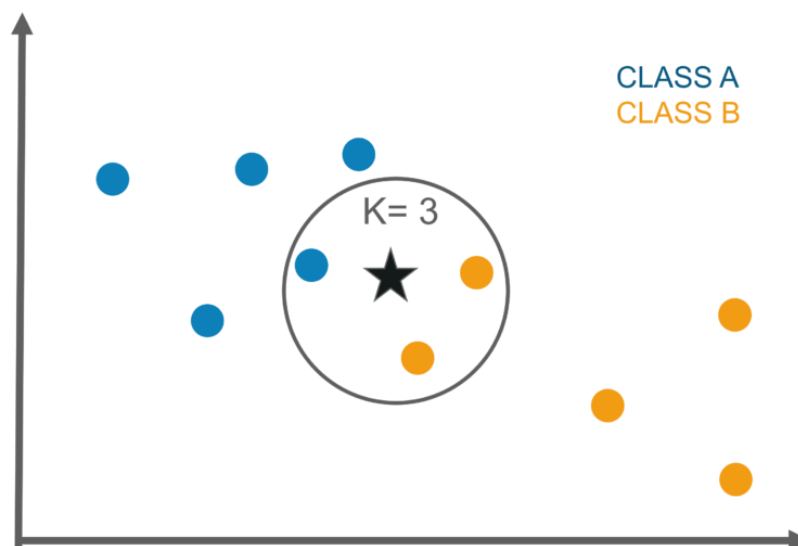


Рис. 1. Метод k ближайших соседей

KNN – это один из алгоритмов машинного обучения, который использует измерения расстояния в качестве своих основных функций. Некоторые из методов классификации, основанных на измерении расстояния, используемых для распознавания языка жестов, включают расстояние Махаланобиса и евклидово расстояние. Данные алгоритмы показывают точность распознавания 90,4% и 91,5% для евклидова расстояния и расстояния Махаланобиса соответственно.

Основной недостаток KNN, заключающийся в том, что он становится значительно медленнее по мере увеличения объема данных, делает его непрактичным выбором в средах, где необходимо быстро делать прогнозы.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это вычислительно-аналитический инструмент, вдохновленный биологической нервной системой мозга в попытке имитировать человеческое мышление. Он состоит из сильно взаимосвязанных сетей, которые могут вычислять входные значения и выполнять параллельные вычисления для обработки данных и представления знаний. Это отрасль искусственного интеллекта (ИИ), которая помогает строить прогнозные модели на основе больших баз данных. Благодаря своей надежной и адаптивной природе ИНС используется для выполнения вычислений, таких как распознавание образов, сопоставление, классификация [4]. Обычно это определяется тремя параметрами: паттерном взаимосвязей между различными слоями нейронов, весом связей и функцией активации. Нейрон имеет входы  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , каждый помечен весом  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  и измеряет проницаемость,  $k$  - функция активации. На рисунке 2 показана структура слоев нейронной сети.

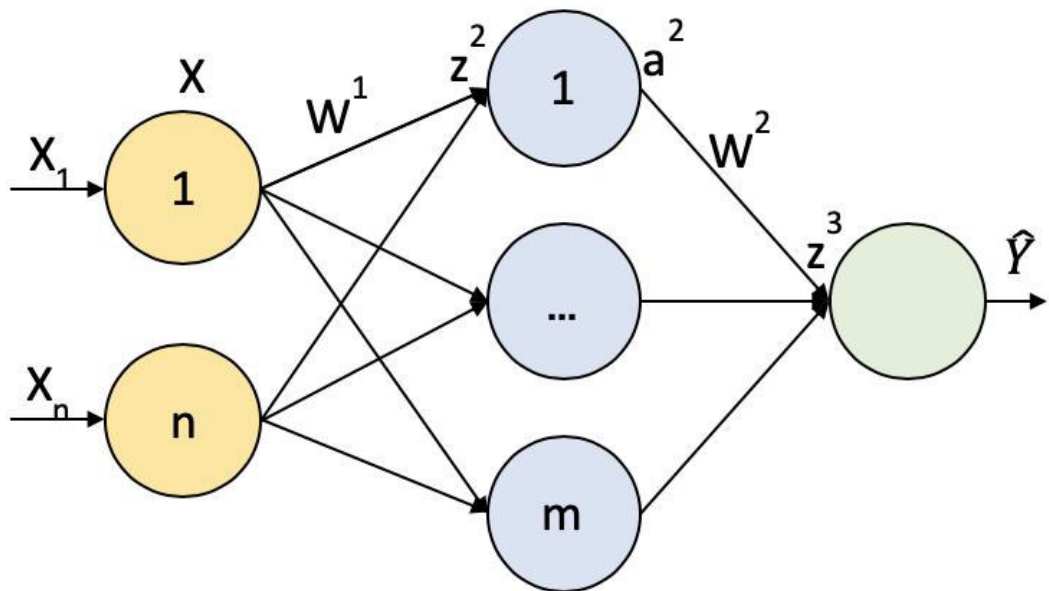


Рис. 2. Структура слоев нейронной сети

Выходная функция  $y$  задается как:

$$y = K * \sum_{i=1}^n x_i * w_i$$

Алгоритмы нейронной сети, используемые для распознавания жестов, включают в себя: нейронную сеть прямой связи, алгоритмы нейронной сети обратного распространения и многослойный персептрон.

Одним из наиболее эффективных методов обнаружения и распознавания последовательностей является скрытая марковская модель (НММ). Предполагается, что это статистическая модель, представляющая собой марковский процесс с неизвестным набором скрытых параметров. Скрытые параметры могут быть получены из соответствующих параметров наблюдения. В НММ новое состояние генерируется при применении входных данных. Структура модели представлена на рисунке 3.

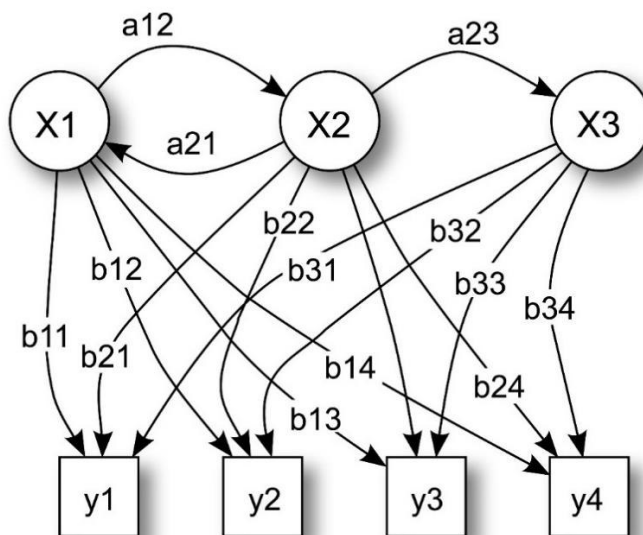


Рис. 3. Структура скрытой марковской модели

"Скрытый" в скрытой марковской модели подразумевает, что переходы из старого состояния в новое состояние не поддаются четкому измерению, и вероятность перехода зависит от того, как модель тренируется с обучающими наборами.

Методика работает путем обучения модели с использованием обучающих наборов. Обучение должно быть действительным и классифицировать все классы, потому что модель будет учиться только на том, чему обучена. Некоторые из НММ, используемых в качестве классификатора для распознавания языка жестов, включают непрерывную скрытую марковскую модель и дискретную скрытую марковскую модель [5].

Сверточная нейронная сеть предлагает широкий спектр возможностей, включая распознавание лиц, маркировку сцен, классификацию изображений, распознавание голоса и обработку естественного языка. На рисунке 4 показана работа сверточной нейронной сети.

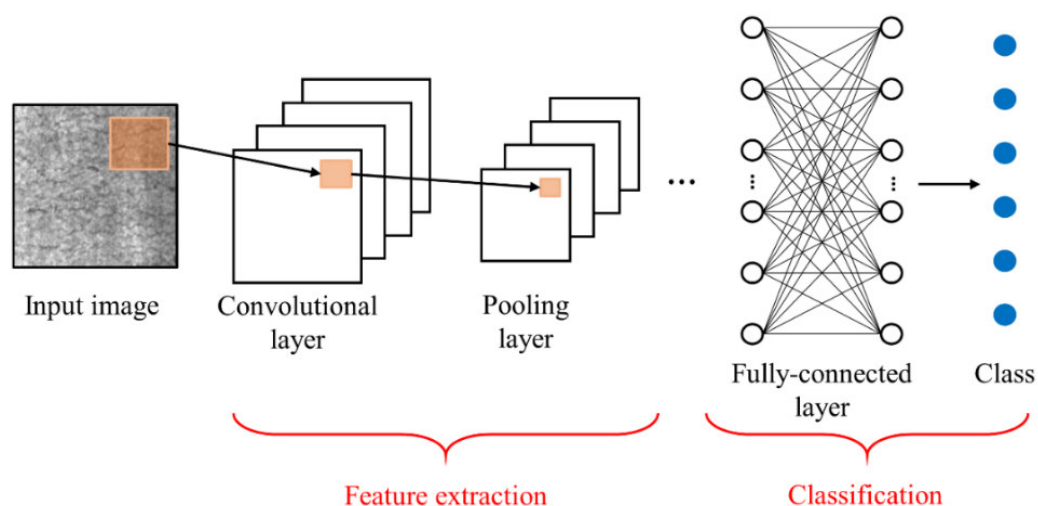


Рис. 4. Структура сверточной нейронной сети

Это тип алгоритма глубокого обучения, который принимает входное изображение, присваивает значения различным объектам на изображении и использует значение для дифференциации различных объектов. Обычно он имеет входные, свертывающие, объединяющие и полностью связанные слои с выходными данными [6].

Уровень свертки извлекает входные данные с помощью операции свертки. Объединяющий слой обеспечивает уменьшение размерности элементов и контролирует нагрузку на вычисления, выбирая наиболее важные элементы, чтобы предотвратить чрезмерную подгонку. Извлеченные объекты передаются на полностью подключенный слой, состоящий из функции активации. Вместо создания сложных объектов ручной работы CNN может автоматизировать процесс извлечения объектов и работать лучше по сравнению с другими традиционными методами обработки изображений.

Фильтры в сверточных слоях модифицируются на основе изученных параметров для извлечения наиболее полезной информации для решения конкретной задачи. Происходит автоматическая настройка сверточной сети автоматически по поиску наилучшей функции.

В случае системы распознавания в реальном времени с использованием CNN входное изображение сегментируется с использованием алгоритма выпуклой оболочки для получения области кисти с использованием цветовой сегментации кожи. Данная модель CNN состоит из входного слоя, двух 2D сверточных слоев, объединения, сглаживания и двух плотных слоев. При тестировании с использованием данных реального времени была достигнута точность 98,05%.

В ходе научно-исследовательской работы был сделан вывод о том, что в современном мире все еще остро стоит проблема в осуществлении коммуникации глухих и слабослышащих людей с обществом людей, не имеющих проблем со слухом. Представляется, что наиболее рациональным решением данной проблемы является использовать современных информационных технологий автоматизированного перевода языка жестов в осмысленный текст.

Таким образом, все вышеперечисленное, подчеркивает важность исследований и разработок в области автоматизации процессов перевода языка жестов в текст, поскольку это позволит значительно сократить препятствия в коммуникации между людьми с нарушениями слуха и остальным миром.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. R. Rastgoo, K. Kiani, S. Escalera, Sign language recognition: A deep survey, *Expert Systems with Applications* – 2021, Вып. 164.
2. S. Selim, E. Elhinamy, H. Othman, W. Abouelsaadat, M.A.M. Salem. A review of machine learning approaches for epileptic seizure prediction. *Proceedings of 14th international conference on computer engineering and systems, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc* – 2019, 239-244с.
3. J. Alamelu, W. Satej, V. Santhosh. An improved k nearest neighbor classifier using interestingness measures for medical image mining. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, – 2013, 550-554с.
4. X. Jielai, J. Hongwei, T. Qiyi. Introduction to artificial neural networks. *Advanced Medical Statistics* – 2020, 1431-1449с.
5. N. Suhajito, Thiracitta, H. Gunawan, G Witjaksono. The comparison of some hidden markov models for sign language recognition. *Proceedings of the 1st Indonesian association for pattern recognition international conference, INAPR* – 2019, 6-10с.
6. S.S.Nisha, N.M. Meeral. Applications of deep learning in biomedical engineering. *Handbook deep learning in biomedical engineering* – 2021, 245-270с.



## ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ СТРАТЕГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ В KUBERNETES

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: алгоритм планирования, вычисление, Kubernetes, оценка производительности.

В статье представлен анализ методов оптимизации планирования в области облачного вычисления, а именно: стандартный метод планирования Kubernetes и предложенный алгоритм пакетного планирования. Проведен обзор работ, содержащих описание результатов исследований этих методов, а также их сравнительный анализ.

K.V. Svalukhin, S.N. Mamoylenko

## RESEARCH AND IMPLEMENTATION OF THE PLANNING STRATEGY IN KUBERNETES

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: planning algorithm, calculation, Kubernetes, performance evaluation.

The article presents an analysis of planning optimization methods in the field of cloud computing, namely: the standard Kubernetes planning method and the proposed batch planning algorithm. A review of the works containing a description of the results of studies of these methods, as well as their comparative analysis.

Как разработать эффективную стратегию планирования для различных сред? Данная тема актуальна в области облачных вычислений. В частном облаке лабораторий компьютерных наук в университетах существует несколько видов задач с различными требованиями к ресурсам, ограничениями и жизненными циклами, такими как задачи ИТ-инфраструктуры, задачи глубокого обучения и так далее. На примере реальных потребностей нынешних лабораторий эти задачи анализируются и планируются соответственно с помощью различных стратегий планирования. Пакетный планировщик предназначен для обработки задач в режиме пик для повышения пропускной способности системы. Алгоритм динамического планирования предлагается для решения задач долгосрочного жизненного цикла, таких как задачи глубокого обучения, которые требуют ресурсов графического процессора и имеют динамически меняющиеся приоритеты. Эксперименты показывают, что стратегии планирования, предложенные в этой статье, улучшают использование ресурсов и эффективность.

В сложном вычислительном контексте облачные вычисления могут значительно повысить коэффициент использования ресурсов. В облачной архитектуре использование контейнерных технологий, таких как Docker, становится все более распространенным. Соответственно, резко возросла популярность облаков "Контейнер как услуга" (CaaS). CaaS — это модель, которая использует контейнеры в качестве единицы разделения ресурсов. Облачные провайдеры будут виртуализировать вычислительные ресурсы в виде контейнеров и предоставлять их пользователям в виде сервисов. Основываясь на CaaS и технологии контейнеризации, сложное монолитное приложение может быть разделено на несколько микросервисов, и эти контейнеризированные сервисы распределяются на нескольких физических хостах. Следовательно, в облачной платформе может быть много разнородных задач на основе контейнеров. Как планировать эти задачи – ключевая проблема. Планировщики для разных

облаков в разных обстоятельствах работают по-разному, и имеет смысл изучить стратегии планирования для различных требований.

В частном облаке эти контейнеризированные задачи развертываются и управляются Kubernetes, который является легким и мощным инструментом оптимизации. Kubernetes предоставляет множество фундаментальных функций, таких как планирование, мониторинг, распределение ресурсов. Кроме того, Kubernetes является проектом с открытым исходным кодом и предоставляет настраиваемый интерфейс для плагинов, поэтому мы можем заменить стратегию планирования в соответствии с требованиями нашей платформы.

В основе лаборатории компьютерных наук вычислительные ресурсы относительно ограничены, особенно в отношении графического процессора, и время на покупку ресурсов довольно длительное. Более того, требования к задачам очень разнообразны. Например, есть некоторые базовые задачи с длительным жизненным циклом, требующие высокой доступности, и короткие задачи в traffic jam, представленные для разработки класса, которые имеют относительно низкую надежность и удобство использования, а также некоторые ресурсоемкие и трудоемкие задачи, такие как обработка изображений и глубокое обучение, которые существенно нагружают графические процессоры [1].

Для достижения лучшего развертывания и коэффициента использования ресурсов следует использовать различные процессы планирования и правила ограничений для различных задач. Более того, в планировщике Kubernetes по умолчанию задачи планируются из очереди приоритетов в статическом порядке. Но жизненные циклы задач распределены в широком временном интервале. Задачи должны быть перепланированы таким образом, чтобы соответствовать динамическим изменениям системы. Стратегия планирования по умолчанию может быть улучшена многими способами, чтобы намного лучше соответствовать потребностям лабораторных задач.

В этой статье предлагаются новые стратегии планирования и проводятся некоторые эксперименты. Было создано частное облако. В облаке были развернуты базовые сервисы, такие как аутентификация личности, хранение и управление знаниями, в контейнерах, управляемых Kubernetes. Пользователи будут отправлять задачи через веб-графический интерфейс или с помощью REST API. Затем эти задачи будут запланированы с помощью предложенных алгоритмов.

Предложены и реализованы два планировщика, пакетный планировщик и динамический планировщик. Эти планировщики используются в соответствующей ситуации для различных задач, чтобы повысить производительность системы в различных аспектах.

Пакетный планировщик содержит два шага: шаг метода быстрого реагирования и шаг локального поиска, который позволяет найти лучший макет в час пик.

Динамический планировщик управляет задачами по приоритетам, которые будут динамически меняться. Эти задачи в основном являются долгосрочными задачами глубокого обучения, механизм вытеснения и миграции которых является обязательным в системе [2].

Чтобы оценить пакетный планировщик и динамический планировщик, в облаке проводятся некоторые эксперименты. По сравнению со стратегией по умолчанию повышается коэффициент использования ресурсов и эффективность.

Архитектура выбранного облака показана на рисунке 1. Существует четыре уровня: ресурсный уровень, уровень управления, прикладной уровень и уровень представления. Ресурсный уровень включает в себя физические серверы, хранилище, вычислительные и сетевые ресурсы. Для управления и мониторинга использования ресурсов Kubernetes развернут на уровне управления. Прикладной уровень состоит из множества сервисов платформы. Более того, пользователи могут управлять и отслеживать свои собственные задачи и сервисы с помощью уровня представления.

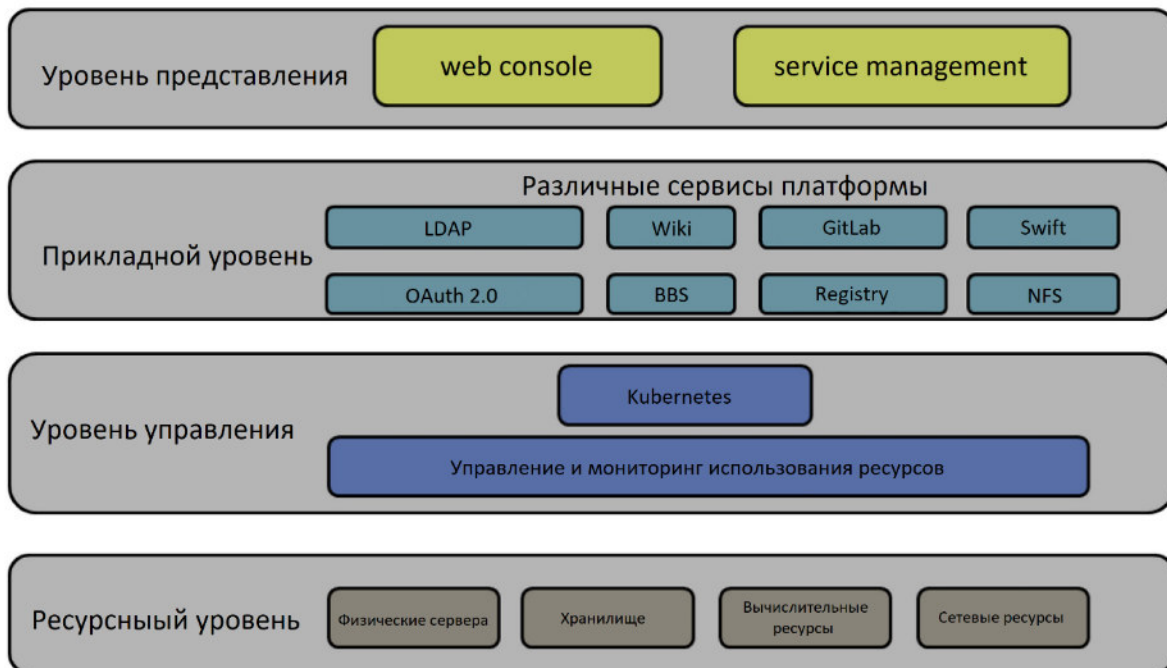


Рисунок 1 – Архитектура облака [3]

Развернута единая система аутентификации идентификационных данных для аутентификации и авторизации вычислительных ресурсов и ресурсов данных. В Kubernetes есть планировщик для поиска узла для вновь созданного модуля. Планировщик использует приоритетную очередь, в которой головной модуль будет сначала запланирован для выбранного узла. Стратегия планирования по умолчанию включает в себя три шага: выбор стратегии, приоритет и выбор. На этапе выбора стратегии планировщик проверяет все доступные узлы и отфильтровывает узлы, которые соответствуют требованиям; затем планировщик по умолчанию вычислит оценку каждого доступного узла на втором шаге; используется выбор хоста с наибольшим количеством свободных ресурсов, а также выбор более сбалансированного распределения ресурсов. Наконец, узел с наибольшим количеством баллов выбирается для запуска модуля.

Существуют две стратегии планирования, используемые в разных ситуациях. Первая — это планировщик по умолчанию, предоставляемый Kubernetes, вторая — пакетный планировщик [4]. При использовании неограниченных ресурсов больше всего подходит планировщик по умолчанию. Вторая стратегия используется для ограниченного использования ресурсов. При использовании пакетного планировщика, отправленная задача за определенный период сначала собирается в очереди кандидатов. Модули в этой очереди будут отсортированы по разным показателям. Затем будут выполнены два шага оптимизации, чтобы получить лучшую информацию о развертывании. На основе этих данных планируются пакетные задачи. Таким образом, будет больше задержек, но и больше пропускной способности по сравнению с планировщиком по умолчанию. Процесс планирования показан на рисунке 2.

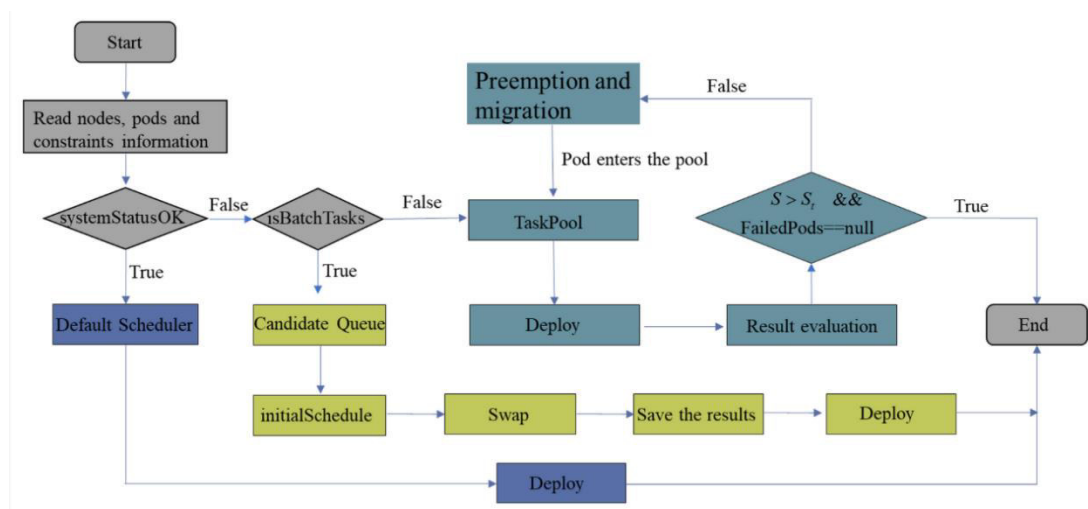


Рисунок 2 – Процесс планирования предложенной стратегии.

По результатам планирования при выполнении набора данных. Эксперименты с пакетным планировщиком проводятся в наборе данных ASD [5]. Набор данных состоит из трех файлов, которые используются для описания информации о приложениях, узлах и правилах ограничений. Результаты перечислены ниже.

В таблице 1 показано сравнение между предложенным алгоритмом и планировщиком по умолчанию для пакетных задач. Использование ресурсов и оценка макета являются важными показателями. Во время этого эксперимента веса ресурсов ввода-вывода, процессора и памяти устанавливаются равными 10, 4 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Сравнение двух алгоритмов

Показатели	Стандартный алгоритм				Предложенный алгоритм			
	776	815	847	945	776	815	847	945
Узлы	776	815	847	945	776	815	847	945
Приложения	382	402	420	412	382	402	420	412
Количество ресурсов	7423	8021	8210	9241	7423	8021	8210	9241
Производительность	69,2%	57,3%	67,4%	59,7%	91,9%	84,2%	89,6%	87,4%
Оценка	1158	1317	1295	1272	1065	1174	1168	1253

Использование ресурсов и производительность вычислялось по количеству контейнеров, используемых на ЭВМ и стоимости контейнера приложения. По результатам можно выявить, что предложенный алгоритм является более производительным при ограниченных ресурсах, так как набрал меньшее количество очков при оценке. Так как чем меньше значение оценки макета, тем лучше макет.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grandl, R.; Ananthanarayanan, G.; Kandula, S.; Rao, S.; Akella, A. Multi-resource Packing for Cluster Schedulers. ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev. 2014, 44, 455–466.
2. Li, D.; Wei, Y.; Zeng, B. A Dynamic I/O Sensing Scheduling Scheme in Kubernetes. In Proceedings of the 2020 4th International Conference on High Performance Compilation, Computing and Communications, Guangzhou, China, 27–29 June 2020; pp. 14–19.
3. Huang, J.; Xiao, C.; Wu, W. RLSK: A Job Scheduler for Federated Kubernetes Clusters based on Reinforcement Learning. In Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Cloud Engineering (IC2E), Sydney, Australia, 21–24 April 2020.
4. Rattihalli, G.; Govindaraju, M.; Lu, H.; Tiwari, D. Exploring Potential for Non-Disruptive Vertical Auto Scaling and Resource Estimation in Kubernetes. In Proceedings of the 2019 IEEE 12th International Conference on Cloud Computing (CLOUD), Milan, Italy, 8–13 July 2019.
5. The Alibaba Dataset. 2020. Available online: <https://code.aliyun.com/middleware-contest-2020/django> (accessed on 9 November 2020).

**А.Е. Аникеева<sup>1</sup>, М.Е. Аникеева<sup>2</sup>**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ УДАЛЕННЫХ СОТРУДНИКОВ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» г. Новосибирск (СибГУТИ), Россия

<sup>2</sup>АНОО ВО Центросоюза РФ «Сибирский университет потребительской кооперации», г. Новосибирск Россия

Ключевые слова: удаленный сотрудник, программное обеспечение, метод контроля, автоматизация контроля, мониторинг, программы отслеживания.

В данной статье приведен обзор предложений по программам автоматизации контроля удаленно работающего персонала предприятия. Перечислены методы контроля занятости удаленного сотрудника и показана проблема совмещения данных программ с основными программами, специализированными для работы каждого сотрудника.

**A.E. Anikeeva<sup>1</sup>, M.E. Anikeeva<sup>2</sup>**

**AUTOMATING REMOTE EMPLOYEE CONTROL**

<sup>1</sup>FGBOU VO "Siberian State University of Telecommunications and Informatics" (SibGUTI) in Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>ANOO IN the Centrosoyuz of the Russian Federation "Siberian University of Consumer Cooperation" in Novosibirsk, Russia

Keywords: remote employee, software, control method, control automation, monitoring, tracking programs.

This article provides an overview of proposals for automation control programs for remotely working personnel of the enterprise. The methods of monitoring the employment of a remote employee are listed and the problem of combining these programs with the main programs specialized for the work of each employee is shown.

**1 Постановка задачи**

В течение последних нескольких лет пандемии встал вопрос о переводе сотрудников на удаленную работу. Поэтому последние пять лет все работодатели столкнулись с проблемой контроля сотрудников на удаленной работе. Хотя в Трудовом кодексе и появились изменения по удаленным сотрудникам. Но так и нет совмещения различных специализированных программ для каждой специальности удаленно работающего персонала и программ для контроля выполнения рабочего плана сотрудника.

Сегодня на рынке программного обеспечения (ПО) для почти для любого бизнеса весьма востребованы программы, позволяющие контролировать деятельность сотрудников фирмы в рабочее время.

Хотя нужно отметить, что использование такого рода программ всё ещё отчасти спорно с этической точки зрения, но изменения, внесённые в нашу жизнь пандемией, эту часть этики опускает. Как наладить четкие бизнес-процессы, сохранив над ними контроль? Работодатель готов платить за законченное решение этого вопроса, но сбор из многих ПО и их совмещение для него слишком трудозатратно.

Крайне важно правильно организовать контроль сотрудников, чтобы сохранить их эффективность на прежнем уровне, выдержать темпы исполнения, не допустить снижения объема и качества выполняемых задач.

Поэтому темой данной статьи является разбор предложений по программам автоматизации рабочего процесса.

## **2 Методы контроля занятости удаленного персонала**

В зависимости от условий работодателя используются следующие методы контроля занятости удаленного персонала:

### **1. Метод контрольных точек**

Для мониторинга малочисленного штата, который занимается преимущественно творческим трудом или разработкой, подойдет методика контрольных точек, заключающийся в проверке выполнения основных этапов поставленной задачи. Руководитель с помощью коммуникаций через различные каналы связи, онлайн-совещаний и отметок о выполнении подзадач в общедоступной информационной системе получает представление об общем ходе проекта или о возможных проблемах.

Основные минусы данного метода:

- Рабочий процесс персонала свободен от отслеживания и по трудовому договору при 8-ми часовом дне, руководитель не знает, сколько реально времени специалист тратит на решение задачи или проекта.
- Такой способ нацелен на конечный результат с контролем промежуточных этапов. Он дает более широкую свободу для исполнителей, но трудно применим к значительному штату с ежедневной документальной работой.
- Еще одним его минусом является невозможность вести контроль действий удаленных территориально сотрудников на домашнем ПК по отношению к корпоративной информации, например, на сервере предприятия. Нет возможности своевременно отследить, локализовать и устранить несанкционированный доступ к корпоративной информации, наличия хакерских атак и порчи.

Но для контроля значительного по численности штата, занятого разнородными обязанностями (менеджеры, бухгалтеры, прорабы, разработчики, повара и другие), то есть предприятие среднего звена с разными специализациями, непросто осуществлять по методу контрольных точек.

- Во-первых, руководитель может быть не в курсе ежедневных рутинных обязанностей отдельных сотрудников (например, подготовки специализированных бухгалтерских отчетов или создания презентаций).
- Во-вторых, такой контроль работников на удаленке при значительном и неоднородном штате будет занимать много времени, даже если эту задачу делегировать начальникам отделов.
- В-третьих, метод контрольных точек не спасает от нежелательных форм обращения с конфиденциальной информацией в условиях, когда все сотрудники имеют удаленный доступ к корпоративной системе.
- Наконец, рабочий регламент для некоторых должностей очень важен (решающим становится сам процесс, а не результат). Например, специалист технического контроля строительства или бухгалтер не имеет права отвлекаться и пропадать из зоны доступа в определенные рабочие часы. В этом случае было бы более полезным слежение за сотрудниками на ПК на протяжении рабочей смены, что для руководителя фирмы очень затратно как по времени, так и экономически.

Тогда на помощь приходит второй способ контроля:

### **2. Метод непрерывного мониторинга**

Организуется с помощью специализированного ПО и автоматического учета рабочего времени. В результате применения программы-шпиона, о деятельности которой сотрудник не

догадываться, руководитель получает на выходе подробные отчеты о занятости и эффективности каждой единицы штата. За такие готовые ПО работодатель и готов платить.

Такой мониторинг сотрудников может стать несколько более затратным по начальным вложениям на внедрение системы контроля, настройку прав доступа к программам или интернет-ресурсам для пользователей, должностей и отделов, однако впоследствии окупается полностью автономной работой программы. Используя подходящие методы для контроля действий удаленных от офиса сотрудников, можно организовать дистанционную работу в условиях масштабной организации, понимая, что четкое выполнение служебных обязанностей непрерывно отслеживается, а нежелательное обращение с корпоративными данными может быть своевременно зафиксировано и предотвращено. Перечень подобных программ предлагают много фирм-разработчиков. Далее приведем перечень наиболее востребованных проектов.

### 3. ПО для организации контроля

Рассмотрим несколько наиболее популярных программ для контролирования подчиненных, которые могут успешно применяться при методе непрерывного мониторинга за ПК.

#### 1) Bitcop

Эта система осуществляет тотальный контроль рабочего времени сотрудников за персональным компьютером. Доступна в пакетной (закрытой) и облачной версии. При этом доступно пробное бесплатное использование (в полной версии без ограничений в течение 14 дней, или в облачной версии для одного сотрудника бессрочно). Это очень существенное ограничение. Программа адаптирована как под контроль качества удаленной от офиса работы штатных сотрудников, например, фрилансеров, так и под отслеживание деятельности персонала внутри компании любого размера (со сложной распределенной структурой). Действуя незаметно для пользователя, она собирает данные о времени начала и времени окончания работы, подсчитывает длительность простоев (исключая участие в онлайн-конференциях или рабочие переговоры с использованием мессенджеров, IP-телефонии, что очень актуально в условиях удаленной работы). Очень удобно, что мониторинг может активироваться только в определенные часы, что актуально, если сотрудник работает дистанционно с домашнего ПК. Поддерживается возможность учета рабочего времени в удаленном подключении через RDP.

Пример рабочего стола Bitcop приведен на рис. 1.

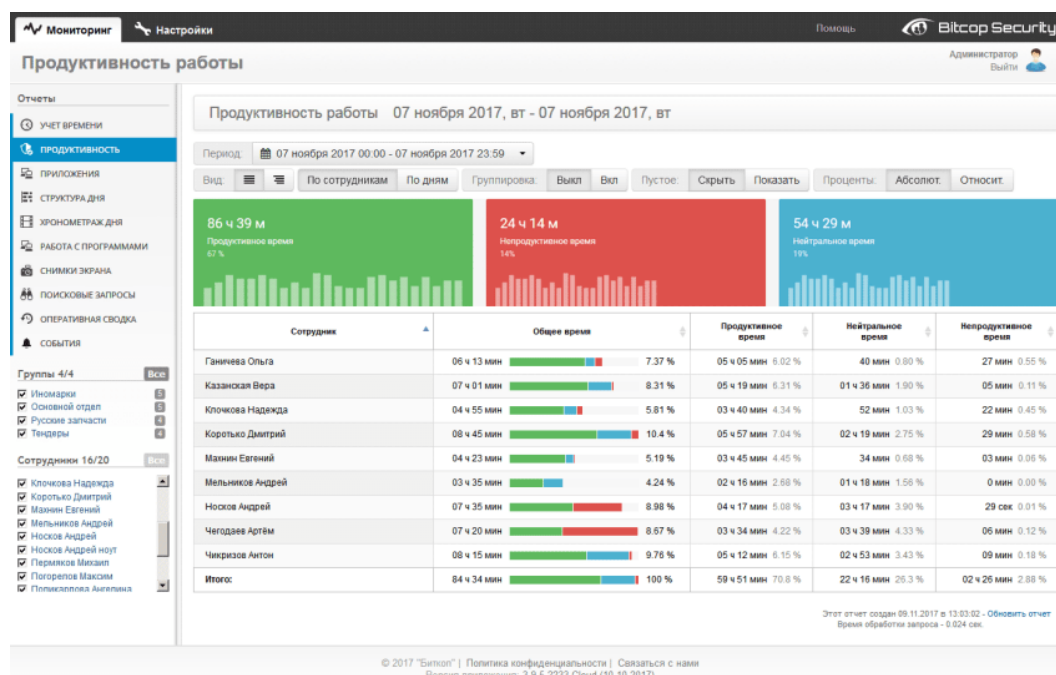


Рис. 1. Пример рабочего стола Bitcop

Bitcor отслеживает, какие программы запускает пользователь, как долго он использует каждую из них. Посещаемые сайты, вводимые поисковые запросы полностью фиксируются. Контролировать персонал с Bitcor становится легко и прозрачно за счет подробных отчетов об эффективности персонала в разрезе отделов или штатных единиц.

Большим минусом данного ПО то, что не видно, что именно делает удаленный сотрудник в программе, какие задания выполняет, какие вопросы решаются.

## 2) Hubstaff

Удобная программа Hubstaff для отслеживания действий пользователей за ПК, которая подходит для малого бизнеса, фрилансеров, удаленных команд. Основное назначение — это мониторинг рабочего времени персонала с дополнительными возможностями в виде:

- сохранения снимков экрана компьютеров,
- отчетов по использованным приложениям и посещенным сайтам,
- задания разрешений, просмотра активности,
- анализа нажатий клавиш.

В Hubstaff реализовано подключение к веб-камерам в реальном времени с целью понимания, чем занимается каждый член удаленной команды. Программа позволяет назначать расписание, отслеживая этапы, сроки и скорость выполнения заданий. Интересная особенность программы — возможность автоматического начисления заработной платы (через PayPal или Payoneer).

Пример рабочего стола Hubstaff приведен на рис. 2.

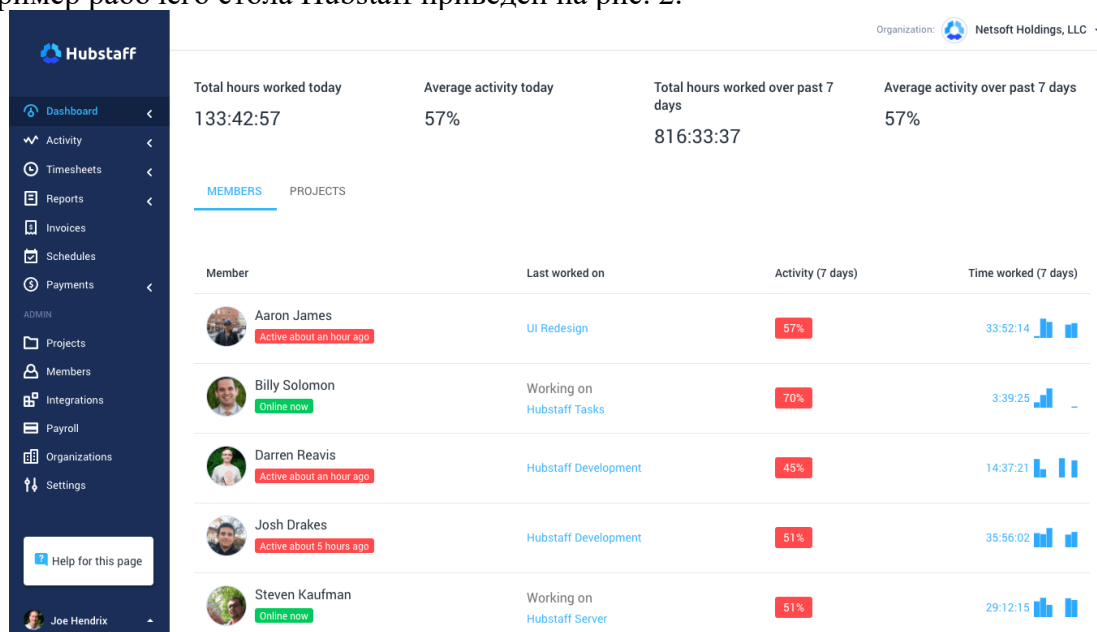


Рис. 2. Пример рабочего стола Hubstaff

Hubstaff способен интегрироваться через API с большим количеством сторонних приложений, поэтому легко встраивается в контур программ, используемых в организации.

Относительным минусом является — недостаточная информативность и детализация отчетов, отсутствие запретов на посещение определенных IP-адресов, сравнительно скромные возможности отслеживания. И главным минусом данного ПО, как и у Bitcor, является то, что не видно действия удаленный сотрудник в программе, какие задания выполняет, какие вопросы решаются, с какими клиентами решаются вопросы и на какой стадии.

## 3) TMetric

Для контроля сотрудников на удаленке, если их немного и все они достаточно сознательны, допустимо использовать такой инструмент, как тайм-трекер — это счетчик времени, который запускает сам сотрудник, начиная новую задачу или этап. Ярким примером тайм-трекера является TMetric.

Программа предназначена для контроля сотрудников в командах размером до 100 человек и позволяет отслеживать время, затраченное на выполнение конкретной задачи, перерывы, простои. Приложение дает возможность вести учет денежных доходов и расходов, тем самым



определяя прибыльность проекта или заказчика, а также потери средств на фоне среза проектов, клиентов, исполнителей.

Пример рабочего стола TMetric приведен на рис. 3.

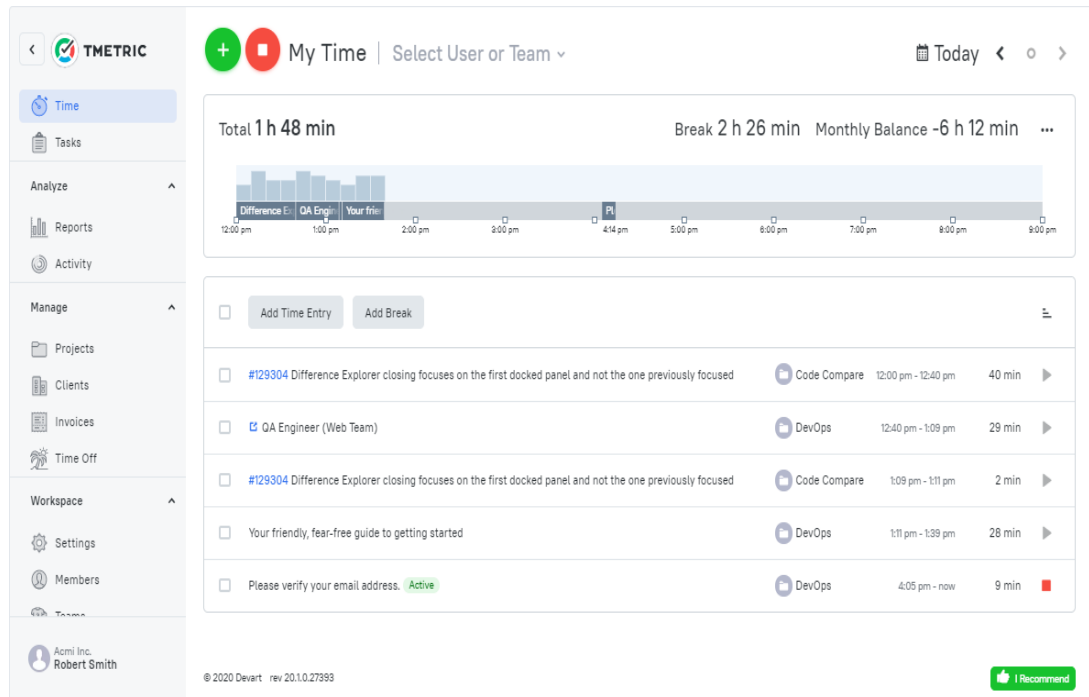


Рис. 3. Пример рабочего стола TMetric

И основным минусом данного ПО остается то, как и у Vitcor и Hubstaff, что не видно действий удаленного сотрудника в программах.

#### 4) Monitask

По задумке, сотрудники сами запускают тайм-трекинг, когда приступают к выполнению новой задачи, а Monitask периодически делает снимки рабочего стола их компьютеров. Эти скриншоты и заметки членов команды во время выполнения работы, доступны руководителю в режиме онлайн. По итогам мониторинга формируется статистика использованных программ и посещенных интернет-ресурсов, формируя аналитические отчеты временных затрат в различных разрезах. Эта программа, как и иные средства отслеживания, может применяться, для контроля непосредственной работы удаленных от работодателя сотрудников, для оценки интенсивности используемого ПО (на предмет того, что некий приобретенный софт редко используется и нет смысла продлевать на него лицензию).

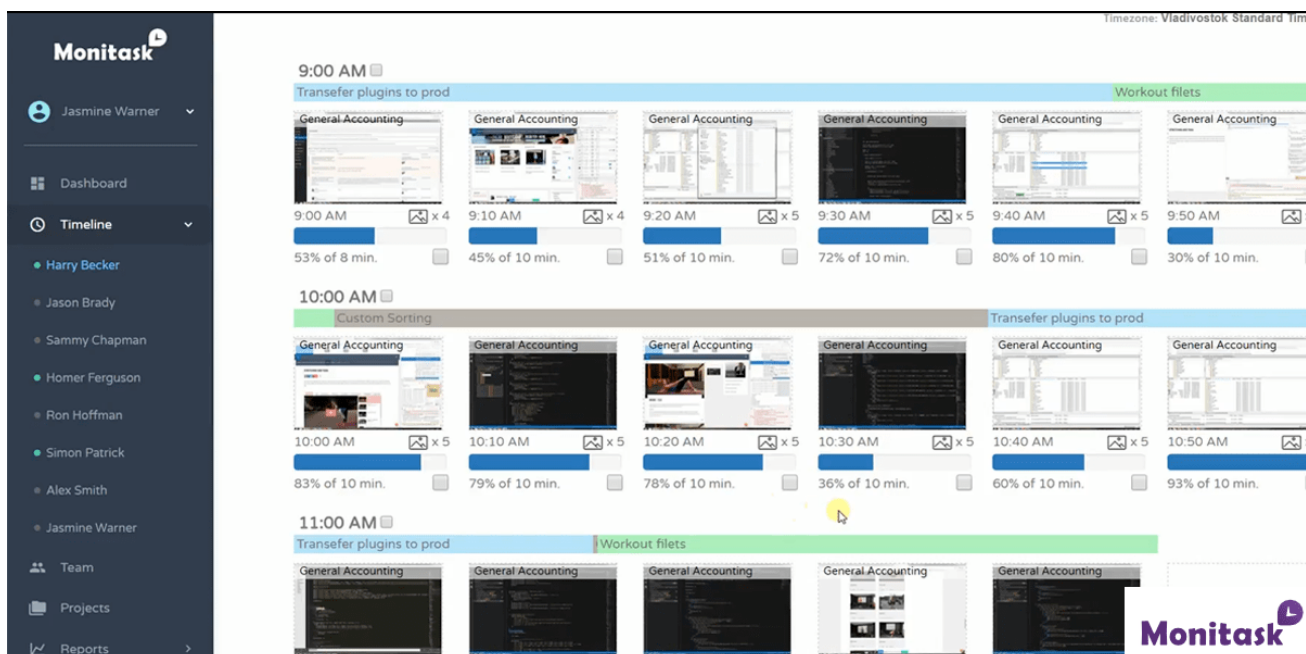


Рис. 4. Пример рабочего стола Monitask

Минус данного ПО остается то же, как и у Vitcorp и Hubstaff.

#### 4 Заключение

Инструментов для отслеживания действий на ПК и учета рабочего времени достаточно для любых требований работодателя, необходимо лишь выбрать тот, который будет оптимально подходить под масштаб, нужды и особенности конкретной команды.

На деле же так и нет основных программ автоматизации рабочего места для данного сотрудника со своими должностными обязанностями, заданиями и планами. Есть программы отслеживания выполнения работы сотрудников по конкретной специализации работы, но нет совмещения данных программ с основными программами, специализированными для работы для всех предприятий, (например, для бухгалтеров – 1С, СБИС+ и др.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Как эффективно построить систему контроля удаленной работы сотрудников. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/hr/270107-kak-kontrolirovat-udalennyh-sotrudnikov>.
2. Как контролировать удаленных сотрудников. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gardatech.ru/articles/smi/kak-effektivno-postroit-sistemu-kontrolya-udalennoy-raboty-sotrudnikov>.
3. Как мы контролируем удаленных сотрудников. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/maxilect/blog/425773>.

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ВУЗА

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: искусственный интеллект, обучение, высшее образование, технический вуз.

В статье рассмотрен вопрос внедрения искусственного интеллекта в образовательную среду вуза для повышения качества обучения. Оценка эффективности использования такой системы очень важна в нынешней ситуации, так как технологии не стоят на месте и все развивается. Важно провести анализ достоинств и недостатков, чтобы с наибольшей точностью определить стоит ли применять ИИ или нет.

M.O. Belonogov, R.A. Kurbanov, D.I. Burumbaev

## EVALUATION OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF THE UNIVERSITY

Urals Technical Institute of Communication and Computer Sciences (Branch) of the Federal State Educational Establishment of Higher Learning «Siberian State University of Telecommunications and Informatics» in Yekaterinburg, Russia.

Keywords: Artificial intelligence, training, higher education, technical university

The article considers the issue of introducing artificial intelligence into the educational environment of the university to improve the quality of education. Evaluating the effectiveness of using such a system is very important in the current situation, as technology does not stand still and everything develops. It is important to conduct an analysis of the advantages and disadvantages in order to accurately determine whether it is worth using AI or not.

В современном мире невозможно представить жизнь человека без современных технологий с широким функционалом. Искусственный интеллект – набор технологических и программных решений, приводящих к результатам, сравнимых с результатом интеллектуальной деятельности человека или превышающих его, и используются для решения прикладных задач на основе данных, в том числе с помощью систем компьютерного зрения, обработка естественного языка, распознавания и синтеза речи, рекомендательных систем и интеллектуальных системы поддержки принятия решений.

Все большее число людей и организаций прибегает к помощи искусственного интеллекта в решении задач, которые постепенно начинают доверять машинам. процесс автоматизации практически полностью заменяет ручной труд во всех сферах деятельности человека. Системы ИИ с помощью камер видеонаблюдения могут следить за общественным порядком как на улицах города, так и в других местах массового скопления людей, что позволяет прогнозировать опасные ситуации. Благодаря способности анализа данных программы и машины становятся эффективными помощниками в системе здравоохранения.

Искусственный интеллект стали активно применять в области образования во многих странах. Несмотря на достигнутые достижения, система все еще находится на стадии развития, однако многие авторы статей о пользе ИИ в образовании пишут о большей полезности этой системы. Обучение студентов в высших учебных заведениях направлено не только на получение знаний, оно также направлено на культурное и нравственное развитие студента.

В настоящее время трудно рассматривать ИИ как полноценную замену преподавателю, ведь он не способен сейчас рассуждать о морали и нравственности. ИИ как и любой алгоритм может выдать оптимальный ход или действие, однако научить человека нравственности и ответственности на данном этапе развития ИИ не способен.

Поэтому одним из вариантов использования ИИ в обучении - помощь преподавателю. ИИ умеет распознавать рукописный текст и анализировать смысл, что вполне можно использовать для проверки домашних или контрольных работ. Кроме того, ИИ сможет оценивать оформление работы: правильность рамок, соответствие шрифта если работа в электронном виде, подписи картинок и таблиц. В проверке оформления, ИИ точно определит ошибку и даст рекомендации как исправить, в таких задачах ИИ сильно повысит эффективность проверки, ведь все что здесь необходимо - опознать объект и сравнить его окружение с правильностью оформления.

Развитием такого применения ИИ можно считать заменяющего преподавателя. Например, чтобы ИИ вел практики или лабораторные работы. В таком случае нет большой необходимости в обучении студентов нравственности и морали, основная задача - показать как работает та или иная тема предмета, что упрощает работу и предоставляет ИИ больше возможностей, особенно в информационных направлениях. Однако, более практические направления (прокладка сетей) в этом варианте наоборот пострадает, ведь в таких предметах важна именно технология работы руками, ИИ же не сможет показать правильное оформление.

Также возможно применение ИИ как отдельного инструмента в образовании. Проведение дополнительных занятий для отстающих студентов, или факультативы для тех кто хочет подтянуть знания или же закрепить уже полученные. Такой подход не требует больших затрат ресурсов и имеет множество достоинств. Нынешних функций, которые предоставляет ИИ, достаточно для осуществления образовательного процесса в стиле репетиторства. Все что требуется от студента это записать выданный компьютером материал и решить поставленные перед ним задачи. Данная система позволит улучшить качество образования в мире.

Для лучшего анализа вопроса о том может ли ИИ быть использован в образовании был проведен опрос среди студентов УрТИСИ СибГУТИ. Двадцати пяти студентам одной учебной группы были заданы вопросы о необходимости и эффективности внедрения ИИ в обучение студентов.

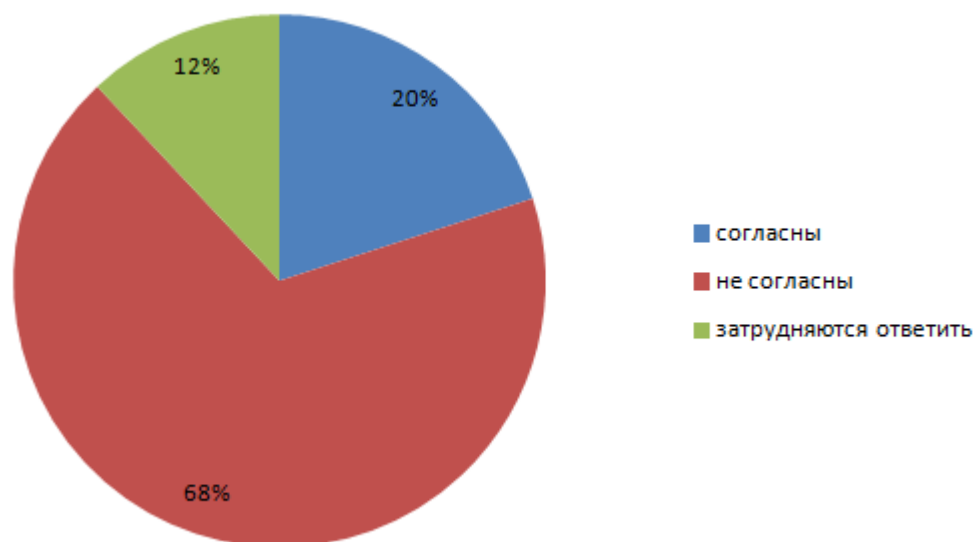


Рис. 1. Диаграмма результатов опроса

В ходе опроса было выяснено, что большинство студентов считают внедрение ИИ в сферу образования плохой инициативой по крайней мере на данном этапе его развития. Пятеро студентов не смогли прийти к определенному ответу так как многие факторы указывают как на достоинства этой системы, так и на недостатки.

Помимо одобрения участниками образовательного процесса стоит учитывать экономическую часть этого проекта. Разработка такой системы требует огромных затрат. Любая система на основе ИИ необходимо не только система и логика работы, но и огромный массив размеченных данных. Несмотря на уже готовые системы по распознаванию рукописного текста, необходимо рассматривать так же электронные тесты.

Для разметки данных необходимо большое количество времени и сил, конечно, это не столь квалифицированная работа, поэтому на данном этапе можно оплачивать работу не всего штата разработки, но как минимум одного разработчика, который будет делать основу архитектуру. Такие специалисты ожидают больших зарплат. Как пример можно посмотреть на динамику зарплат в РФ, для senior разработчиков.

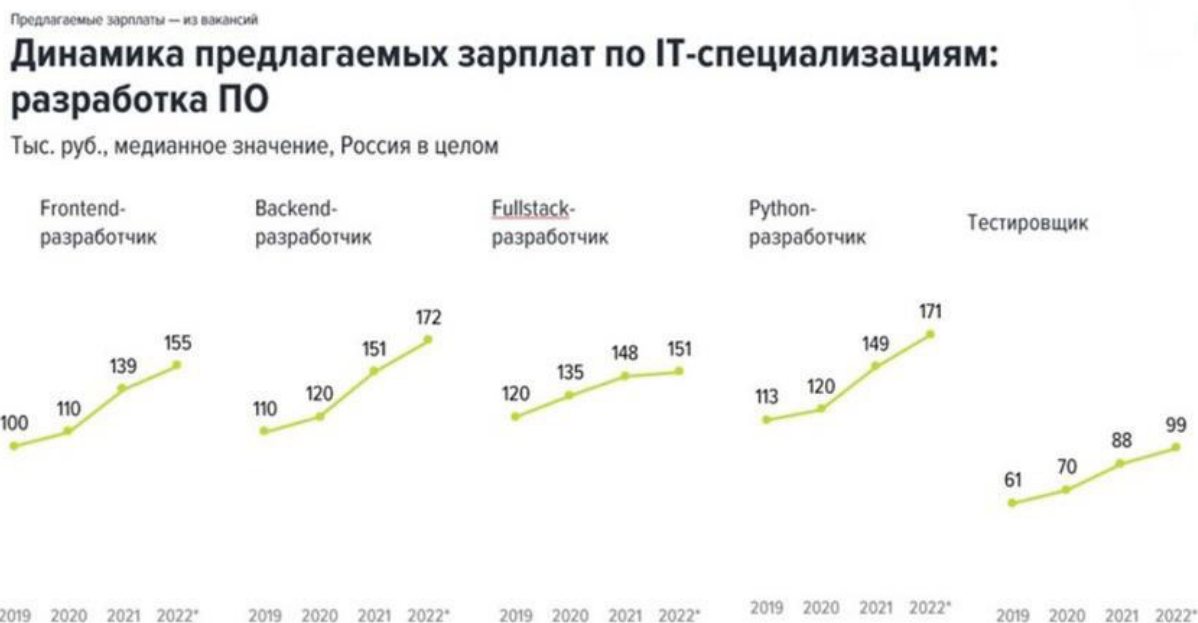


Рис. 2. График предполагаемых затрат

По примерным расчетам, начало разработки требует минимум месяц для структуризации архитектуры. Затем можно начинать искать подходящие данные и размечать их. Кроме того, мало просто построить архитектуру ИИ, необходимо сделать внешний вид программы и способы доступа к ней, а значит нанимать команду и frontend и backend разработчиков.

Поэтому стоит учитывать, что такая система - это инвестиции в далекое будущее, причем такая система влечет за собой модернизацию системы образования, как минимум в одном вузе. Разумно использовать эту систему как резерв, особенно в первой итерации, иначе будет огромный риск получить неквалифицированных специалистов на выпуске.

Таким образом, применение ИИ позволит решить множество проблем преподавателя, которые возникают при обучении студентов. Использоваться такая система может как помощь преподавателю в виде дополнительного инструмента проведения занятий, так и отдельно от преподавателя в виде репетитора для студентов. Технологическое развитие неотвратимо и в связи с этим никак нельзя представить дальнейшее развитие образования без использования современных технологий, задача ВУЗов состоит в том, чтобы внедрение было эффективным и результативным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Что такое ИИ? Подробнее об искусственном интеллекте. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.oracle.com/cis/artificial-intelligence/what-is-ai/>
2. Искусственный интеллект. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. Зарплаты программистов в России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php/>

## АНАЛИЗ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге.

Ключевые слова: профессиональное образование, риск, электронное обучение, результаты образования.

Статья посвящена анализу рисков, возникающих при организации электронного обучения в системе профессионального образования. Автор выделяет риски, связанные с результатами обучения и воспитания, социального и личностного развития, риски снижения здоровья обучающихся, риски технологического характера.

A.S. Bugrov

## ANALYSIS OF PEDAGOGICAL RISKS IN THE ORGANIZATION OF E-LEARNING IN VOCATIONAL EDUCATION

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: vocational education, risk, e-learning, educational outcomes.

The article is devoted to the analysis of risks arising in the organization of e-learning in the system of vocational education. The author highlights the risks associated with the results of education and upbringing, social and personal development, risks of reducing the health of students, risks of a technological nature.

9 мая 2017 г. Президента РФ издал Указ № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы», официально провозгласив тем самым новую эру развития социальных отношений. Полномасштабные изменения, протекающие сегодня в российском обществе, не могут не затрагивать такое всеобъемлющий социокультурный институт как образование и, в частности, профессиональное образование. Но несомненно, что внедрение любого новшества сопряжено с рисками различного характера, осмысление и минимизация которых определяет в конечном итоге успешность инноваций.

Действующий Закон об образовании в ст. 16 допускает реализацию образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. При этом под электронным обучением понимается: «организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников». Под дистанционными образовательными технологиями понимаются: «образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников» [7].

В период «ковидных» ограничений дистанционные технологии и электронное обучение было единственным возможным способом организации образовательного процесса. В настоящий момент эти технологии стали неотъемлемой частью системы образования, к которой прибегают



в случае возникновения сложностей при организации обучения традиционным способом. Но этот же период активного использования электронного обучения позволил педагогам и исследователям проанализировать его негативные последствия и риски.

Кибакин С.В. выделил следующие риски, возникающие при реализации электронного обучения: фрагментарное и пассивное восприятие, осмысление и запоминание, непонимание сути нового материала в связи с использованием аудиальных и визуальных сенсорных модальностей восприятия при отсутствии или минимальном использовании кинестетической (тактильной) и цифровой (аналитическое восприятие) модальностей. Преподаватели в процессе реализации электронного обучения используют преимущественно традиционные методы, превращаясь в «вещателя» знаний. Активные и интерактивные методы (групповая работа, дидактические игры, дискуссии, мозговой штурм, разбор проблемных ситуаций) используются в системе электронного обучения крайне редко. В результате в электронном обучении не могут в полной мере формироваться навыки творческого осмысления, моделирования проблемы и способов ее решения, применение знаний в практической жизни [4]. Для электронного обучения актуален риск поверхностного знакомства с учебным материалом, его отстраненная оценка (невозможность соотнести со своим жизненным опытом и найти знаниям практическое применение).

В социальном плане также можно выделить ряд проблем, оказывающих значительное влияние на формирование личности будущего специалиста. Отсутствие личного общения и возможностей развивать навыки живого общения (с преподавателями, учащимися, администрацией вуза) имеет, безусловно, негативные последствия, особенно для профессий, требующих высокого уровня развития социального интеллекта. «Возникает риск деградации речи, а вместе с ней и мышления, поскольку оно совершается в речи, которая в цифровом обучении редуцируется до нажатия пользователем на буквы клавиатуры компьютера. Как отмечают исследователи, у детей цифрового поколения мысли фрагментарны, а суждения поверхностны. А уж грамотность детей цифрового поколения просто ужасает. Если школьник или студент не имеет развитой практики живого общения, формирования и формулирования мысли в речи, у него, как показывают психологические исследования, мышление не формируется» [3].

Кажущаяся доступность любой информации в условиях информационного общества приводит к возникновению ряда образовательных противоречий, главное из которых – отсутствие у студентов знаний (интериоризированной информации, усвоенной и встроенной в систему знаний) при широкой информированности (характеризующейся поверхностностью и субъективностью трактовок) [См. напр.: 1 С.10; 2 ]. «Информация – это семиотическая, знаковая система, носитель значений (знаки языка, тексты, звуки речи и т.п.), а знание – подструктура личности, нечто субъективное, личностные смыслы, которые часто бывают разными для разных людей, воспринимающих одну и ту же информацию» [3].

Информация в процессе обучения должна формироваться в устойчивую энграмму, отражающую функциональные связи, характерные для знаний, однако в широкоформатном информационном потоке достичь этого не представляется возможным. «Биологи, специализирующиеся на работе мозга, раньше социологов стали обращать внимание на явление «цифрового слабоумия». «Эффект Маугли» – в том случае, если образование ребенка происходит при компьютеризации, некоторые области его мозга не развиваются» [6].

А. Курпатов утверждает, что высокий уровень мышления современного человека определен сложностью социальных связей и взаимоотношений внутри группы. В момент общения люди анализируют множество параметров: смысл, интонацию, позу, жесты и т.д. За каждый параметр отвечает определенный участок мозга. Если же дети с раннего возраста привыкают общаться нажатием кнопки, то активно развивается только одна область мозга, а остальные начинают деградировать. Эта примитивизация проявляется даже при психических заболеваниях [5]. О.А. Литвиненко в процессе сравнения историй болезни современных больных шизофренией и больных описанных в «доцифровую» эпоху выявила упрощение, примитивизацию бреда у первых.

Думать и воспринимать информацию – это два несовместимых друг с другом психических процесса. Поэтому ориентирование образования на разнообразные мобильные приложения,

агрегаторы, интернет автоматически приводит к снижению активности мыслительной деятельности. Только в ситуации, когда «мнение эксперта недоступно», мозг начинает работать самостоятельно, активизируя центры принятия решений в коре головного мозга [5]. Таким образом, электронное обучение имеет риск формирования специалиста не способного принимать грамотные, взвешенные и обоснованные решения в нестандартных ситуациях.

Существенной проблемой также является невозможность обеспечения воспитательного процесса в цифровом обучении, тогда как образование предполагает наличие этого компонента. «Воспитание предполагает «социальную ситуацию развития» (Л.С. Выготский), общение и межличностное взаимодействие субъектов образовательного процесса, эмоционально-ценностное отношение к ситуациям нравственного выбора, проживание и переживание ими этих ситуаций на основе знания принятых в обществе моральных норм. *Воспитание – это морально-нравственная категория*, где мораль представляет собой принятые в обществе законы, постановления, нормы социального поведения. Воспитание нравственности (от слова «нрав») не сводится к усвоению информации о том, что считается в обществе хорошим или плохим. Можно хорошо знать нормы морали и быть безнравственным, плохо воспитанным, взяточником, преступником. Воспитывает не то, чему учат, а как учат» [3].

При электронном обучении происходит обезличивание субъектов педагогического процесса, у студентов отсутствует возможность сравнивать свои достижения с достижениями сокурсников и взаимообучаться. Повышается роль самомотивации и самодисциплины, что само по себе не плохо, однако при недостаточной развитости волевой сферы обучающихся может иметь негативный результат.

Кроме субъективных негативных последствий распространение электронного обучения повышает риски в области оценки результатов образования (подмена/недоверность предоставляемых учебных продуктов; присвоение чужих учебных продуктов). Не стоит забывать также о технических рисках в ходе дистанционного обучения (необходимость технической оснащённости всех субъектов образовательного процесса), факторе профессии (не все профессии можно освоить дистанционно) и здоровье обучающегося (электронное обучение полностью преобразует стиль жизни обучающихся). Таким образом, к рискам распространения электронного обучения относятся опасности, касающиеся результатов образования, социального и физического здоровья, а также показателей индивидуального развития человека.

Можно констатировать, что электронное обучение, имея определенные преимущества перед традиционными способами организации образовательного процесса, не может считаться «панацеей» и в отрыве от традиционного обучения несет в себе риски, грозящие недопустимыми образовательными результатами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бугров А.С. Перспективы компетентного подхода к среднему профессиональному образованию // Профессиональное образование и рынок труда. №4 (35). 2018. С. 9-15
2. Бугров А. С. Методологические противоречия в управлении профессиональным образованием Российской Федерации // Профессиональное образование и рынок труда. 2019. № 3. С. 19-25
3. Вербицкий А.А. Цифровое обучение: проблемы, риски и перспективы. Homo Cyberus, электронный научно-публицистический журнал. URL: [http://journal.homocyberus.ru/Verbitskiy\\_AA\\_1\\_2019](http://journal.homocyberus.ru/Verbitskiy_AA_1_2019) (дата обращения 17.12.2022).
4. Кибакин С.В. Риски электронного обучения студентов колледжа и способы их минимизации. Мир культуры, науки, образования (86) 1, 2021, С. 128. С. 127-129
5. Курпатов А. Чертоги разума. Убей в себе идиота! Электронный ресурс. URL: <http://e-libra.su/read/464682-chertogi-razuma-ubey-v-sebe-idiota.html> (дата обращения 17.12.2022).
6. Четверикова О. О последствиях четвёртой промышленной революции. URL: <https://kv-journal.su/content/o-posledstviyah-chetvyortoy-promyshlennoy-revoljucii> (дата обращения 17.12.2022).
7. Федеральный закон № 273-ФЗ от 29.12.2012 «Об образовании в Российской Федерации» URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/) (дата обращения 17.12.2022).



## **ДЕТЕРМИНАНТЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ЭКОНОМИКО-ПРАВОВОЙ АСПЕКТ**

ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения РАН» (ИЭ УрО РАН),  
Россия, Екатеринбург

Ключевые слова: технологии искусственного интеллекта, динамика развития, экономико-правовые детерминанты.

Динамичное развитие сложных процессов цифровизации, формирования и развития цифровых платформ, технологий искусственного интеллекта (ИИ) существенно опережает возможности их комплексного, междисциплинарного исследования как в теоретико-методологическом, так и экономико-правовом аспектах. Представлено авторское видение экономико-правовых детерминант развития ИИ в России. Автором статьи реализуется целевая установка на восполнение имеющихся пробелов в экономико-правовом исследовании с акцентом на защиту объектов интеллектуальной собственности (ОИС) процессов реализации технологий ИИ.

**T.I. Volkova**

## **PATENT SECURITY IN THE CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Institute of Economics Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Russia, Yekaterinburg

Key words: artificial intelligence technologies, development dynamics, economic and legal determinants.

The dynamic development of complex digitalization processes, the formation and development of digital platforms, artificial intelligence (AI) technologies is significantly ahead of the possibilities of their comprehensive, interdisciplinary research, both in theoretical and methodological and economic and legal aspects. The author's vision of economic and legal determinants of AI development in Russia is presented. The author of the article implements the target setting to fill in the existing gaps in economic and legal research with an emphasis on the protection of intellectual property objects (IP) of the processes of implementing AI technologies.

Многие исследователи, и правомерно, выделяют позитивные изменения в экономике, особенно стран-лидеров, расширяющих использование технологий ИИ [7]. В качестве реальных экономических успехов приводят, например, статистику вклада этих технологий в ВВП. Так, в Китае как лидере по этим параметрам в последние годы он составляет около 30%, в США около 20%, весомая доля отмечается в Южной Европе и ведущих азиатских странах. Солидны и ежегодные мировые вложения инвесторов в ИИ, оцениваемые в размере 150 млрд долл.

В плане реализации потенциала в виде интеллектуализации факторов инновационной экосистемы при использовании ИИ показателен пример японской, мирового уровня корпорации – платформы NTTGroup [6]. За счёт потока инновационных разработок и их успешной реализации с использованием сетевого инновационного менеджмента и маркетинга корпорации принадлежит одна из ведущих позиций на мировом рынке телекоммуникаций.

Среди наиболее значимых прорывных инновационных проектов корпорации последних лет выделяются:

1. Запуск облачного сервиса квантовых вычислений (2017 г.) с оказанием бесплатной услуги по аренде вычислительных мощностей квантового компьютера. Разработана

принципиально новая технология квантовой нейронной сети с экономным расходом энергии, что означает безусловное конкурентное преимущество Корпорации.

2. Проект «Умный город». Предназначен для тестирования новых технологий, связанных с робототехникой, ИИ, «умными домами», в том числе построенными роботами. Проект подразумевает использование солнечной и геотермальной энергии.

3. IOWN (Концепция инновационной оптической беспроводной сети), что означает разработку с использованием ИИ коммуникационной инфраструктуры следующего поколения широкого спектра функционирования для повышения качества жизни населения.

В корпорации функционируют 12 научных лабораторий (около 2000 исследователей), специально создан Центр интеллектуальной собственности. Безусловно, именно стимулирование и реализация творческого потенциала исследователей позволили NTT Group лидировать по числу зарегистрированных патентов (на конец 2019 г. обладала 6968 патентных семейств). К примеру, Apple на соответствующий период имела 6095 патентных семейств [6, с. 67].

Продуктивность стратегии предоставления этой корпорацией бесплатных и платных интеллектуальных услуг можно рассматривать в качестве эмпирического подтверждения нашей позиции о целесообразности диалектического сочетания открытых и закрытых (рамками законодательной защиты) интеллектуальных продуктов в условиях цифровизации [1].

Вместе с тем, традиционно имеются расхождения в позициях групп исследователей в отношении целесообразности развития института защиты интеллектуальной собственности (ИС). Они углубились в связи с бурным развитием технологий ИИ как объекта высокого уровня сложности, пронизывающего многие сферы экономики и общества в целом, но при этом, о чем свидетельствует практика, сопряженного с разнообразными рисками. В качестве одной из ведущих задач применения в России этих технологий является обеспечение национальной информационной и кибербезопасности, что особенно значимо для оборонного комплекса страны.

Среди отечественных правоведов нет единодушия по правовой оценке сложной природы, спектра возможностей применения, регламентации порядка, ответственности в процессе использования технологий ИИ [2, 3, 4], что отражается и в уже имеющихся нормативных документах.

Целесообразно, на наш взгляд, внесение изменений в «Национальную стратегию развития искусственного интеллекта в Российской Федерации на период до 2030 года» [5], в части четкой постановки задач и направлений, связанных с правовой защитой отечественных результатов интеллектуальной деятельности в сфере ИИ. Прямое отношение к этим результатам имеет только задача проведения патентных исследований и их регулярная актуализация с участием российских организаций-лидеров (ст. 31, 32). Соответственно целесообразно внесение дополнений и уточнений в сопряженные с данной Стратегией документы.

В реальной практике, о чем свидетельствуют, например, исследования специалистами и экспертами ООО «Яндекс» [7] международного рынка ИИ, наблюдается существенный рост не только публикаций, но и патентов по ИИ. Выделено, что наиболее патентоспособными объектами являются технические результаты, полученные с использованием ИИ. С учетом возросших общественных потребностей, обеспечения национальной безопасности, высокого уровня рыночной стоимости уникальных продуктов ИИ, необходимости достойного стимулирования их создателей, в качестве ведущей детерминанты выступает доработка и разработка соответствующих законодательных и нормативных актов как приоритетная задача научно-технологического развития.

Заслуживает поддержки осуществление отечественными юристами работы над Цифровым кодексом РФ. Назрела необходимость синтеза положений из имеющихся разработок по ИИ, включая регламентацию защиты и реализации ИС в современных условиях. Ряд этих положений отражен в массиве соответствующих правительственных документов, рекомендациях неформальных институтов, представительных симпозиумов, конференций и др.

Кроме того, ускорению решения этой проблемы будет способствовать, по нашему мнению, консолидация усилий не только соответствующих формальных институтов (включая Роспатент), но и немалого числа неформальных самоорганизующихся профессиональных сообществ, создающих альянсы и консорциумы по различным направлениям технико-технологического развития и обеспечения эффективной реализации технологий ИИ.

## Благодарность

Исследование выполнено в соответствии с госзаданием Института экономики УрО РАН на 2023 г. по направлению «Прогнозирование трансформации социально-экономических взаимодействий экономических агентов на основе институционального моделирования развития цифрового общества».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волкова Т.И. «Открытые» инновации и институциональная защита интеллектуальной собственности // Журнал экономической теории. 2021. Т. 18, № 4. С. 596-609. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-4.9>.
2. Гурко А. Искусственный интеллект и авторское право: взгляд в будущее // Авторское право и смежные права. 2017. № 12. С. 7-18.
3. Лаптев В.А. Понятие искусственного интеллекта и юридическая ответственность за его работу // Право. Журнал Высшей школы экономики. 2019. № 2. С. 79-102.
4. Морхат П.М. Искусственный интеллект: правовой взгляд. М.: Буки Веди, 2017. 257 с.
5. «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта в Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. N 490 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72738946> (дата обращения 07.01.2023).
6. Никулина О.В., Тлеуж Д.А. Направления развития инновационной деятельности международных компаний телекоммуникационной отрасли // Проблемы теории и практики управления. 2021. № 8. С. 57-74.
7. Токарев Б.Е., Токарев Р.Б. Анализ рынка искусственного интеллекта: динамика патентования технологий // Практический маркетинг. 2020. № 1. С. 38-44.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ В ПРОЦЕССЕ  
ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ОТРАСЛИ  
ИНФОКОММУНИКАЦИЙ**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: практическая подготовка, профессиональные стандарты, лабораторные работы, учебные видеофильмы.

В статье рассмотрена методика применения мультимедийных инструкционных карт, содержащих видеоматериалы по технологическим операциям, выполняемым при восстановлении работоспособности линейно-кабельных сооружений. Приведены результаты анализа использования данных карт при проведении лабораторных работ.

**E.I. Gnilomedov**

**THE USE OF TRAINING VIDEOS IN THE PROCESS OF PRACTICAL TRAINING OF  
SPECIALISTS IN THE INDUSTRY OF INFOCOMMUNICATIONS**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: practical training, professional standards, laboratory work, educational videos.

The article considers the methodology for the use of multimedia instructional cards containing video materials on technological operations performed during the restoration of the performance of linear cable structures. The results of the analysis of the use of these maps in laboratory work are presented.

Новые реалии современной жизни, уровень технологического развития промышленности РФ, цифровизация производственных процессов вызывают потребность в обеспечении всех сфер и направлений экономики российской Федерации высококвалифицированными кадрами, обладающими современными цифровыми компетенциями.

Потребность в специалистах в области ИТ технологий в настоящее время только растет. В 2021 году российской экономике не хватало порядка одного миллиона ИТ-специалистов – в результате процессов ускоренной цифровизации традиционных отраслей экономики, социальной сферы, госуправления. А в 2022 году ситуация еще обострилась, в том числе по итогам весенних волн релокации ИТ-кадров за рубеж. Согласно действующей в настоящее время национальной программы «Цифровая экономика», основой современного развития цифровой экономики выступает сектор информационно коммуникационных технологий, состоящий из ИТ-отрасли и отрасли связи и телекоммуникаций [1].

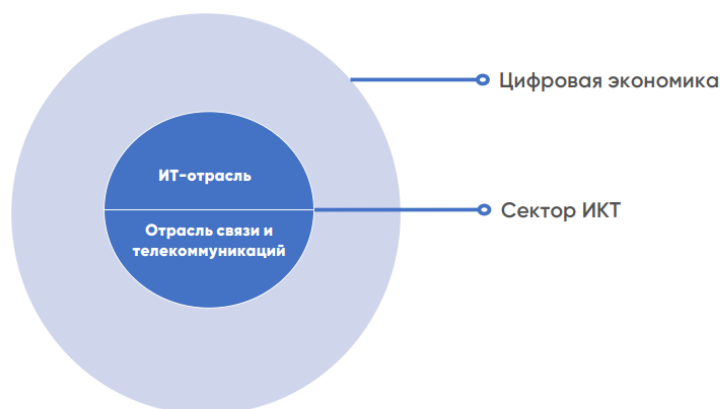


Рис. 1 Структура цифровой экономики

Таким образом отрасль связи и телекоммуникаций составляет половину структуры цифровой экономики. Необходимо отметить, что, согласно общероссийского классификатора занятий к категории ИТ-специалистов, специалистов относятся в том числе:

- специалисты высшего уровня квалификации, в том числе инженеры по телекоммуникациям;

- специалисты среднего уровня квалификации в том числе и специалисты-техники по телекоммуникациям и радиовещанию [2].

Следовательно, подготовка кадров для цифровой экономики, и, в частности, для отрасли связи, является приоритетной задачей, образовательных организаций высшего образования.

В настоящее время образовательные стандарты высшего образования основаны на принципе соответствия компетенций выпускников вузов требованиям профессиональных стандартов отраслей экономики в виде требований к профессиональным компетенциям. При формулировке профессиональных компетенций, образовательная организация должна руководствоваться профессиональными стандартами отрасли, соответствующих области профессиональной деятельности выпускников. Так, например, в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи основной областью профессиональной деятельности выпускника является связь, информационные и коммуникационные технологии [3]. Следовательно, для определения профессиональных компетенций необходимо использовать профессиональные стандарты данной области деятельности. На сегодняшний день список этих стандартов достаточно обширен. Одним из таких профессиональных стандартов является стандарт 06.018 «Инженер по технической эксплуатации линий связи» [4].

В настоящее время в Уральском техническом институте связи и информатики Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики ведется подготовка специалистов по направлению Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль «Транспортные системы и сети связи» [5]. На основе анализа наиболее значимых трудовых функций из профессионального стандарта, а также требований к трудовым функциям работника соответствующего уровня квалификации, должны быть сформулированы профессиональные компетенции выпускника.

Взаимосвязь между образовательными стандартами и профессиональными стандартами отрасли подразумевает необходимость внедрения эффективных практикоориентированных методик обучения студентов. В настоящее время особое внимание должно уделяться практической подготовке студентов. Под практической подготовкой студентов подразумевается форма организации образовательной деятельности при реализации учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей) путем проведения практических занятий, практикумов, лабораторных работ, предусматривающих выполнения обучающимися определенных видов работ, отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью. и направленных на

формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы [6].

Таким образом, лабораторные работы являются важным элементом формирования навыков к определённым видам работ в процессе практической подготовки обучающихся.

Лабораторная работа – это занятие, которое проводится на специальном оборудовании в учебных лабораториях вуза с целью углубления теоретических знаний по определенным темам дисциплин или дисциплины в целом, а также приобретения практических навыков в соответствии с выбранным профилем подготовки.

При этом лабораторные работы, проводимые в рамках курсов специальных дисциплин, должны формировать знания, умения и навыки, соответствующие требованиям к трудовым действиям, навыкам и знаниям, зафиксированным в профессиональных стандартах отрасли инфокоммуникаций.

В настоящее время в Уральском техническом институте связи и информатики Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики ведется подготовка специалистов по направлению Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль «Транспортные системы и сети связи». Одной из специальных дисциплин при подготовке выпускников согласно учебного плана, является дисциплина «Основы проектирования, строительства и монтажа линейных сооружений связи». Данная дисциплина предусматривает проведение лабораторных работ, связанных с монтажом кабельных линий связи. Выполнение данных работ в процессе обучения позволяет сформировать у студентов знания умения и навыки, по содержанию соответствующие трудовой функции «Устранение технических проблем на кабельных линиях связи» определенной в профессиональном стандарте 06.018 «Инженер по технической эксплуатации линий связи». Данная трудовая функция определяет следующие необходимые знания, трудовые действия и навыки:

- способы и приемы устранения аварий на кабельных линиях связи;
- контроль выполнения работ по устранению аварий [4].

Следовательно, в процессе проведения лабораторных работ студенты должны получить навыки выполнения операций, характерных при проведении аварийно-восстановительных работ.

В процессе проведения лабораторной работы, как формы обучения, возможно применение различных методов обучения, такие как словесные, наглядные и практические. Словесный метод обучения используется во время инструктажа к проведению того или иного этапа лабораторной работы, связанного с монтажом электрических или оптических кабелей связи и представляет собой рассказ, объяснение, беседу. Однако для перехода к практическому методу, который демонстрирует трудовые приемы, правила выполнения тех или иных работ, необходимо усилить представление обучающихся, закрепив рассказ визуализацией выполнения технологических операций. При этом в качестве визуального компонента процесса обучения можно использовать как иллюстративно-графическое представление процесса, так и мультимедийные материалы, позволяющие показать работу в динамике.

Иллюстративно-графическое представление процесса является наиболее распространенным способом визуализации и представляется как правило в виде рисунков, поясняющих процесс выполнения технологических операций, так называемых технологических карт. Проведенные исследования в области психофизиологии, восприятие информации человеком посредством органов зрения обеспечивает примерно 70 процентов объема всей получаемой информации [7]. Поэтому от наглядности технологических карт зависит и скорость усвоения информации, способность обучающихся понимать, как выполнить указанные в карте действия. Тем не менее, многие представители современного поколения испытывают затруднения при изучении традиционных карт монтажа. Очевидно, это связано с общей тенденцией развития общества, где преобладающими способами восприятия информации стали динамические изображения.

В связи с этим было сделано предположение, что применение на лабораторных занятиях динамических иллюстрационных материалов позволит улучшить скорость и качество восприятия материала [8]. В качестве динамических материалов были использованы короткие

учебные видеофильмы, демонстрирующие выполнение основных технологических операций при монтаже электрических многопарных кабелей.

Пример отдельных видеофрагментов операций из учебных видеофильмов представлен на рис. 2 и рис.3.



Рис. 2 Видеофрагмент соединения многопарных кабелей методом скрутки



Рис. 3 Видеофрагмент соединения многопарных кабелей врезного контакта

Каждый видеофильм демонстрирует правила монтажа кабелей с подробным пояснением выполнения каждой операции и дублированием звукового сопровождения на экране в виде титров.



Применение в процессе проведения лабораторных занятий видеофильмов позволило прежде всего, повысить скорость усвоения материала. Студенты демонстрировали явную заинтересованность в изучении нового материала, пытались самостоятельно, пользуясь видеофильмами, воспроизвести технологические операции без помощи преподавателя. Инструктаж по выполняемым действиям со стороны преподавателя был необходим лишь в отдельных случаях, когда процесс выполнения технологической операции в фильме не позволял в полной мере понять сам принцип выполнения того или иного действия. В случае необходимости, студенты имели возможность вновь воспроизвести видеофильм и тем самым повторить отдельные, первоначально непонятные этапы выполнения работ. При этом у преподавателя появлялась возможность уделять больше времени для пояснения отдельных, особо ответственных этапов, при выполнении монтажа, а также для контроля выполнения работ студентами, выполняющих другие лабораторные работы.

Таким образом, применение на лабораторных работах учебных видеофильмов демонстрирующих выполнение технологических операций, связанных с получением практических навыков профессиональных действий, позволяет уменьшить время усвоения материала обучающимися, повысить наглядность выполняемых действий, стимулирует интерес к процессу обучения у студентов, что приводит к устойчивому усвоению материала, как в практической так и теоретической части, способствует более полному пониманию учебного материала и как следствие, повышению качества подготовки выпускников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Дефицит ИТ-кадров: глобальные тренды, международный опыт развития кадрового потенциала [Электронный ресурс]. – URL: [https://files.data-economy.ru/Docs/Deficit\\_IT\\_kadrov\\_globalnye\\_trendy.pdf](https://files.data-economy.ru/Docs/Deficit_IT_kadrov_globalnye_trendy.pdf) (дата обращения 22.12.2022).
- 2 Общероссийский классификатор занятий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_177953/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_177953/) (дата обращения 23.12.2022)
- 3 Приказ Минобрнауки России от 19.09.2017. г. N 930 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования — бакалавриата по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/71787568> (дата обращения 22.12.2022)
- 4 Профстандарт: 06.018. Инженер по технической эксплуатации линий связи. [Электронный ресурс]. – URL: [https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT\\_ID=110369](https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT_ID=110369) (дата обращения 06.01.2023)
- 5 Общая характеристика основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата. Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи. [Электронный ресурс]. – URL: [http://uisi.ru/uisi/general/structure/4/2019/obrpr/11.03.02\\_isis\\_z\\_2019\\_opor.pdf](http://uisi.ru/uisi/general/structure/4/2019/obrpr/11.03.02_isis_z_2019_opor.pdf). (дата обращения 22.12.2022)
- 6 Приказ Минобрнауки России № 885, Минпросвещения России № 390 от 05.08.2020 «О практической подготовке обучающихся» (вместе с «Положением о практической подготовке обучающихся»)) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565697405>,
- 7 Басова Н. В. Педагогика и практическая психология. Ростов н/Д.: «Феникс», 2000.-416 с.
- 8 Применение мультимедийных инструкционных карт при выполнении лабораторных работ, Гниломёдов Е.И. В сборнике: Актуальные вопросы совершенствования среднего профессионального и высшего образования в современных условиях. Материалы LXIII межвузовской научно-методической конференции. Новосибирск, 2022. С. 27-31.



## КРИПТОВАЛЮТЫ. КУДА НЕ СТРАШНО ВЛОЖИТЬ ДЕНЬГИ?

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: Криптовалюты, Биржа, Анализ рынка, Опасности, Стейблкоин.

С каждым годом все больше людей начинают интересоваться криптовалютами и вкладывать в них деньги. В статье поговорим, что такое электронные деньги, как начинающему инвестору разобраться в тонкостях их работы и на какие подводные камни можно наткнуться.

N.D. Zhelyabovskiy, L.N. Evdakova

## CRYPTOCURRENCIES: ARE THEY WORTH INVESTING IN?

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: Cryptocurrencies, Exchange, Market Analysis, Hazards, Stablecoin.

Every year more and more people are becoming interested in cryptocurrencies and investing money in them. In the article we will talk about what electronic money is, how a novice investor can understand the intricacies of their work and what pitfalls can be stumbled upon.

Начнём с общего момента: несмотря на то, что криптовалюты появились на рынке уже давно, инвестирование в них все ещё можно охарактеризовать как относительно новое явление. Многие люди до сих пор не понимают, как работают электронные деньги, и поэтому боятся использовать и инвестировать свои с трудом заработанные средства.

Кроме того, если сравнить цифровые активы с другими видами инвестиций, такими как депозиты и ценные бумаги, становится ясно, что у электронных денег есть свои недостатки.

Например, депозиты гарантированно приносят минимальный доход, а котировки ценных бумаг гораздо легче предсказать. На стоимость криптовалют часто влияют факторы, не имеющие ничего общего с экономикой. Например, вы можете вложить свои деньги в новую, но перспективную монету, а завтра её стоимость упадёт на 40% из-за ситуации в мире.

Большинство людей, конечно, интересуются криптовалютами только с точки зрения потенциального заработка. А периодически появляющиеся новости о том, как кто-то разбогател на электронных деньгах, только подогревают интерес к этой теме. Но важно понимать, что здесь нет возможности заработать "лёгкие" деньги.

Действительно, рынок электронных денег потенциально является самым прибыльным, но вероятность того, что вы потеряете все, также достаточно высока. Чтобы начать инвестировать, необходимо сначала учесть множество факторов. Давайте поговорим о том, что такое криптовалюта и стейблкоин.

Криптовалюта – это цифровой актив, который не имеет физического воплощения и единого центра, контролирующего его. В зависимости от типа электронных денег, единицей учета криптовалюты может быть либо "монета", либо "токен".

Стейблкоины — это класс криптовалют, цена которых более стабильна, чем у не привязанных к фиату криптовалют, таких как биткоин. Рыночная стоимость стейблкоинов привязана к стоимости «стабильного» резервного актива, такого как доллар США или золото. Например, Binance USD (BUSD), USD Coin (USDC) и Tether (USDT) поддерживаются долларом США в соотношении 1:1, то есть один BUSD, USDC или USDT равен одному доллару США.

Электронные деньги хранятся и управляются в так называемой "блокчейн", или цепочке блоков, каждый из которых хранит информацию. Эти блоки могут находиться в разных частях света, поэтому взломать такую систему практически невозможно. Особенно если сравнить её с обычными серверами, где все данные физически находятся в одном месте. Есть нейронная сеть, которая выполняет задачу обнаружения и классификации с точностью около 80%.

Если говорить об идее инвестирования в криптовалюту, но с чего начать, какие криптовалюты покупать, где их покупать – эти и многие другие вопросы начинает задавать себе любой начинающий криптоинвестор.

Существует множество примеров успешных инвестиций. Взять хотя бы биткоин - в 2010 году 5 тысяч биткоинов едва хватало, чтобы купить пиццу с грибами, сегодня его цена составляет уже 21 тысячу долларов [1].

Сразу стоит отметить, что основной способ заработать на криптовалюте – это спекуляция.

Вы покупаете криптовалюту, когда её стоимость падает, и продаёте, когда она растёт – в теории все достаточно просто. Но проблемы начинаются, когда вы пытаетесь анализировать эти самые падения и подъёмы.

Отдельной проблемой является выбор токенов для инвестирования. Токен – это единица учёта, не являющаяся криптовалютой, предназначенная для представления цифрового баланса в некотором активе, иными словами выполняющая функцию «заменителя ценных бумаг» в цифровом мире. На рынке представлено огромное количество токенов, и у каждого из них есть свои преимущества и недостатки. Теперь рассмотрим, у какой криптовалюты наименьший риск внезапного и резкого обесценивания, а у какой – минимальный риск замораживания санкций.

Tether (USDT): является основной криптовалютой среди стейблкоинов.



Рисунок 1 - Логотип Tether

Хотя Tether может похвастаться самой большой капитализацией и лучшей ликвидностью среди всех стейблкоинов, есть несколько серьёзных вопросов относительно его надёжности:

1. Tether не выпускает полную финансовую отчётность и не проходит аудит. Наличие резервов и их структура подтверждается в сокращённом виде не самым известным аудитором средней руки.

2. Многие резервы размещены в активах, риск которых сложно точно оценить на основе имеющихся данных: вероятно, что они могут быть подвержены значительной просадке стоимости и не смогут обеспечить компенсацию номинальной стоимости USDT в случае массового погашения токена.

3. Отсутствие контроля над эмиссией USDT также вызывает вопросы. В январе 2018 года количество выпущенных USDT удвоилось [4]. Мы не знаем, было ли это вызвано повышенным спросом на USDT или это была эмиссия необеспеченных слитков. Отсутствие коммуникации со стороны Tether и отсутствие проверки независимыми экспертами делает невозможным узнать правду.

4. Следующая проблема, и главная, – централизация. Tether управляет основными процессами, а именно эмиссией новых USDT и хранением залоговых долларов. Это несёт риск прекращения деятельности компании государственными органами в случае возникновения конфликтов.

Мы считаем, что Tether – это одно большое мошенничество, но он популярен, им пользуются, даже перечисленных выше фактов уже достаточно, чтобы иметь большие сомнения в стабильности и долгосрочной устойчивости USDT.

USD COIN (USDC): Брат Tether, но который более приличный и надёжный.



Рисунок 2 – USDC коин

USD Coin, или USDC, – это стейблкоин, выпущенная Circle Internet Financial Ltd. Всем процессом функционирования и развития USDC управляет (псевдонезависимый) консорциумный центр, который был основан самим Circle совместно с представителями криптовалютной биржи Coinbase.

Circle был проверен Грантом Хортоном. Его результаты показали, что 61% залоговых резервов Stablecoin хранится в денежных средствах и их эквивалентах, а 9% – в ценных бумагах. К ним относятся депозитные сертификаты и казначейские облигации США, которые "не полностью обеспечены долларами США, хранящимися на банковских счетах"[4].

Если вы зайдёте на сайт Circle, то сможете увидеть комментарий пресс-секретаря.

"Пользователи всегда могут обменять 1 USD Coin на 1 доллар США. Мы добавили дополнительную информацию на наш веб-сайт, чтобы клиенты могли узнать больше о резервах USDC".

Общий объем USDC в обращении всегда отставал от USDT, но этот разрыв постепенно сокращается: если в начале 2020 года капитализация отличалась примерно в 10 раз (\$0,4 млрд USDC против \$4,7 млрд USDT), то сейчас USDC всего на треть меньше USDT (\$52 млрд против \$82 миллиарда) [4].



Рисунок 3 – Динамика общей капитализации всех USDT и USDC в обращении, млрд долларов [4].

Резервы, обеспечивающие привязку USDC к доллару:

1. Как и в случае с USDT, здесь нет полноценного аудита, только краткий отчет независимого бухгалтера: он ежемесячно публикуется компанией Grant Thornton.

2. Этот отчет удостоверяет, что "справедливая стоимость активов Circle, деноминированных в долларах, хранящихся для держателей USDC, не меньше количества токенов USDC в обращении". То есть, прозрачность даже хуже, чем у Tether, который, по крайней мере, раскрывает категории активов и их общую оценку.

3. Также в отчете сообщается, что все активы находятся на сегрегированных счетах в регулируемых финансовых учреждениях в США, что говорит о том, что активы не находятся в панамских оффшорах.

Прозрачность раскрытия резервов USDC явно страдает. Так почему же многие в криптовалютном сообществе считают именно этот стейблкоин самым надежным? Circle зарегистрирован государством, хранит активы в государственных банках и планирует выйти на биржу к концу 2022 года - все это делает его несколько менее склонным к принятию неверных решений, которые отпугнут сообщество. Но, конечно, это тоже не может быть гарантией (особенно при отсутствии нормальной отчетности).

Binance USD (BUSD): брат похожий на USD(USDC)



Рисунок 4 – Логотип Binance USD

Binance USD (BUSD) – это одноимённый блокчейн, обеспеченный фиатом, и крупнейшая в мире криптовалютная биржа. Однако эти монеты выпускает не сама Binance, а американская Paxos Trust Company.

Несмотря на меньшую текущую капитализацию BUSD (17,5 млрд долларов), чем USDT/USDC, эта монета довольно активно торгуется с ежедневным оборотом около 5,9 млрд долларов [4].

Нет информации о проблемах с созданием/погашением BUSD, исторически курс был очень близок к доллару.

На сайте Paxos утверждается, что 100% резервов BUSD хранятся либо в реальных долларах на счетах в американских банках, либо в сверхнадежных казначейских векселях США [4]. Аудиторского отчета, как обычно для криптовалют, нет, только небольшой отчет от государственного бухгалтера. Там не так много подробностей о том, что и у кого находится в резервах, но, по крайней мере, Withum подтверждает общую сумму резервов и то, что они размещены в безопасных активах.

Paxos также повсеместно утверждает, что именно их стейблкоины находятся под полным одобрением Департамента финансовых услуг Нью-Йорка.

Увы, не существует единого наилучшего способа извлечь выгоду из всех аспектов стейблкоинов. У каждого из них есть свои недостатки или риски. Не говоря уже о том, что даже принятый финансовым миром стандарт "безрискового актива" в виде государственных векселей США оказался безрисковым не для всех.

Итак, какой стейблкоин вам больше подходит, зависит, прежде всего, от ваших целей:

1. Если вам нужно быстро перевести деньги из одной страны в другую (за день-два) - используйте Tether (USDT), у него лучшая ликвидность. Главное - не хранить большие суммы денег в течение длительного времени.

2. Для более долгосрочного хранения резервной крипто подушки на чёрный день я бы использовал диверсифицированный портфель USDC, BUSD.

Таким образом мы смогли узнать, что такое криптовалюта, стейблкоины которые используются на биржах и так же смогли разобрать куда следует лучше всего вложить свои средства и непрогореть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Что такое криптовалюта? [Электронный ресурс] sovcombank.ru Режим доступа: <https://sovcombank.ru/blog/umnii-potrebitel/investitsii-v-kriptovalyutu-riski-s-chego-nachat-osobennosti-i-vigoda>(Дата обращения 23.12.2022)
2. USDT: что за валюта и как ею пользоваться [Электронный ресурс] hub.forklog.com Режим доступа: <https://hub.forklog.com/usdt-chto-za-valyuta-i-kak-eyu-polzovatsya/>\_\_\_(Дата обращения 23.11.2022)
3. USDC: что это такое простыми словами и на каком блокчейне работает? [Электронный ресурс] exchangesumo.com <https://exchangesumo.com/wiki/kriptovalyuta-usd-coin-usdc-chto-eto-za-valyuta-ee-osobennosti-i-preimushchestva/>(Дата обращения 23.11.2022)
4. Куда не страшно вложить деньги? [Электронный ресурс] habr.com <https://habr.com/ru/post/658321/>(Дата обращения 23.11.2022)
5. Что такое BUSD и зачем он нужен? [Электронный ресурс] block-chain24.com <https://www.block-chain24.com/articles/chto-takoe-busd-i-zachem-on-nuzhen>(Дата обращения 23.11.2022)

## РАЗВИТИЕ ЛИЧНОГО БРЕНДА В ИТ ОТРАСЛИ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ START

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: личный бренд, компания Start, ИТ- компания

В статье рассматривается вопрос о роли личного бренда в предпринимательской деятельности. Проведен опрос по данной теме, по результатам которого сделан анализ. Предложена программа развития личного бренда российской компании Start - онлайн-кинотеатр, запущенный в октябре 2017 года компанией «Yellow, Black and White» с помощью матрицы атрибутов персонального бренда.

A.V. Kurakina, L.N. Evdakova

## PERSONAL BRAND DEVELOPMENT IN THE IT INDUSTRY BY EXAMPLE START COMPANIES

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: personal brand, Start company, IT company.

The article discusses the importance of a personal brand in entrepreneurial activity. A survey was conducted on the opinion of people on this topic, based on the results of which an analysis was made. A program for the development of a personal brand of the Russian company Start is proposed - an online cinema launched in October 2017 by the company "Yellow, Black and White" using a matrix of personal brand attributes.

Личный бренд – это узнаваемый образ, который формируется в общественном восприятии конкретного человека. Личный бренд включает в себя знания, навыки, сильные личные качества, стиль, специальности, идеи и позиции по определенным вопросам [2].

Чтобы разобраться важно ли наличие личного бренда в предпринимательской деятельности нами была разработана анкета «Персональный бренд» на базе платформы «GoogleForms». В нем приняли участие 56 человек, это студенты и преподаватели УрТИСИ СибГУТИ и студенты УРФУ. На основе полученных данных были составлены диаграммы, представленные на рисунках 1,2.



Рисунок 1 «Заинтересованность в личном бренде»

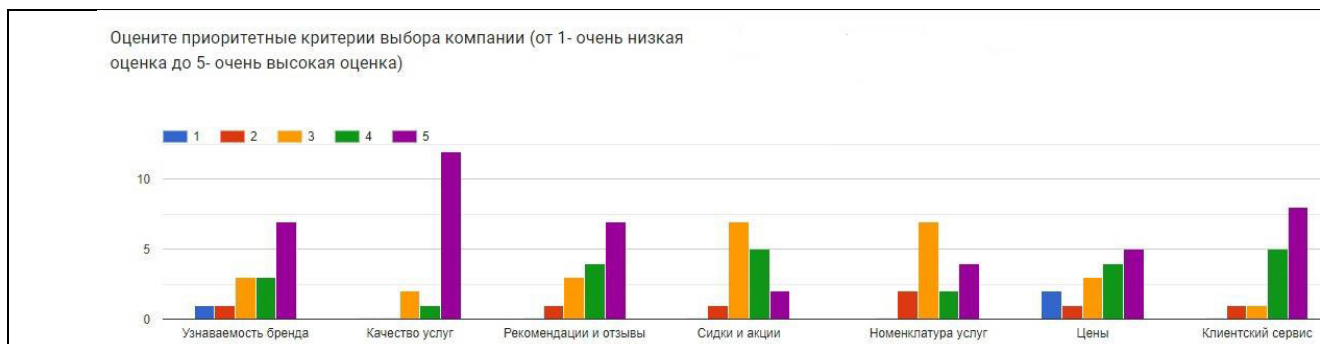


Рисунок 2 «Оценка приоритетов при выборе компании»

В ходе исследования было выявлено, что возраст большинства опрошиваемых составил 18-25 лет (86,7%), 31-35 лет (6,7%), 45+ лет (6,7%), 80% людей имеют представление о том, что такое личный бренд. Более половины участников опроса – 66,7% заявили о том, чтобы хотели иметь свой личный бренд, 20% не допускают такой мысли и 13,3% затрудняются ответить на данный вопрос. Необходимо отметить, что 60% опрошенных задумывались о важности личного бренда в предпринимательской деятельности. На вопрос о приоритетных критериях важными показателями оказались: качество услуг, затем идет клиентский сервис, на третьем месте узнаваемость бренда, рекомендации и отзывы, на четвертом месте цены, на пятом номенклатура услуг, и на последнем месте скидки и акции.

Данные результаты показали, что понятие бренда находит отклик у большинства современных людей и, если встанет вопрос о покупке какой-либо вещи одинакового качества, то одна будет известного бренда, а другая нет, выбор станет в пользу первого варианта.

На основании методики «Матрица персонального бренда» была проведена оценка состояния личного бренда компании START, представленная на рисунке 3. Автором методики является основатель «Космос-4» Надежда Кобина. Данная методика используется при создании персональных бренд-стратегий [1].

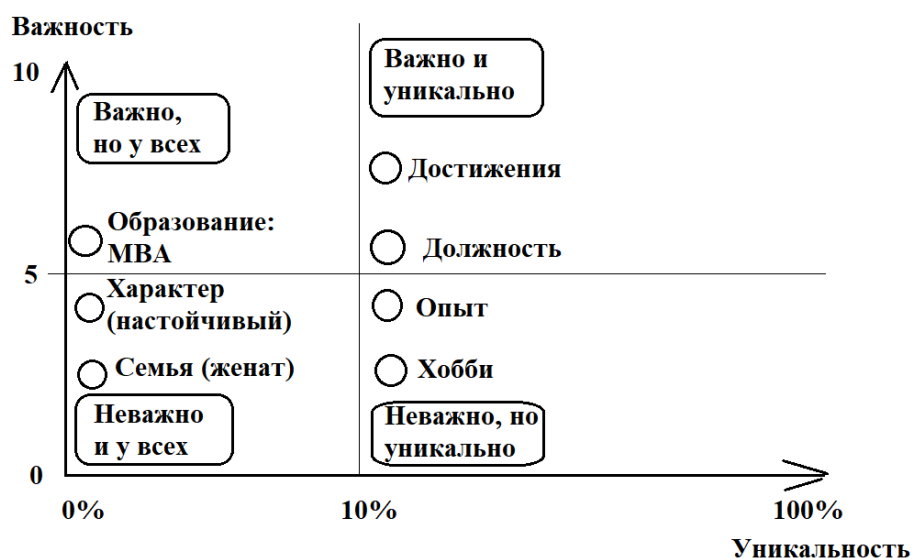


Рисунок 3 «Матрица атрибутов персонального бренда»[1].

Можно выстроить атрибуты личного бренда компании START. Данные атрибутов отражены в таблице №1:

Таблица №1 «Атрибуты личного бренда компании START»



<p style="text-align: center;"><b>Важно, но у всех.</b></p> <p>Онлайн-кинотеатр работает по подписке. Рекламной модели нет.</p> <p>В библиотеке Start доступны сериалы и фильмы собственного производства.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Важно и уникально.</b></p> <p>Start был запущен осенью 2017 года и сразу стал работать по всему миру.</p> <p>В 2021 году стало известно, что оригинальный сериал START «Контейнер» станет первым российским проектом Apple Originals.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Неважно и у всех.</b></p> <p>Имеются сходства в логотипе с компанией «Netflix».</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неважно, но уникально.</b></p> <p>В начале 2022 года START вошел в рейтинг «30 самых дорогих компаний Рунета» по версии Forbes.</p>

Необходимо отметить, что у компании Start большой потенциал развития на Российском рынке, а также на международном. Закрытие компании «Netflix» на территории РФ дает больше спроса на услуги онлайн - кинотеатра у жителей России, что позволит больше закрепить имя своего бренда и увеличить выручку.

Продвигая бренд, компания Start окончательно закрепит свое имя на российском рынке и станет конкурентоспособным такой крупной компании как «Netflix».

На основе анализа работ [1,2]: рассмотрим предназначенные для компании следующие меры:

1) Увеличить активность иностранной аудитории в социальных сетях. Для выполнения следующей задачи можно завести вторые аккаунты в соц. сетях и вести их на английском языке, либо в основном аккаунте дублировать информацию на английском языке. Необходимо понимать заграничный рынок, его устройство, его тенденции и лидеров, ровняясь и заимствовать идеи.

2) Сменить логотип компании, чтобы не было путаницы и излишних сравнений с более крупным конкурентом. Сделать его узнаваемым с помощью необычной рекламы, сотрудничать с известными личностями, для помощи в продвижении своего бренда, к примеру, фото-сети и др.

3) Поддерживать медийный уровень – на федеральных телевизионных каналах и интернет-изданиях. Большой упор стоит делать в стриминговые сервисы, где большинство контента условно бесплатное, т.к. там большой поток людей заинтересованных в поиске новых товаров.

В результате проделанной работы можно сделать следующий вывод: чтобы добиться успеха в предпринимательской деятельности необходимо иметь свой личный бренд, который будет индивидуальным и не повторимым.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Матрица персонального бренда. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cosmos-4.ru/matrichnaja-teorija-personalnogo-brenda/>
2. Что такое бренд, брендинг и брендование [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://skillbox.ru/media/marketing/osnovy-brendinga-cto-takoe-brend-iz-chego-on-sostoit-i-kak-ego-sozdat/>



**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ЗАНЯТИЯ ПО ИНОСТРАННОМУ  
ЯЗЫКУ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЛИНГВООБРАЗОВАНИЯ**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: профессиональное лингвообразование, особенности организации учебного занятия, фронтальный, индивидуальный, парный, режим обучения, этапы обучения, диверсификация, дополнительное чтение.

В данной статье рассматривается проблема интенсификации обучения иностранному языку бакалавров за счет организации учебного занятия в новых условиях профессионального лингвообразования в техническом вузе. Рассматриваются особенности диверсификация содержания дополнительного чтения, и опыт работы над ним бакалавров в условиях фронтального, индивидуального и парного режимов обучения.

**R.G. Novokshenova**

**FOREIGN LANGUAGE CLASS ORGANIZATION FEATURES IN HIGHER  
TECHNICAL SCHOOL IN NEW CONDITIONS OF PROFESSIONAL  
FOREIGN LANGUAGE ACQUISITION**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (Branch)  
of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics  
Yekaterinburg, Russia

Key words: foreign language acquisition, class organization features, frontal, individual, pair works domains, work stages, diversification, extra reading.

The paper treats learning intensification due to a foreign language class organization in new conditions of foreign language acquisition in higher technical school. Considered are extra reading diversification features and experience of bachelors' work on the texts of extra reading, run within frontal, individual and pair work domains.

Сложная международная обстановка, введение жестких международных санкций привели к ограничению доступа нашей экономики к инновационным технологиям и высокотехнологическому оборудованию, крайне необходимых в существующих условиях. Тем не менее, правительством России перед экономикой страны, и, как следствие, перед системой высшего образования, поставлена задача достижения технологического суверенитета, то есть разработкой собственных технологий и собственного оборудования в области ИТ. Ограничение доступа к высокотехнологическому оборудованию должно преодолеваться не простым импортозамещением, а разработкой собственных технологий на базе существующих,

Однако современная ситуация требует срочной поставки такого оборудования, что осуществляется практикой «параллельного импорта» и «принудительного лицензирования» на необходимые товары и технологии. Полученное подобным образом оборудование не имеет сертифицированного перевода, следовательно, специалистам придется осваивать его самостоятельно. Кроме того, специалист должен прокладывать путь к созданию технологического суверенитета страны в области ИТ и систем и средств связи.

Новые условия экономической ситуации, а также изменение сетки часов по иностранному языку в соответствии с требованиями Программы заставляют пересмотреть задачи

профессионального лингвообразования в техническом вузе, а именно, сделать акцент на овладение чтением и пониманием профессионального текста в ходе:

- формирования иноязычной профессиональной компетентности и словарного запаса в сфере профессиональной деятельности;
- изучения языковых особенностей и специфики построения профессионального текста;
- овладения средствами профессионального иноязычного общения.

Главным требованием к определению содержания иноязычного информационного материала является его современность, то есть изучению подлежат, прежде всего, последние достижения в области информационных технологий, систем и средств связи.

Содержание курса иностранного языка в техническом вузе, его профессиональная направленность с самого начала обучения описаны нами в литературе [1, с. 218 – 234]. В этой связи следует отметить, что студенты уже знакомы с основами своей будущей специальности, по этой причине профессиональный текст, специфическая терминология стимулировали интерес к специальной дисциплине, который в дальнейшем не только подкреплялся, но и становился устойчивым.

Однако, новые условия профессионального лингвообразования потребовали перестройки и самого учебного занятия, его интенсификации, прежде всего, за счет широкого использования разных режимов обучения, а именно, фронтального, индивидуального и парного [3, с. 17].

Особенности использования разных режимов обучения подробно рассматриваются в работах А.С. Границкой, И.Е. Торбан, Т.К. Мучаидзе, В.В. Голузиной и Р.Г. Щукиной (Р.Г. Новокшеновой). Разработанные ими принципы использовались при организации учебного занятия по иностранному языку в изменившихся условиях профессионального лингвообразования в техническом вузе.

*Фронтальный режим* используется для введения лексического и терминологического минимума; в данном режиме прорабатывается звуковое оформление текстового материала, изучаются языковые особенности, технология и техники перевода.

*Индивидуальный режим* работы студентов подразумевает работу над грамматическими упражнениями, над усвоением лексики и терминологии, над переводом текстового материала, беседу с преподавателем на тему изученного текста, отчет подготовленного фабульного текста для дополнительного чтения.

*Парный режим* активизирует дальнейшее усвоение учебного материала в ходе проверки усвоения лексического минимума, правильности перевода и проверки подготовленности текста для дополнительного чтения другим студентом после его одобрения преподавателем.

Особенностью организации учебного занятия является использование парного режима в работе над дополнительным чтением.

Широко известна практика привлечения дополнительного чтения в преподавании иностранных языков. Как правило, для развития навыков просмотрового, ознакомительного и поискового чтения всем студентам предлагается один и тот же текстовый материал, без учета их предпочтений и возможностей. Кроме того, содержание текстов дополнительного чтения ограничивается двумя-тремя темами. Сложно утверждать об эффективности такой работы, поскольку некоторые студенты пользуются услугами электронных переводчиков, копируя необходимый лексический минимум у своих товарищей. Часто выборка носит случайный характер и не способствует расширению словарного запаса в сфере профессиональной деятельности. С подобными проблемами мы также сталкивались в своей практической деятельности.

С целью интенсификации учебного занятия за счет новой его организации в 2021-2022 учебном году нами был предпринят обучающий эксперимент. В экспериментальном обучении приняли участие бакалавры трех групп 1 курса второго семестра обучения специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» в количестве 42 человек.

Была выполнена диверсификация дополнительного чтения. В качестве ознакомительного дополнительного чтения студентам было предложено 15 фабульных текстов (в соответствии с максимальным количеством студентов в группе) объемом по 800-1000 п.зн. каждый по следующим темам: “Artificial Intelligence”, “Binary Notation”, “Cellular Telecommunications”,

«Digital Technologies», “The First Laser”, “Global Positioning System”, “History of Mobile Phones», «The History of the Internet», «Optical Fiber Communications”, “Radio Telescope”, “Smart Homes”, “Transmission Media”, “Transmission Technologies”, “Virtual Reality”, “Wireless LANs” из [2, 4].

Работа над текстовым материалом выполняется в несколько этапов следующим образом. В ходе *первого*, подготовительного *этапа* в начале семестра преподаватель знакомит студентов с процедурой работы над дополнительным чтением, предлагает студентам все тексты в электронном виде, и каждый студент выбирает себе текст для тщательной проработки. Как правило, студенты выбирали тексты в соответствии с уровнем подготовленности по иностранному языку, в случае необходимости преподаватель корректирует выбор студентов. Управление учебной деятельностью студентов производится с помощью графика оперативного учета преподавателя. Электронная версия графика оперативного учета предлагается каждому студенту.

*Второй этап* подразумевает работу каждого студента над выбранным текстом, отбирает базовую лексику в объеме 10 слов и составляет 5 вопросов к тексту. Пользуясь электронными носителями, студент отрабатывает выразительное чтение данного отрывка. Подготовленный материал студент индивидуально сдает преподавателю, который корректирует ошибки и исправляет возможные неточности. Проверенный текстовый материал кроме его перевода в электронном виде передается остальным студентам, что представляет собой содержание *третьего этапа*.

Далее, в *ходе четвертого этапа*, опираясь на полученную информацию, студенты готовят остальные тексты, в плане выразительного чтения текста, знания отобранной лексики, устного перевода с листа и ответа на предложенные вопросы.

Наконец, в парном режиме *пятого этапа* каждый студент выступает в роли преподавателя в проверке подготовленности каждого студента по своему тексту, который он сдавал преподавателю. Студент оценивает правильность чтения и произношения, перевод слов с английского языка на русский, корректность устного перевода и ответы на предложенные вопросы. После опроса информация заносится в график оперативного учета студента и преподавателя. На практике некоторые студенты прибегали к помощи электронных программ-переводчиков, однако студенты в роли проверяющего достаточно жестко подходили к проверке сдаваемого материала и не «принимали» подготовленный таким способом текст.

Во время самостоятельной работы – парной и индивидуальной, преподаватель имеет возможность «подключаться» к любому работающему обучаемому, выслушивая ответы на вопросы, подготовленные и неподготовленные высказывания, внося поправки и исправляя ошибки.

Описанная выше организация учебного занятия, реализованная в ходе обучающего эксперимента, показала высокую его эффективность, обеспечивая:

- нормализацию загруженности студентов домашней самостоятельной работой за счет увеличения ее доли на аудиторных занятиях;
- оптимизацию учебного занятия по соотношению времени коллективно-групповой и самостоятельной работы студентов, совмещаемой с индивидуальной работой преподавателя;
- непрерывное управление самостоятельной работой с помощью графика оперативного учета;
- воспитательное воздействие самоучета и доверия к студенту на формирование его личности.

В ходе обучения было отмечено, что два текста “Binary Notation” и “Virtual Reality” были проигнорированы студентами. Количество «сдаваемых» текстов должно соответствовать количеству студентов в группе, число «принимаемых» текстов следует ограничивать 5 – 7, поскольку у многих студентов наблюдалось ослабление интереса и некоторая усталость от выслушивания одного и того же материала. Подобный подход можно реализовать с помощью графика оперативного учета.

Обучающий эксперимент продолжен в 2022-2023 учебном году в 5 группах той же специализации - «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» в количестве 42 человек. Количество студентов в группах на этот раз представляется оптимальным – 12 человек, по этой причине распределение текстов дополнительного чтения и объем работы над ними может рассматриваться более целесообразным.

На этот раз студентами предлагаются на выбор следующие тексты: “Artificial Intelligence”,

“Cellular Telecommunications”, «Digital Technologies», “Global Positioning System”, “History of Mobile Phones», «The History of the Internet», «Optical Fiber Communications”, “Radio Telescope”, “Smart Homes”, “Transmission Media”, “Transmission Technologies”, “ “Wireless LANs” из [2, 4]. Ожидается, что студенты с интересом отнесутся к данному виду деятельности.

Отмечая в целом положительный эффект от опробованной организации учебного занятия, выражающейся в формировании иноязычной профессиональной компетентности студентов и расширении и диверсификации их словарного запаса в сфере профессиональной деятельности, а также в овладении средствами профессионального иноязычного общения, в дальнейшем необходимо принимать в расчет индивидуально-психологические особенности студентов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Новокшенова Р.Г. К вопросу о непрерывности профессионального лингвообразования в техническом вузе / Новокшенова Р.Г. // материалы двенадцатой международной научно-практической конференции. Июль 2018 г. – Нижний Новгород : НИУ - РАНХиГС, 2018. С. 218 – 234.
2. Радовель В.А. Английский язык в сфере информационных технологий: учебно-практическое пособие / В.А. Радовель. – М.: КНОРУС, 2013. 232 с.
3. Торбан И.Е. Организация самостоятельной работы студентов в условиях адаптивной системы обучения. Автореф. канд. дисс. М., 1983. 17с.
4. Wikipedia. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.Wikipedia.org>>wiki

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СЕТЕЙ 5G В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге

Ключевые слова: сети пятого поколения, проблемы, санкции, частотный диапазон, базовая станция

В статье приведен краткий анализ возможности внедрения сетей мобильной связи пятого поколения в Российской Федерации в условия санкционного давления и дополнительных ограничивающих факторов.

Plekhanov S.M., Evdakova L.N.

## PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF 5G NETWORKS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) FSBEI HE "Siberian State University of Telecommunications and Informatics" in Yekaterinburg

Key words: fifth generation networks, problems, sanctions, frequency range, base station

The article provides a brief analysis of the possibility of introducing fifth-generation mobile communication networks in the Russian Federation in the face of sanctions pressure and additional limiting factors.

В данный момент сети связи заняли фундаментальную роль в жизни общества. Сложно представить современный мир без мобильных телефонов, Интернета, услуг оказываемых в режиме «Онлайн». Сотовые сети связи пятого поколения должны стать одной из основ, на которой, будут базироваться такие технические решения будущего как: телемедицина, беспилотный транспорт, сложные VR решения и автоматизация производств еще более высокого уровня.

На данный момент ситуация с сотовыми сетями в Российской Федерации сложная в виду ряда причин: санкционное давление стран запада и уход вендоров и инвесторов [1] и сложности получения «золотого» частотного спектра 3,4 – 3,8 ГГц и пандемия Covid-19.

Рассмотрим подробнее экономический эффект, который могут принести сети связи пятого поколения в России. В первую очередь, это скачкообразный рост пропускной способности сети в несколько десятков раз, что позволит значительно расширить объем рынка услуг по обработке данных, так как возможности применения нейросетей, облачных сервисов, умных домов и Интернета вещей раскроются в полной мере. Также послужат основой для развития уже существующих технологий мира IT, позволит повысить качество уже существующих услуг.

По мировым стандартам Россия является зрелым рынком с высоким уровнем проникновения мобильной связи. Его показатель проникновения для уникальных мобильных абонентов на уровне 89% на конец 2019 года немного опережал средние показатели как для развитых, так и для европейских стран [2].

Как уже говорилось ранее, в РФ необходимо решить вопрос об организации частотных диапазонов для 5G. В своей работе Стефанова Н.А. выделяет данный фактор как один из основных [3]. На момент начала 2023 года правительство выделило операторам Мегафон, Билайн и Ростелеком диапазон частот в районе 4,4-4,99 ГГц. Но данный диапазон не отвечает всем требованиям данных операторов, по причине того, что основные разработки в мире ведутся для диапазона 3,4-3,8 ГГц. Данный фактор повлечет за собой увеличение затрат на производство оборудования. Базовые станции придется создавать «под ключ», проводить тестирование в новом диапазоне, производить уникальное оборудование. Следовательно, на основании этого можно

утверждать, что стоимость и сроки развертывания сети 5G будут увеличены. И нужно будет привлечения дополнительных средств со стороны государства и инвесторов, большинство из которых ушло из страны после введения санкций.

GSMA.Intelligence провели опрос в 2019 году, о том, что хочет получить простой потребитель от сетей связи пятого поколения [2]. Данные опроса показаны на рисунке 1. На данном рисунке указан % от числа опрошенных респондентов среди граждан РФ, давших тот или иной ответ.

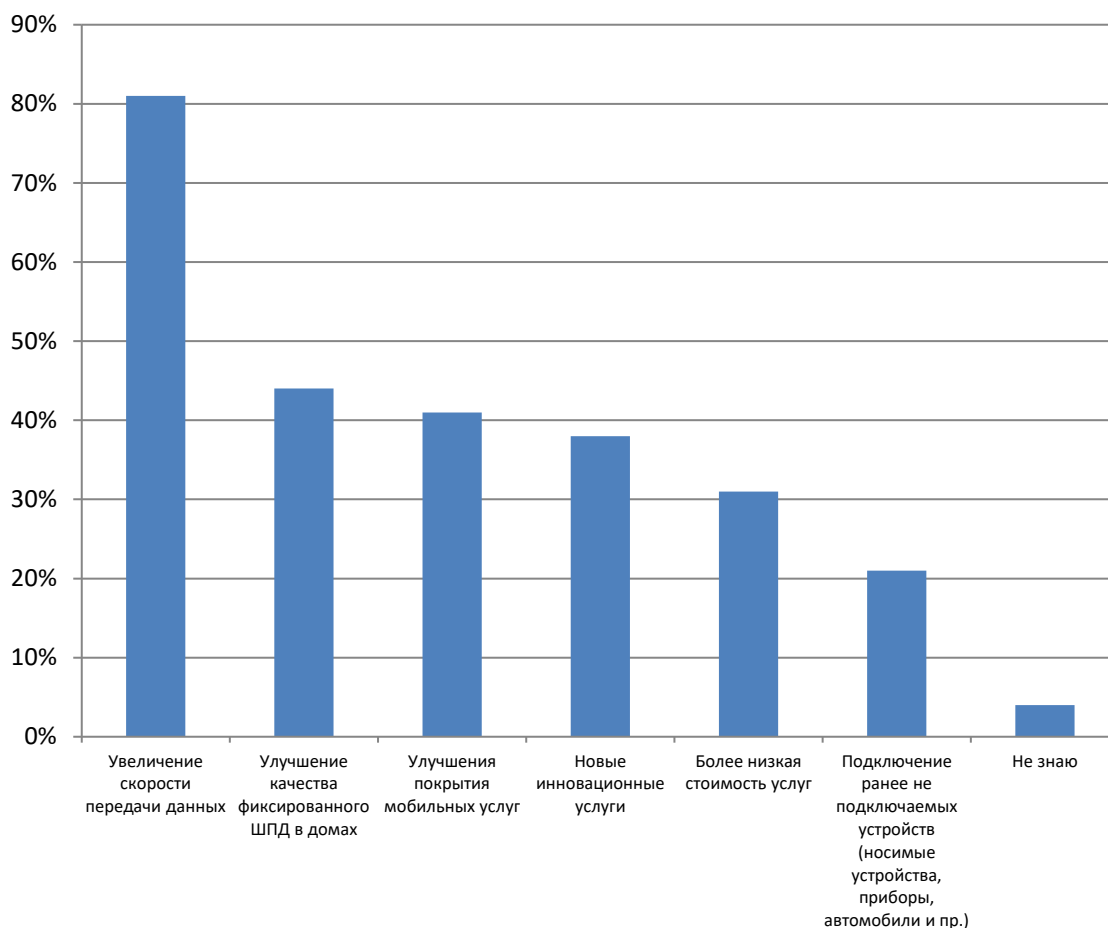


Рис. 1 Данные потребительского исследования.

Таким образом: потребителя больше всего интересует именно увеличение скорости передачи данных и качества связи в целом, лишь 38% ожидают прихода новых услуг. Следовательно, если рассматривать значения сетей 5G для государства и потребителей можно заметить две позиции. На основании проекта концепции создания сетей стандарт IMT 2020 (5G) [4], можно судить о том, что проект предполагает не только развитие услуг, на которые обращают внимание пользователи, но еще и обеспечение базы для новых технологий, описанных в начале данной статьи.

В 2020 году Ростех объявил о начале формирования консорциума для создания отечественных базовых станций и оборудования сетей пятого поколения. Также в ноябре 2020 года правительством была утверждена дорожная карта до 2024 года размером 208,13 млрд руб., из которых 28,8 млрд должны привлечь из федерального бюджета [5].

В январе 2022 года Сергей Чемезов представил премьер министру РФ Михаилу Мишустину разработки госкорпорации Ростех, среди главных устройств был представлен отечественный макет базовой станции сетей 5G. Отправка первых образцов для тестирования операторами, планируется на 2023 год, а развертывания сетей уже на 2024 год. Также не маловажным фактором является то, что была также продемонстрирована базовая станция для сетей 4G. Таким образом даже под санкционным давлением разработка отечественных систем связи не останавливается и

получает поддержку внутренних инвесторов. Но последствия ограничений также не остались незамеченными.

Так, например, в начале 2022 года Постановлением Минцифры был введен мораторий на покрытие сетями мобильной связи дорог. Данная мера позволит операторам связи создать резервы импортного оборудования, на основе которого функционирует большое количество существующих базовых станций, и поддерживать работоспособность существующих сетей.

На основании всего описанного выше можно сделать следующие заключение: на момент начала 2023 года сети связи 5G в Российской Федерации находятся только на стадии тестирования, но ведется активная работа по созданию собственных технических решений, привлекаются инвесторы внутри страны и из дружественных стран, также стоит необходимость привлечения гораздо больших средства из-за санкционного давления, но в долгосрочной перспективе это даст сильный толчок отечественной индустрии ИТ и откроет доступ к новым технологиям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ногаева К., «Пять с минусом: развитие 5G в России заморожено», Деловой Петербург [Электронный ресурс] режим доступа URL: [https://www.dp.ru/a/2022/07/13/Pjat\\_s\\_minusom](https://www.dp.ru/a/2022/07/13/Pjat_s_minusom) Дата обращения: 5.01.2023
2. Дэвид Джордж, Денниса Никифоров-Чуанг, Эмануэль Кольта, «5G в России: влияние спектра на перспективы развития», GSMA.Intelligence [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2020/11/5g-spectrum-in-russia.pdf> Дата обращения: 5.01.2023
3. Стефанова Н.А. «5G как ключевой элемент развития цифровой экономики» Актуальные вопросы современной экономики [Электронный ресурс] Режим доступа URL: [elibrary\\_42916979\\_62610452.pdf](elibrary_42916979_62610452.pdf) Дата обращения: 5.01.2023
4. «Концепция создания и развития сетей 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации (Проект)» [Электронный ресурс] Режим доступа URL: [https://digital.gov.ru/uploaded/files/proekt-kontseptsii-sozdaniya-i-razvitiya-setej-5g-imt-2020-v-rossijskoj-federatsii.pdf?utm\\_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f](https://digital.gov.ru/uploaded/files/proekt-kontseptsii-sozdaniya-i-razvitiya-setej-5g-imt-2020-v-rossijskoj-federatsii.pdf?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f) Дата обращения: 5.01.2023
5. Балашова А., «Правительству предложили направить на развитие 5G в России ₽200 млрд», РБК, [Электронный ресурс] Режим доступа URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/17/11/2020/5fb40c989a7947abd4977fa3?ysclid=lcosmsn0bw707303216](https://www.rbc.ru/technology_and_media/17/11/2020/5fb40c989a7947abd4977fa3?ysclid=lcosmsn0bw707303216)

## ТЕОРИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МАРКЕТИНГЕ И ЕЕ СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ: ШАГИ К УМНОЙ ЗЕЛЕННОЙ ПЛАНЕТЕ

Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызская Республика

Ключевые слова: цифровизация, продовольственно – водно - энергетический комплекс Интернет вещей, географическая информационная система (ГИС), устойчивое развитие, агроэкосистема, экология, энергетика.

Цифровизация обеспечивает доступ к интегрированной сети неиспользуемых больших данных с потенциальными преимуществами для общества и окружающей среды. В современном мире развитие интеллектуальных систем, подключенных к Интернету вещей, создает уникальные возможности для стратегического решения проблем в сфере экологического маркетинга, сохраняя экологию и создавая устойчивое здоровое общество. В данном обзоре описываются возможности, которые цифровизация может предоставить для построения устойчивого здорового общества будущего. Интеллектуальные технологии рассматриваются как инструменты, меняющие ход игры, интеграция которых принесет пользу трем основным элементам взаимосвязи между продовольствием, водой и энергией. В статье рассматриваются преимущества цифровизации, дается целостное представление о том, как она может способствовать решению серьезных проблем, связанных с биоразнообразием планеты, находящимся под угрозой исчезновения, и изменением климата.

I.M. Saipidinov, A.T. Azhibekova

## THE THEORY OF DIGITALIZATION IN ENVIRONMENTAL MARKETING AND ITS MODERN DEVELOPMENT: STEPS TO A SMART GREEN PLANET

Osh State University Osh, Kyrgyz Republic

**Annotation.** Digitization provides access to an integrated network of untapped big data with potential benefits for society and the environment. In today's world, the development of intelligent systems connected to the Internet of Things creates unique opportunities for strategic problem solving in the field of environmental marketing, preserving the environment and creating a sustainable healthy society. This overview describes the opportunities that digitalization can provide for building a sustainable healthy society of the future. Smart technologies are seen as game-changing tools whose integration will benefit the three main elements of the food, water and energy nexus. The article examines the benefits of digitalization, gives a holistic view of how it can contribute to the solution of serious problems associated with the planet's endangered biodiversity and climate change.

**Key words:** Digitalization, food-water-energy complex Internet of things, geographic information system (GIS), sustainable development, agroecosystem, ecology, energy.

Мир переживает эпоху цифровизации, в которой большинство наших повседневных действий сильно зависит от инновационных цифровых и компьютерных технологий. Эти современные технологии нашли свое применение в экологических, социально-экономических, устойчивых и климатических исследованиях для повышения производительности и эффективности той или иной системы. Цифровизация - это интеграция цифровых технологий в повседневную жизнь. Такая интеграция возможна благодаря оцифровке информации. Оцифровка определяется как процесс преобразования собранной информации (например, датчиков, письменной информации и т.д.) и знаний в язык, читаемый компьютером. Утомительная работа по оцифровке информации, собранной на протяжении веков (включая картины, изображения и видеоформаты), дала ценные плоды благодаря информационным технологиям.



Цифровизация приносит новый набор инструментов, которые должны быть тщательно сбалансированы для обеспечения их разумного применения и экологичности. Способность принимать хорошо информированные решения для более эффективного использования ресурсов и услуг оказывает значительное влияние на устойчивость и равный доступ, однако для успешного достижения этих целей нельзя упускать из виду ряд проблем. Разработка и производство электронных устройств истощают ограниченные ресурсы и порождают электронные отходы (ненужные электронные изделия, неработающие, близкие к окончанию срока службы), которые практически не перерабатываются. Учет жизненного цикла и разработка технологий переработки электронных отходов - насущная необходимость. Необходимость улучшения инфраструктуры - еще одна проблема, которая может увеличить разрыв между развитыми и развивающимися регионами вместо того, чтобы сократить его. Необходимо обеспечить инфраструктуру и равный доступ к интернету для достижения целостной цели сокращения неравенства и бедности, что согласуется с необходимостью предоставления цифрового образования конечным пользователям. Наконец, безопасность данных является одной из основных проблем, связанных с широкой доступностью и открытостью источников больших данных. Безопасность данных - деликатная тема, вызывающая дискуссии, связанные с рисками безопасности и целостностью сети этих оцифрованных услуг [1]. Эти проблемы необходимо учитывать, но они не должны рассматриваться как препятствия для применимости цифровизации для решения устойчивых задач с прикладной точки зрения.

**Цель** исследования состоит в анализе использования современных цифровых экологических технологий для обеспечения устойчивого экономического зеленого роста, а также их роль в решении серьезных проблем, связанных с изменением климата. **Задачи исследования:** - содержание и теоретические аспекты современных цифровых технологий; - роль цифровых технологий в решении проблем зеленого роста; - использование цифровых технологий в сохранении биоразнообразия планеты.

В 2015 году Организация Объединенных Наций (ООН) определила дорожную карту по достижению справедливости и устойчивого развития с горизонтом в 2030 году. Эти так называемые Цели устойчивого развития (ЦУР) определяют 17 существующих проблем, которые должны быть преодолены для достижения этой амбициозной глобальной цели. Эти взаимосвязанные ЦУР представляют собой насущные потребности нашей цивилизации для обеспечения устойчивого и конкурентоспособного будущего. Творческое развитие цифровых инструментов для создания, использования, передачи или источника электронных данных для организационной деятельности может быть использовано для достижения ЦУР. Эти инструменты, способствующие достижению конкретных целей, можно определить, как цифровую устойчивость. Цифровая устойчивость понимается как усилия по разработке и внедрению интеллектуальных технологий для обеспечения устойчивого экономического роста. Современные цифровые инновации, такие как искусственный интеллект и методы машинного обучения, демонстрируют экспоненциальный рост своей стоимости, и, по оценкам, к 2030 году добавят около 14% к мировой экономике. В этой перспективе мы исследуем, как цифровизация может проложить путь к устойчивому развитию, что необходимо для создания "умной" зеленой планеты, которая обеспечивает ресурсы, защищая окружающую среду и здоровье всех жителей планеты [2].

Каждая большая тема сформулирована таким образом, чтобы ответить на целостный вопрос о том, как цифровизация может привести к изменениям в сторону более устойчивого и сбалансированного общества для каждой задачи. Мы специально обсудим инструменты цифровизации, внедренные в конкретных областях с прямой целью принести пользу обществу решить указанные ЦУР. Несмотря на то, что важно отметить тесную взаимосвязь и взаимозависимость между различными областями, которые трудно разграничить. Например, эффекты, возникающие в результате взаимосвязи между продовольствием, водой и энергией, напрямую влияют на благосостояние жителей умных городов. Таким образом, оценивается и обсуждается, как цифровизация помогает поддерживать основные столпы нашей цивилизации в связке "продовольствие - вода - энергия", преимущества промышленного производства и значение для здоровья и благополучия человека.

Промышленное производство товаров и услуг в последние годы претерпевает значительные изменения, быстро развиваясь по мере того, как цифровые технологии улучшают связь между участниками цепочки создания стоимости. Термин "Индустрия 4.0" был придуман для обозначения того факта, что четвертая промышленная революция будет опираться на цифровизацию, а не только на автоматизацию, как это было в ходе третьей, и что будущее производство будет модульным в рамках заводов, состоящих из "умных" объектов. Эта тенденция задается тягой к применению, которая требует стандартизации систем, коротких периодов разработки, индивидуализации по требованию (серийное производство), гибкости, создания безопасной и надежной производственной среды, эффективности использования ресурсов и децентрализации для принятия решений. Одновременно существует технологический толчок, который позволит повысить уровень автоматизации и механизации, объединить элементы в сеть, что приведет к полностью оцифрованным средам, и повысить степень миниатюризации [3].

Индустрия 4.0 идеально сочетается с концепцией бережливого производства (БП), поскольку оба подхода направлены на улучшение качества, производительности, стремятся к сокращению отходов и ориентированы на клиента. Исторически зародившись в производственной системе Toyota, LM (проект ведущий учет отходов) является парадигмой, которая на протяжении многих лет подталкивала промышленную практику к операционному совершенству. Она основана на пяти основных принципах, а именно: определение ценности, составление карты потока ценности, создание непрерывного потока между этапами производства, внедрение тяги между этими этапами и, наконец, поиск совершенства в работе.

Повторное использование материальных потоков - это действительно момент первостепенной важности в практике LM и, очевидно, Индустрии 4.0, и его необходимо подчеркнуть. В этом смысле принципы обеих концепций согласуются с перспективой "зеленого" химического сектора будущего, в котором промышленность должна рассмотреть и внедрить "дизайн отходов". Эта философия касается того, как производство должно быть перенастроено на разработку процессов, которые (а) позволяют максимально избежать образования отходов и их последующей утилизации и (б) сделать побочные продукты процессов полезным сырьем. В конечном итоге это приведет к созданию стоимости за счет повторного использования по всей цепочке поставок, способствуя формированию циркулярной экономики, что крайне важно для принятия решений по устойчивому производству.

#### **Результаты работы:**

- Постоянно растущий глобальный спрос на продовольствие является одной из самых серьезных проблем этого века, усугубляемых неравным доступом к продовольственным ресурсам. Цифровые технологии повышают масштабы устойчивого управления сельскохозяйственными землями и ресурсами и укрепляют связанные с этим производительность, услуги и безопасность средств к существованию во всем мире. Например, использование методов дистанционного зондирования и ГИС увеличивает производство сельскохозяйственной продукции. Использование данных позволяет составлять карты и определять эффективную схему землепользования, определять сорта сельскохозяйственных культур и отслеживать деятельность агроэкосистем. Раннее внедрение различных технических средств (например, датчиков, дронов, точного внесения удобрений и т.д.) в сочетании с геокартированием ведет к новой сельскохозяйственной революции, учитывая возможности прогнозирования для увеличения урожайности и улучшения устойчивого сельского хозяйства. Использование мобильного прикладного программного обеспечения предоставляет уникальные возможности для связи с заинтересованными сторонами в сельском хозяйстве и независимости фермеров. Кроме того, приложения позиционируют фермерские сообщества в качестве основных атрибутов точного и устойчивого сельского хозяйства, обеспечивая при этом экономические выгоды (снижение уровня бедности).

- Умные города будущего должны обеспечить доступную воду высочайшего качества для всех своих жителей. Большие данные и цифровизация играют существенную роль в достижении этих целей. Недостаточное использование больших данных в системах очистки воды может привести к неоправданному увеличению эксплуатационных расходов, а иногда и к неэффективной

очистке. Технологии искусственного интеллекта могут преобразовать пассивные данные в действенные знания для улучшения эксплуатации и принятия решений.

- Цифровизация может привести к оптимизации конструкции водоочистных установок. Оптимизация управления и эксплуатации за счет эффективного управления данными может обеспечить максимальные технические преимущества и привести к экономии средств. Методы обработки данных включаются в методы зондирования для проверки нормальности процесса и создания знаний о неисправностях станции для более быстрого реагирования.

- Усовершенствованное автоматизированное управление с помощью цифровизации обещает снизить потребление энергии, обеспечить качество воды для производства продукции и предотвратить отказ системы. Интеграция инструментов с использованием Интернета и новых децентрализованных интеллектуальных технологий (например, очистка в точке доставки или в точке использования) для аудита качества воды в режиме реального времени в критических контрольных точках может определить, когда может потребоваться децентрализованная очистка воды для обеспечения здоровья населения и равного доступа к безопасной воде для всех [4].

#### **Анализ полученных результатов**

Цифровизация может повысить энергоэффективность и обеспечить устойчивые альтернативы. Моделирование использования электроэнергии на основе данных используется для прогнозирования спроса на основе погодных условий, климатологии или привычек общества. Эти стратегии, основанные на данных, могут быть переведены на децентрализованные энергетические системы на основе возобновляемых источников (например, фотовольтаики). Умное управление в сложных головоломках наших энергетических систем - это чрезвычайно сложный вопрос, с которым можно справиться с помощью интеграции в Интернет вещей. Стратегии управления энергетикой, основанные на инструментах цифровизации, могут способствовать управлению с высокой точностью спросом и предложением для более эффективного и устойчивого производства и использования энергии. Предполагается, что разумное использование наборов данных для оптимизации процессов может позволить сэкономить до 20% энергии. Аналогичные энергетические преимущества можно наблюдать в транспортных системах, где взаимосвязанные устройства между грузовиками и центрами поставщиков могут обеспечить динамическую оптимизацию маршрутов. Эти стратегии обеспечат лучшее использование мощностей и экономию топлива при одновременном снижении выбросов CO<sub>2</sub>, связанных с транспортировкой. Устойчивое производство - один из ключевых аспектов Индустрии 4.0, который предполагает интеграцию всего жизненного цикла продукции. Цифровизация и выбор материалов становятся важным элементом для улучшения подходов к экологичному производству с учетом всего срока службы продукта и возможности его повторного использования/переработки. Кроме того, "умное" производство объединяет стратегии помощи компьютеров и интернета вещей для оптимизации промышленного производства. Компьютерное управление и межмашинная связь через киберфизические системы показали высокую адаптивность и продемонстрировали оптимизированную самоорганизацию и децентрализованное принятие решений [5].

Цифровизация определяет путь к "умной" зеленой планете, предлагая решения и способствуя устойчивому развитию. Интеграция IoT, управления большими данными и искусственного интеллекта уже продемонстрировала огромное количество преимуществ. Особое внимание следует уделить последствиям неравного доступа к данным, который может привести к цифровой бедности и, следовательно, увеличить неравенство вместо сокращения разрыва. Необходимо усилить кибербезопасность сильно взаимосвязанных систем с помощью облачных технологий. Тем не менее, преимущества интеграции больших данных в нашу повседневную жизнь могут способствовать повышению качества жизни и значительно помочь человечеству в решении устойчивых задач по обеспечению устойчивости человека, биоразнообразия и Земли.

#### **Список использованной литературы**

1. Агарков С. А., Матвишин Д. А. Влияние освоение региональных ресурсов углеводородов на экологическое состояние Печорского моря // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2019. № 2 (116). С. 58–67.

2. Багиев Г. Л., Черенков В. И., Черенкова Н. И. Маркетинг для реализации концепции устойчивого развития: сущность и терминологическая парадигма // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4 (112). С. 139–152.
3. Сайпидинов И.М. Осмоналиева А.А., Современные тенденции зеленых инвестиций в экономике Кыргызской Республики [Текст] / Сайпидинов И.М.Осмоналиева А.А. // Журнал Вопросы устойчивого развития общества. – 2020. – № 3-2. С. 525-529.
4. Боркова Е. А. Использование динамической модели оценки инвестиционного климата в управлении инвестиционными процессами // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. 2013. № 5 (64). С. 19–24.
5. Боркова Е. А., Тимченко М. Н., Маркова А. А. Инвестиции в зеленые технологии как инструмент экономического роста в ЕАЭС // Бизнес. Образование. Право. 2021. № 3 (48). С. 87–91.

**О РАЗВИТИИ НЕКОТОРЫХ ПОЛОЖЕНИЙ КОНЦЕПЦИИ  
«ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА» Э. ТОФФЛЕРА В КОНТЕКСТЕ  
СОВРЕМЕННЫХ ФИНАНСОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: постиндустриальная цивилизация, финтех, адаптивность.

В статье представлены выводы о взглядах Э. Тоффлера на природу тех состояний, с которыми сталкивается человек при взаимодействии с современными финансовыми технологиями. Приведена аргументация, которая подтверждает, что постиндустриальная цивилизация приносит быстро изменяющиеся, адаптивные «одноразовые» технологии. Основой экономического развития становится движение капитала в символической форме. Все это требует от людей увеличения адаптивности в принятии решений и может привести к шоковым состояниям.

**N.I. Sukhikh**

**THE DEVELOPMENT SOME PROVISIONS OF "INFORMATION SOCIETY"  
CONCEPT ( E. TOFFLER) IN THE CONTEXT OF MODERN FINANCIAL  
TECHNOLOGIES**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: post-industrial civilization, financial technologies, adaptability.

In the article, we talk about Alvin Toffler's views on the problem of "disposable" technologies in the economy. The effect of financial technologies on a person resembles the movement of the Wheel of Samsara. This movement is constantly accelerating. Man has to adapt to it. The article provides arguments for this point of view.

В своей знаменитой работе «Протестантская этика и дух капитализма» М. Вебер обращается к исследованию духовных причин, в силу которых протестантизм способствовал развитию эффективной экономики. Одной из причин эффективного ведения хозяйства Вебер считает специфическое отношение протестантской этики к таким ресурсам как труд и время. Так, время для верующего объявляется ценнейшим даром Божьим, и каждый час, потраченный на что-то не приносящее пользу, считается украденным у Бога (включая даже сон более «необходимых» восьми часов в день). Представления о труде выходят за рамки средневековых убеждений о том, что трудится нужно просто в силу естественных причин для удовлетворения потребностей как одного человека в частности, так и всего общества в целом. Труд отныне признается «...поставленной Богом целью всей жизни человека» [1, 187].

Представляется, что именно благодаря подобной этической установке стало возможно появление технологий, которые экономят такие важные для современного человека ресурсы как время и труд – финансовых технологий или финтеха. По определению, даваемому на сайте Банка России, «Финтех (финансовые технологии) — это предоставление финансовых услуг и сервисов с использованием инновационных технологий, таких как «большие данные» (Big Data), искусственный интеллект и машинное обучение, роботизация, блокчейн, облачные технологии, биометрия и других» [2].

Появление подобных быстро меняющихся финансовых технологий становится ответом на то, что Э. Тоффлер называет «экономикой неустойчивости». Дело в том, что в эпоху, о которой писал ранее упоминавшийся М. Вебер, «идеалом» предстает неизменность [3, 67-68]. Каким бы ремеслом не занимался человек (чинил одежду, возводил городские стены или пас коз), все его внимание сосредотачивалось на том как сделать то, чем он занимается более прочным и долговечным. Общество, в котором такой человек живет, если меняется, то очень медленно. Часто люди занимаются одним и тем же ремеслом по традиции, их дело передается от одного поколения к другому. Большинство окружающих их вещей тоже не меняется, и экономическая логика кажется очевидной: выгоднее купить ботинки хорошего качества, которые прослужат десять лет за сто, скажем, солидов, чем те, которые стоят двадцать, но прослужат только год.

Но, по мере нарастания темпов общественной эволюции, «экономика постоянства» уступает место «экономике неустойчивости».

Здесь для нас важны три аргумента, приводимые Э. Тоффлером:

1. Быстрое развитие технологий способствует снижению издержек производства, но не ремонта уже готовых изделий, поскольку производство зависит от автоматизации, а ремонтные работы чаще всего проводятся вручную. Это хорошо видно на примере разработки программного обеспечения: часто происходит так, что эффективнее полностью переписать код, чем искать ошибки, оплачивая работу тестировщиков и другого персонала. Отсюда «экономическая логика неустойчивости»: часто продукт выгоднее заменить, чем исправить.

2. Развитие технологий часто делает возможным усовершенствование изделий. Так, компьютеры более позднего поколения превосходят по техническим характеристикам более ранние. При этом некоторые параметры более ранних моделей можно заменить на более современные. Например, замена жестких дисков на твердотельные накопители значительно улучшает производительность персонального компьютера.

3. По мере того, как темп перемен ускоряется, и они «добираются» до самых «консервативных уголков», в обществе появляется и нарастает неуверенность в потребностях, которые возникнут в будущем. Когда люди признают быстрый темп перемен, но при этом они не уверены, как эти перемены на них отразятся, то значительные ресурсы не вкладываются в неизменные предметы, призванные служить неизменным целям. Так, с технической точки зрения, мы производим продукцию для краткосрочного использования, пытаемся избежать ее соотнесения с долгосрочными функциями и формами, или же пытаемся сделать такую продукцию легко приспособляемой.

Вывод, к которому приходит Э. Тоффлер состоит в том, что распространение культуры «одноразовости» есть ответ на постоянно увеличивающийся темп перемен, постепенно приводящий к сокращению времени и качества взаимодействия человека с продуктами его деятельности. Например, переменчивые технологии современного «финтех» приводят к тому, что пользователь не успевает выработать привычку к одной технологии (своим интерфейсом и функционалом она включается в представления пользователя о реальности), как она стремительно видоизменяется или вовсе замещается чем-то иным.

В эпоху убыстряющегося изменения происходит не только изменение связи между человеком и продуктами его деятельности, но и смещение основных ресурсов, благодаря которым происходит эта деятельность, то есть, по Тоффлеру «...трех основных источников власти: силы, богатства и знания. Сила преобразуется в закон. В свою очередь капитал и деньги сегодня переходят в знание. Труд изменяется тоже, становясь все более зависимым от манипуляций символом. И капитал, и деньги, и труд – все движется в одном и том же направлении, к революционным изменениям самой основы экономики» [4, 120].

Богатство отныне заключено в символах. В более ранние, чем индустриальная, эпохи богатство было материальным – оно основывалось на владении землей. Землевладелец досконально знал свою собственность: поля и леса, деревни и города, луга и реки, ибо от этого зависел его доход. В индустриальную эпоху основной формой капитала становятся различные машины и промышленное сырье (сталеплавильные печи, сборочные линии, бокситы, медь, никель и т. д.). Капитал, однако, по-прежнему материален, поскольку обеспечивается имуществом. Так, при выдаче кредита банк индустриальной эпохи в качестве обоснования требовал физического объекта, например, промышленное оборудование, которое становилось

залогом. Но собственник этой эпохи уже мог и не трогать руками машины и минералы, не знать досконально как они выглядят – для этого можно нанять человека, который в данном вопросе разбирается – наемного менеджера. Инвестор капитала получает богатство не в материальной форме, а в символической – это только бумага (акция или облигация), приносящая ему, например, купонный доход.

В современном мире постиндустриальной цивилизации инвестору не требуется для обладания капиталом даже бумага. Современный «финтех» предлагает стать владельцем капитала просто установив несколько программных продуктов, и замысловатая последовательность символов криптографического ключа электронной цифровой подписи заменит автограф, написанный от руки на листе бумаги.

В соответствии с картиной постиндустриального мира, которую рисует перед нами Э. Тоффлер, люди живут в потоке постоянно ускоряющихся изменений – «колесо Сансары» крутится все быстрее. Современные финансовые технологии делают окружающую нас реальность переменчиво непредсказуемой. Если представить жизнь человека как непрерывный «поток опыта», то основным требованием к человеку как пользователю современного «финтеха» становится адаптивность, то есть способность принимать новые решения в соответствии с новыми ситуациями, в которые его «загоняют» технологии. Современный пользователь часто находится в состоянии «шока» потому, что не успевает принять новинки финансовых технологий. И эта проблема, согласно Э. Тоффлеру, будет только нарастать.

Тем не менее, выбор есть всегда: золотая монета, банковская карта или криптовалюта. Что мы должны будем пропустить через «призму» собственного опыта завтра?

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вебер М. Избранные произведения. М.: Прогресс, 1990. 808 с.
2. Развитие финансовых технологий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cbr.ru/fintech/> (дата обращения 08.01.2023).
3. Тоффлер Э. Шок будущего. М.: ООО «Издательство АСТ», 2001. 560 с.
4. Тоффлер Э. Метаморфозы власти. М.: ООО «Издательство АСТ», 2002. 669 с.

## ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МОДЕЛИ КОРРЕКТИРОВКИ ВРЕМЕННОЙ ОЦЕНКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: Искусственные нейронные сети, Нейросетевая регрессия, Системы принятия решений

В статье проводится обзор влияния систем принятия решений при планировании проектирования программного обеспечения, так же приводится заключение об экономической выгоды внедрения таких моделей.

К.А. Taksheev, L.N. Evdakova

## ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF IMPLEMENTING A TIME ESTIMATION ADJUSTMENT MODEL IN SOFTWARE DEVELOPMENT

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: Artificial Neural Networks, Neural Network Regression, Decision Systems

The article reviews the impact of decision-making systems in software design planning, as well as the conclusion of the economic benefits of implementing such models.

В современном мире цифровых технологий существует большой спрос на оптимизацию процессов планирования. Одним из этапов процесса планирования является процедура оценки трудозатрат на разработку программного обеспечения. Помочь в решение этой проблемы могут системы помощи принятия решений, основанных на нейронных сетях.

Нейронная сеть – математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы [1].

Моделирование нейронной сети – это сложный процесс, требующий специальных знаний. Разработчиков занимающихся моделированием нейронных сетей не очень много. Целью данной статьи является оценка целесообразности разработки и внедрения такой системы в циклы планирования.

В дальнейшем разборе будет использоваться разработанной и обученной заранее регрессионной нейронной сети. Модель для вычисления оценки использует 5 параметров:

1. оценка сложности задачи,
2. комментарий к задаче,
3. время, предполагаемое время, затраченное на задачу,
4. квалификация ответственного за задачу,
5. количество подзадач.[2]

На основе имеющихся данных и в зависимости от запланированного времени на задачу может возникнуть 3 ситуации:

1. Время полностью исчерпано.
2. Время не полностью исчерпано.
3. Времени оказалось недостаточно.



Первая ситуация, является идеальной ситуацией и стремление компании что бы максимизировать количество этих ситуаций.

В наших данных есть пример такой задачи:

Таблица 1. Краткое описание первой задачи

Название	Создание таймера
Сложность задачи:	Средняя
Размер длинны комментария к задаче:	50
Время, выделенное на задачу	20 часов
Квалификация ответственного за задачу:	Junior
Количество подзадач:	2

Запустив данные по этой задачи в систему можно получить ответ от системы: 19 часов 23 минуты. Данный ответ мы можем интерпретировать как близкий к тому, что дал человек, который планировал задачу.

Таблица 2. Сравнение оценок

	Планируемые затраты	Фактические затраты	Оценка системы принятия решения
Время	20 часов	19 часов 29 минут	21 час
Временная погрешность	0,027	0	0,078

По данным можно понять, что модель оказалась дальше от данных, выставленных человеком, но ответ можно интерпретировать как подтверждение оценки, которую выставил сотрудник.

Следующая ситуация направлена узнать, как система будет реагировать на задачи, у которых время было исчерпано не полностью.

Таблица 3. Краткое описание второй задачи

Название	Настройка приоритетов задач
Сложность задачи:	Легкая
Размер длинны комментария к задаче:	112
Время, выделенное на задачу	6 часов
Квалификация ответственного за задачу:	Junior
Количество подзадач:	0

Таблица 4. Сравнение оценок

	Планируемые затраты	Фактические затраты	Оценка системы принятия решения
Время	6 часов	3 часа 28 минут	4 часа
Временная погрешность	0,731	0	0,15

В данной ситуации модель оказалась ближе к истине, чем постановщик задачи. Можно сделать предположение, что если бы постановщик задачи принял к сведению результаты модели, то он мог бы спланировать время ближе к фактическому.

Разберем последнюю возможную ситуацию.

Данную задачу можно характеризовать как не недооцененную по сложности ее реализации. Анализирую комментарий к данной задачи, я, основывая на субъективном опыте могу сказать, что были допущены ошибки.

Таблица 5. Краткое описание второй задачи

Название	История изменения задач/запросов
Сложность задачи:	Тяжелая
Размер длинны комментария к задаче:	138
Время, выделенное на задачу	16 часов
Квалификация ответственного за задачу:	Junior

Количество подзадач:	4
----------------------	---

Таблица 6. Сравнение оценок

	Планируемые затраты	Фактические затраты	Оценка системы принятия решения
Время	16 часов	39 часов 10 минут	34 часа
Временная погрешность	0,59	0	0,13

Можно констатировать что система ошиблась с точным предсказанием результата, но погрешность составила меньше, чем сотрудника. Система была ближе на 0,46 ближе, чем сотрудник.

Были рассмотрены 3 ситуации и в каждой мы выделили интересующие параметры и результаты. Что бы подсчитать экономическую выгоду нужно узнать сколько в среднем может стоить час работы сотрудника и подсчитать, на сколько планирование без системы отличается от человеческих данных.

Рассматривая рынок труда, можно узнать, что зарплата разработчика уровня Junior стоит около 50 тыс. рублей в месяц. Час работы такого сотрудника будет стоить 104 р/ч. С использованием этих данных построим столбчатую диаграмму.

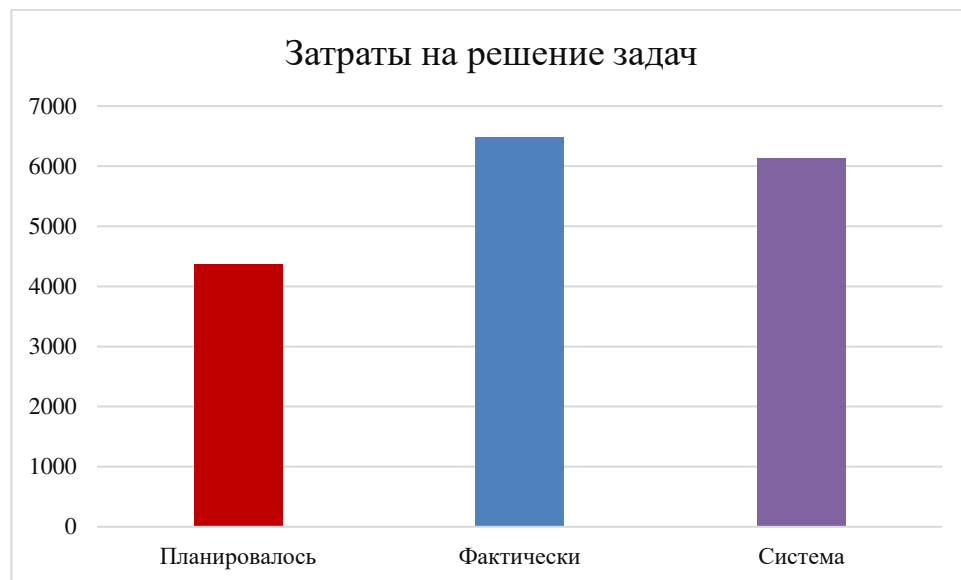


Рисунок 1 – Затраты на решение задач

По диаграмме видно, что разница между фактическими затратами и планируемыми затратами составила больше 2 тысяч рублей, хотя это были всего 3 задачи. При этом разница между затратами, которая планировала, система составили менее 500 рублей.

Отношение погрешностей можно подсчитать по формуле (1):

$$\frac{\Phi - \Pi}{\Phi - \Sigma} = \frac{6479,2 - 4368}{6479,2 - 6136} = \frac{2111,2}{343,2} = 6,1. \quad (1)$$

где,  $\Phi$  – Фактические затраты

$\Pi$  – Планированные затраты

$\Sigma$  – Затраты, спланированные системой

В нашем случае и человек, который ставил задачи, и система ошиблись. Но также мы должны отметить, что система нанесла меньший ущерб бюджету, чем человек, в 6,15 раз.

В ходе данной работы было разобрано экономическое влияние систем принятия решений на примере планирования трудозатрат на разработку ПО. Были разобраны 3 реальные задач с реальной оценкой, а затем был проведен анализ эффективности поставленной оценки. Были

представлены экономические факты, которые показывают, что внедрение систем принятия решений является экономически выгодным решением.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вороновский Г. К., Махотило К. В., Петрашев С. Н., Сергеев С. А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Харьков: Основа, 1997. – 112 с. – ISBN 5-7768-0293-8.
2. Такшеев Кирилл Александрович, Осипова Ирина Александровна. Модель корректировки временной оценки при проектировании программного обеспечения в условиях неопределенности или противоречивости данных // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2023. – №1.

## МИКРОТРАНЗАКЦИИ В ВИДЕОИГРАХ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: микротранзакции, видеоигры, история развития микротранзакций, микротранзакции в видеоиграх.

В статье представлены основные понятия, связанные с микротранзакциями в видеоиграх, в том числе: история развития микротранзакций, статистика заработка разработчиков видеоигр, приведен пример использования микротранзакции.

К.М. Tupitsyn, E.L. Evdakova

## MICROTRANSACTIONS IN VIDEO GAMES

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: microtransactions, videogames, history of the microtransactions, microtransactions in video games.

The article presents the basic concepts related to microtransactions in video games, including: the history of the development of microtransactions, statistics of earnings of video game developers, an example of the use of microtransactions.

Микротранзакции – это бизнес-модель, в которой игроки могут покупать виртуальные предметы за небольшие деньги [1]. Игрокам не нужно платить за все игры, чтобы загрузить их. Популярной моделью получения дохода для издателей является продажа внутриигрового контента.

До появления микротранзакций основным источником прибыли для разработчиков была немедленная продажа игр, в которых покупатель должен заплатить полную цену один раз. Так выглядит плата за игру – продажа по более высокой цене.

Хотя эта концепция кажется логичной и правильной, в начале 21 века произошла своего рода реструктуризация рынка, которая привела разработчиков к другому подходу – частичной продаже контента.

Его важность заключается в том, чтобы сделать базовую игру более доступной или даже бесплатной и взимать плату за дополнительный контент и дополнительные расширения. В игровой терминологии это понятие называется бесплатным или бесплатным, и все покупки, совершаемые игроками, являются микротранзакциями.

Важно различать понятия микроплатежей и микротранзакций. Микротранзакции включают все покупки за небольшие суммы, независимо от их назначения. Микротранзакции, с другой стороны, означают платежи за покупки в приложениях для мобильных телефонов или за покупку дополнительного игрового контента.

Хотя большинство микротранзакций являются микроплатежами, они определяются целью, а не суммой. В настоящее время существует множество примеров, которые показывают, что суммы микротранзакций часто находятся на уровне стоимости самой игры – например, как в случае с Dead Space 3.

Однако такая модель существовала задолго до появления Интернета. Аркадные машины можно рассматривать как предшественники модели микротранзакций: они предлагали дополнительную жизнь и дополнительное игровое время в обмен на небольшую сумму за токен.

Основное различие между этими двумя формами микротранзакций заключается в прозрачности. Игрок, который приближается к слоту, знает, что ему придется заплатить за возможность играть, в то время как большинство игр, использующих бизнес-модель free-to-play (F2P), классифицируются как бесплатные.

Есть три игры, которые были пионерами модели микротранзакций: Colony 7, Hattrick и Creatures 3. Colony 7, аркадная игра 1981 года, впервые представила концепцию покупки различных улучшений оружия за счет дополнительных платежей, что дало игрокам, которые решили заплатить, преимущество перед теми, кто этого не сделал.

В 1997 году Hattrick стал первым глобальным ММО-браузером, в котором можно было заплатить за косметические улучшения. Наконец, Creatures 3 в 1999 году использовала микротранзакции, чтобы позволить игрокам покупать различные аватары для игры.

В 2000 году микротранзакции стали чрезвычайно популярными. Одним из ключевых факторов, способствовавших их популярности, были услуги цифровой дистрибуции на консолях Xbox, где игроки могли получать косметические обновления внешнего вида своих аватаров за небольшую плату.

В 2006 году, когда Bethesda, крупный издатель, запустила в качестве эксперимента возможность купить конские доспехи в The Elder Scrolls IV: Oblivion за 2,50 доллара. Первоначально люди говорили, что это слишком высокая цена, но этот предмет стал девятым самым продаваемым DLC (загружаемый контент) в Oblivion и все еще покупался более чем через два года после его выпуска. Можно считать, что именно в 2006 году микротранзакции стали широко известны пользователям [2].

Игровые издатели считали, что микротранзакции в видеоиграх не принесли бы пользы индустрии. Но правда в том, что эти небольшие суммы ценности, которыми обмениваются в электронном виде, могут стать будущим в бизнесе видеоигр, если они созданы с умом, не влияя на пользовательский опыт.

Видеоигры предназначены для того, чтобы мотивировать игроков покупать различные предметы, платить за прохождение более сложных уровней, менять внешний вид своего персонажа и т.д. Можно разделить эти мотивы на шесть категорий: беспрепятственная игра, социальное взаимодействие, конкуренция, экономическое обоснование, потакание детям и раскрытие контента.

Количество видеоигр и игроков по всему миру значительно выросло, и нет никаких признаков того, что это прекратится. В Азиатско-Тихоокеанском регионе, где находится сердце индустрии видеоигр, в 2020 году насчитывалось более 1,5 миллиарда видеоигр, что принесло доход в размере 78,3 миллиарда долларов США – почти вдвое больше, чем в Северной Америке, втором по величине регионе индустрии видеоигр. Все больше и больше игроков готовы тратить деньги на видеоигры: например, в 2018 году они заплатили за игры в среднем более 123 долларов США за три месяца [2].

Одна из фундаментальных причин, по которой микротранзакции необходимы, заключается в том, что разработчики могут продолжать поддерживать игру. Разработка игр обходится недешево, тем более что после запуска игры возникают затраты. Они должны обслуживать серверы, бороться с мошенничеством, решать проблемы с ошибками и постоянно выпускать новый контент, чтобы заинтересовать свою аудиторию. Таким образом, деньги от микротранзакций обеспечивают игрокам игровой опыт, одновременно поддерживая рост индустрии видеоигр. Кроме того, микротранзакции могут обеспечить отличный контент для игры. Многие игроки любят пробовать новые пакеты дополнений, которые значительно расширяют оригинальную игру. Кроме того, им нравится возможность открывать новые скины для своих персонажей в многопользовательских играх.

Концепцию, лежащую в основе микротранзакций, нетрудно понять, тем более что сегодня они стали чрезвычайно распространенным явлением в видеоиграх. Игроки привыкли платить дополнительные деньги за приобретение оружия и апгрейдов, чтобы дать вам преимущество на игровом поле. Для бесплатных игр микротранзакции – это то, чего ожидают игроки, потому что они не предлагали никаких денег за их загрузку. Эти покупки в игровых приложениях обычно являются единственным способом монетизации бесплатных игр. Например, игру Fortnite

«Королевская битва» можно скачать бесплатно, но игроки могут приобрести в игре различные косметические предметы, такие как эмоции и скины, чтобы настроить своих персонажей.

В 2019 году расходы игроков Fortnite на игровое дополнение в Соединенных Штатах достигли в среднем 82 долларов США[??]. Самыми популярными внутриигровыми приобретениями в Fortnite были улучшения персонажей и экипировки, а также планеры, которые доставляют игроков на поле битвы. Эта модель получения дохода, по-видимому, стала победой Epic Games, поскольку расходы игроков на мобильное приложение Fortnite стабильно достигают миллионов долларов США каждый месяц.

Эти микротранзакции не влияют на пользовательский опыт. По этой причине некоторые издатели считают, что бесплатные игры являются одной из самых демократичных бизнес-моделей в индустрии видеоигр. Недостатком, однако, является то, что, если они не предлагают интерактивный и привлекательный контент, игроки не будут заинтересованы, и их игра потерпит неудачу. Другими популярными играми, в которых успешно реализованы микротранзакции, являются Call of Duty, Halo 4, Angry Birds 2, Overwatch 2.

Игры F2P означают бесплатные видеоигры, за которые игрокам не нужно платить деньги, чтобы скачать и играть в них. Преимущество этих игр в том, что, будучи бесплатными, больше людей попробуют игру. Но чтобы монетизировать их, издатели должны стремиться делать контент все более привлекательным.

К категории бесплатных игр, которые удивительно выиграли от микротранзакций, относится League of Legends – игра, в которую играют десятки миллионов людей по всему миру, и почти все доходы от игр поступают от внутриигровых покупок. Другим популярным и классическим примером игры с микротранзакциями является Counter-Strike. Хотя это уже была популярная игра, чтобы увеличить экономическую динамику игры, разработчики ввели новую концепцию микротранзакций – игроки могли открывать после каждой игры сундук со случайным оружием или редкими предметами, с ключом, который стоит 2,39 доллара. Это действие привело к восстановлению репутации игры перед игроками[2].

Некоторые люди выступают против микротранзакций в видеоиграх. Но если посмотреть на ситуацию объективно, микротранзакции позволяют играм быть бесплатными и позволяют разработчикам игр больше инвестировать в повышение качества. В случае игр, которые продают расширенные части игры, некоторые игроки разочаровываются и покидают игру. Они не хотят покупать расширенные части игры, учитывая, что издатели удаляют части игры, а затем перепродают их через микротранзакцию.

Внедрение микротранзакций в видеоигры предполагает знание человеческого поведения и психологических триггеров, которые заставляют игроков действовать и вкладывать небольшие суммы денег в игру. Обеспечение счастья игроков всегда должно быть главной целью разработчиков видеоигр. Игра, содержащая микротранзакции, может достичь этой цели до тех пор, пока покупаемый контент не повлияет на баланс игры.

Один из способов внедрения микротранзакций в F2P-игры заключается в том, чтобы платный контент был действителен для тех, кто не хочет платить дополнительные деньги. Они готовы потратить дополнительное время и усилия, чтобы достичь той же производительности, что и платящий игрок. Этот метод более распространен в социальных играх.

Когда разработчики игр создают видеоигру и хотят добавить микротранзакции, они должны учитывать три категории игроков, которые будут загружать их игру. Одна группа просто заинтересована в бесплатной игре и не будет тратить на нее никаких денег. Вторая группа игроков готова совершить пару небольших покупок, особенно когда это кажется хорошим соотношением цены и качества. Третья группа, которую часто называют «китами» (от термина азартных игр), будет постоянно тратить большие суммы денег в игре [3]. К сожалению, многие игры внедряют системы, в которых они дают преимущество людям, которые платят больше. Многие мобильные игры, которые часто называют игрой на победу, часто подпадают под эту категорию, где игроки, готовые выложить деньги, могут получить значительное преимущество с точки зрения основной производительности.

Хотя тема микротранзакций является спорной, они становятся все более распространенными в видеоиграх. На первый взгляд, это может быть просто практикой для разработчиков игр, чтобы заработать деньги, но, если посмотреть глубже, они способны

поддерживать и укреплять индустрию видеоигр по всему миру. Разработка видеоигры требует времени и денег, а деньги от микротранзакций можно использовать для придания игре глубины и сохранения бесплатного дополнительного контента после запуска.

С другой стороны, те, кто покупает различные предметы и навыки за деньги, могут иметь конкурентное преимущество перед теми, кто этого не делает, особенно в многопользовательских играх. Некоторых это может расстраивать, и они могут отказаться от игры, если баланс не будет поддерживаться.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Микротранзакции в игровой индустрии – что это и зачем нужно [ Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://skillbox.ru/media/gamedev/mikrotranzaktsii-v-igrovoy-industrii/>
2. Methods to Implement Microtransactions in F2P Video Games [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://starloopstudios.com/methods-to-implement-microtransactions-in-f2p-video-games/>.
3. How Microtransactions Are Ruining the Gaming Industry [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.makeuseof.com/microtransactions-are-ruining-the-gaming-industry/>

## **АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ РАЗВЕРТЫВАНИИ СЕТЕЙ 5G**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: мобильные сети, сети нового поколения, 5G, технологии мобильной связи, машинное обучение, искусственный интеллект.

В статье проводится анализ актуальности внедрения методов машинного обучения при развертывании сетей 5G. Представленные примеры и проблемы показывают, что для эффективной реализации и оптимизации сетей нового поколения требуется внедрение машинного обучения, что позволит операторам и проектировщикам сетей связи в полной мере использовать возможности мобильных сетей.

S.A. Tychinkin, L.N. Evdakova

## **THE RELEVANCE OF IMPLEMENTING METHODS OF MACHINE LEARNING IN DEPLOYING 5G NETWORKS**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibSUTI), Russia

Keywords: mobile networks, new generation networks, 5G, mobile communication technologies, machine learning, artificial intelligence.

The article analyzes the relevance of introducing machine learning methods in the deployment of 5G networks. The examples and challenges presented show that effective implementation and optimization of next-generation networks requires the introduction of machine learning, which will allow operators and designers of communication networks fully exploit the capabilities of mobile networks.

В связи с потребностью в обработке растущего мобильного трафика сеть 5G призвана стать ключевой технологией и ведущим поставщиком инфраструктуры в отрасли телекоммуникационных технологий во многих странах, в свою очередь, поддерживая различные услуги с передовыми приложениями. Учитывая рост беспроводных сетей с каждым годом и появление различных вариантов использования технологий, таких как промышленная автоматизация, виртуальная реальность, беспилотные автомобили, умное здравоохранение и других интеллектуальных технологий, важную роль в распределении ресурсов в беспроводных сетях играет машинное обучение [1].

Развивалось машинное обучение достаточно долго, и в настоящее время оно позволяет беспроводным сетям обучаться и извлекать полезные знания на основе полученных данных. В свою очередь, внедрение беспроводных систем стало неотъемлемой частью социальной инфраструктуры, облегчая повседневную жизнь человека и способствуя развитию цифровой экономики многих стран. Так, машинное обучение отлично подходит для сложных задач, где существующие технологии требуют множество ручных настроек. Эта проблема решается изучением данных, заменяя обычное программное обеспечение, которое содержит длинные списки правил, алгоритмами машинного обучения, которые автоматически обрабатывают входящие данные.

Важным отличием машинного обучения от традиционных когнитивных алгоритмов является автоматическое извлечение полезных особенностей в сети на основе полученных



данных, и благодаря этому можно отказаться от дорогостоящего ручного проектирования. Внедрение машинного обучения во многие сферы телекоммуникаций сможет помочь обнаруживать различные аномалии в сети, предсказывать будущие сценарии, адаптироваться к изменению в среде, получать представление о проблемах с передачей больших объемов данных, обнаруживать и исправлять те проблемы, которые человек может не заметить [1].

Проблема распределения ресурсов в сетях 5G – одна из наиболее важных проблем, так как передача данных должна происходить без каких-либо задержек и потерь при высокой пропускной способности сети. Количество передаваемых данных может быть огромным, и по мере роста сети и подключаемых к ней устройств ожидаемое количество данных будет только увеличиваться, а попытка вручную отслеживать, находить и анализировать какие-либо закономерности при таких объемах данных практически всегда заканчивается провалом. Машинное обучение, в свою очередь, в автоматическом режиме анализирует передаваемые данные, тем самым выстраивая необходимые модели распределения трафика по сети [2].

Так, в статье [3] авторами была представлена гибридная модель машинного обучения для распределения ресурсов, выбора фрагментов и реконфигурации сети, а также балансировки нагрузки. В работе авторов представлен новый подход, который основан на программно-определяемой сети и виртуализации сетевых функций, где предлагается комплексное решение с оценкой использования реального трафика в физической среде. Исследования в этой области направлены на улучшение представлений и разработку новых алгоритмов для обучения на основе огромного количества входных данных. Таким образом, необходимость анализа общего трафика сети и прогнозирования будущего позволит фрагментировать сети для подходящих устройств.

Пример из статьи [4], где авторами приводится архитектура сети 5G, основанная на программно-определяемой сети, и призванная обеспечить простоту и гибкость управления сетью, показывает, как можно добиться независимости сети от провайдера. Авторами предложен сетевой симулятор, который необходим для оценки производительности архитектуры с точки зрения сквозной задержки, использовании ресурсов и пропускной способности. Результаты показывают, что архитектура на основе программно-конфигурируемой сети обеспечивает снижение задержки на 18-62% при различных сетевых факторах.

В свою очередь, в статье [5] авторами была предложена оптимизационная модель смешанного целочисленного программирования, обеспечивающая оптимальное развертывание сетевых фрагментов и позволяющая провайдеру мобильной сети эффективно распределять и управлять ресурсами в соответствии с требованиями пользователя. Данная модель эффективно управляет работой базовых узлов и обеспечивает необходимую пропускную способность, что приводит к снижению затрат на поддержку сети.

Обратим внимание, что самой главной сложностью развертывания и поддержки сети 5G являются ее огромные возможности. Так, интеграция большого количества сервисов и услуг требует постоянного мониторинга и оптимизации сети, технического обслуживания и взаимодействия с сетями старого поколения. Эти и другие сложности можно будет избежать с помощью внедрения машинного обучения при развертывании мобильных сетей.

Стоит отметить, что в Российской Федерации 10 октября 2019 года была принята стратегия развития искусственного интеллекта [6], где указано, что в 2018 году российский рынок решений в сфере искусственного интеллекта составил 2,1 миллиардов рублей, а к 2024 году прогнозируется увеличение до 160,1 миллиардов рублей. В указе также отмечено, что к 2024 году основным показателем, характеризующим успешную реализацию мер по поддержке научных исследований в области искусственного интеллекта должен стать существенный рост количества и индекса цитируемости в ведущих мировых научных изданиях научных статей российских ученых на тематику, посвященной искусственному интеллекту.

В заключение хочется отметить, что машинное обучение является проверенным инструментом, которым можно пользоваться при проектировании мобильных и других сетей связи. Внедрение алгоритмов машинного обучения позволит улучшить эффективное распределение трафика по сети и возможность простой интеграции различных услуг и сервисов как для оператора мобильной связи, так и для пользователей в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Morocho-Cayamcela, M.E. Machine learning for 5G/B5G mobile and wireless communications: potential, limitations, and future directions / M.E. Morocho-Cayamcela, H. Lee, W. Lim // IEEE Access. – 2019. – V.7. – P. 137184 – 137206.
2. Manuel Eugenio Morocho-Cayamcela, Haeyoung Lee, and Wansu Lim, «Machine Learning for 5G/B5G Mobile and Wireless Communications: Potential, Limitations, and Future Directions», IEEE access, Sept 2019.
3. Highly Accurate and Reliable Wireless Network Slicing in 5th Generation Networks: A Hybrid Deep Learning Approach/ S. Khan, S. Khan, Y. Ali et al. //J Netw Syst Manage 30, 29 (2022).
4. A. Abdulghaffar, A. Mahmoud, M. Abu-Amara, and T. Sheltami, "Modeling and Evaluation of Software Defined Networking Based 5G Core Network Architecture," in IEEE Access, vol. 9, pp. 10179-10198, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3049945.
5. Optimization model for Cross-Domain Network Slices in 5G Networks/ R. Addad, M. Bagaа, T. Taleb, D.L. Cadette Dutra and H. Flinck// IEEE Transactions on Mobile Computing.
6. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [Электронный документ]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910110003>

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА ИГРОВОЙ ИНДУСТРИИ В РОССИИ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: Игровая индустрия, Индустрия развлечений, Развитие экономической стабильности, Видеоигры, Индустрия интерактивных развлечений.

Исследование развития игровой индустрии в России. Влияние игровой индустрии на развитие и стабильность экономики в стране.

D.A.Shmakov, L.N.Evdakova

## DEVELOPMENT OF THE GAME INDUSTRY IN RUSSIA AS PART OF THE DEVELOPMENT OF THE COUNTRY'S ECONOMIC STABILITY

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: Gaming industry, Entertainment industry, Development of economic stability, Video games, Interactive entertainment industry.

Research of game industry development in Russia. Influence of game industry on the development and stability of economy in the country.

Игровая индустрия – часть индустрии развлечения. А там, где есть развлечения, есть и развитая экономическая составляющая. Люди в последнюю очередь захотят отдавать свои деньги за развлечения, если не покрыты первоначальные людские потребности такие, как сон, пища, жилище и другое. Стоит только вспомнить пирамиду Маслоу. Но при появлении свободных денег, появляется желание их потратить. И одна из самых банальных и приятных человеку трат – развлечения. Таким образом, если в стране есть люди с достаточным заработком, то есть и места развлечений. И чем больше мест развлечений, следовательно, и большее количество населения страны могут позволить себе отдохнуть «непривычным» способом.

Под игровой индустрией мы будем понимать индустрию компьютерных видеоигр. И зародилась она в нашей стране ещё в прошлом столетии во времена СССР. Этому поспособствовало появление первых игровых автоматов. В 1971 году Министерство культуры обратилось к западному опыту и организовало выставку «Аттракцион-71». Это была первая в СССР видеоигровая выставка. До этой поры никто из граждан страны ничего подобного не видел. Это был первый игровой опыт, как для страны, так и для народа и довольно успешный. Всего за 10 дней выставки её успели посетить 2,5 миллионов человек [1]!

В период 1970-ых и начала 1990-ых годов в Советском Союзе было произведено около 100 разновидностей аркадных автоматов [1]. Большая часть из них были лишь копией западных аналогов и лишь 5% являлись оригинальными разработками советских инженеров. Некоторые автоматы выпускались лишь единожды, быстро теряя свою популярность или доходность. Другие могли модифицироваться и обновляться десятилетиями.

Открытие выставки «Аттракцион-71» и создание нового вида развлечения в СССР не является обыкновенным событием. Желание страны доказать величие страны в противостоянии США позволило зародить игровую индустрию современной России. А появление нового развлечения позволило как разнообразить жизнь обычного гражданина, так и создать новый вид заработка в стране.

1990-ые годы были сложными для страны. В один момент весь социалистический лагерь исчез, а на его место пришёл новый – капиталистический. Новая ещё неокрепшая капиталистическая страна только-только начинает принимать новые правила и законы. В это время возникали большие проблемы, как у населения, так и у самой страны. Кризис 90-ых очень сильно оттолкнул нашу страну назад по всем факторам, но особенно по экономическому. Безработица, криминал, проблемы с законом и многое другое постепенно убивало страну.

Тем временем в западных странах особенно в активно развивалась игровая индустрия. Если в России оставались отечественные разработки игровых приставок такие как: «Ну, Погоди», «Турнир», «Палестра-02» и другие, то на западе уже работали такие большие компании как «Sega» и «Nintendo». Эти компании пытались сотрудничать с Россией, но поставки дорогих приставок и игр к ним были малы, а покупательная способность граждан ещё меньше. Но нашёлся выход благодаря свободному предпринимательству в стране.

В декабре 1992 года был выпущен неофициальный аппаратный клон приставки компании «Nintendo». Эту и последующие приставки выпускала компания «Steepler» под названием «Dendy». Steepler ежемесячно продавала около 115 тысяч консолей, которые приносили пять миллионов долларов денежного оборота [4]. Компания существовала до 1996 года, но за это время успела выпустить до 6 миллионов копий приставок [5]!

В этот период времени в стране появились новые игровые компании. Одни из самых известных были: как «Акелла», «Бука», «Новый Диск» и «Фаргус Мультимедия». Рассмотрим данные компании.

«Акелла» – самая старшая компания, зародившаяся ещё в 1993 году. Некоторое время компания работала «пиратским» издателем, но в 1995 году прекратила выпуск «пиратской» продукции. В 2012 году компания оказалась банкротом из-за многочисленных исков на сумму свыше 200 миллионов рублей [6].

«Бука» являлся издателем и дистрибьютором как зарубежных, так и собственных игр. Компания появилась в 1994 году и является дочерней компанией «1С» с 2008 года, разрабатывающей компьютерные программы разного назначения. Покупка «Буки» составила, оценивается в 80-90 миллионов долларов [7].

«Новый Диск» также как и «Бука» является разработчиком и издателем компьютерных игр. Эта компания появилась в 1997. Развитие этой компании достигло того, что в первом полугодии 2008 года выручка компании составила 56 миллионов долларов. 30% выручки приходится на образовательное ПО, 40% - на издание игр, 20% - на дистрибуцию игр для Nintendo [8].

«Фаргус Мультимедия» отличается от вышеперечисленных компаний тем, что она одна из самых крупнейших «пиратских» групп, существовавших во время зарождения игровой индустрии в России. Её создание было в 1996 году, а упразднение в 2005. В её работу входило локализация иностранных игр и производство незаконных копий [9].

Современная игровая индустрия продолжает расти во всём мире, Россия не стала исключением. На сегодняшний день лидерами российского игрового рынка можно назвать Gaijin Entertainment, создавший «Ил-2 Штурмовик» и «War Thunder», Lesta Studio, выпустивший «World of Warships: Legends» и Battlestate Games, разработавший «Escape from Tarkov».

Российская компания «Mudfish» планирует скорый выход компьютерной игры «Atomic Heart», что позволит оценить, насколько сильно индустрия игр смогла развиваться в стране. Данный продукт является AAA-проектом, подобный таким громким играм как «DOOM», «The Witcher 3» и «Dying Light». Его ждут не только в нашей стране, но и за границей.

Наибольший объём в России занимает сегмент условно-бесплатных игр. Самая быстрорастущая отрасль – мобильные игры. Именно эта отрасль является самой богатой в стране. Если говорить о студиях, то в голову сразу же придут такие примеры как ZeptoLab с их популярной игрой «Cut The Rope», Playrix с их «Homescapes» и другие. В первом полугодии 2020 мобильные игры заработали более 498 миллионов долларов и впервые обогнали остальные сегменты по показателю доходности. Рост в этом сегменте по сравнению с первым полугодием 2019 составил 37% [9].

Недавняя пандемия показала рост игрового рынка на 23% в годовом исчислении. В России же к 2020 году количество игроков увеличилось с 33% до 60% населения, а русский язык вошёл в тройку самых популярных в мире. Половина аудитории относится к «платящей». Они покупают

игры или оплачивают внутриигровые покупки [10]. Но этот показатель меньше, по сравнению с другими странами. Скорее всего, это связано со структурой потребления и уровнем дохода населения. И это хороший показатель для развития рынка видеоигр. Он также открывает возможности для российских разработчиков на домашнем рынке.

И если вкратце, то игровая индустрия растёт вместе с экономической составляющей нашей страны. Первые компании появлялись в сложный экономический период, а современные получают большие доходы. Государство же поощряет в том или ином виде продвижение индустрии. И будущее для индустрии виднеется как успешное и эффективное влияние на экономику.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Игровые автоматы: откуда они взялись в СССР и как устроены [Электронный ресурс] [habr.com](https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/430526/) – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/430526/>
2. Игровые консоли прошлого. На чём играли отцы [Электронный ресурс] [dtf.ru](https://dtf.ru/retro/73422-igrovye-konsoli-proshlogo-na-chem-igrali-otcy) – Режим доступа: <https://dtf.ru/retro/73422-igrovye-konsoli-proshlogo-na-chem-igrali-otcy>
3. Легенда о слоне: как IT-компания Steepler создала Dendy и основала российский консольный рынок устроены [Электронный ресурс] [dtf.ru](https://dtf.ru/games/970617-legenda-o-slone-kak-it-kompaniya-steepler-sozdala-dendy-i-osnovala-rossiyskiy-konsolnyy-rynok#5) – Режим доступа: [https:// dtf.ru/games/970617-legenda-o-slone-kak-it-kompaniya-steepler-sozdala-dendy-i-osnovala-rossiyskiy-konsolnyy-rynok#5](https://dtf.ru/games/970617-legenda-o-slone-kak-it-kompaniya-steepler-sozdala-dendy-i-osnovala-rossiyskiy-konsolnyy-rynok#5)
4. Dendy [Электронный ресурс] [ru.wikipedia.org](https://ru.wikipedia.org/wiki/Dendy) – Режим доступа: [https:// ru.wikipedia.org/wiki/Dendy](https://ru.wikipedia.org/wiki/Dendy)
5. Steepler [Электронный ресурс] [ru.wikipedia.org](https://ru.wikipedia.org/wiki/Steepler) – Режим доступа: [https:// ru.wikipedia.org/wiki/Steepler](https://ru.wikipedia.org/wiki/Steepler)
6. Акелла [Электронный ресурс] [ru.wikipedia.org](https://ru.wikipedia.org/wiki/Акелла) – Режим доступа: [https:// ru.wikipedia.org/wiki/Акелла](https://ru.wikipedia.org/wiki/Акелла)
7. Бука (компания) [Электронный ресурс] [ru.wikipedia.org](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?search=Бука%20(компания)&title=Служебная%3AПоиск&ns=1) – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/w/index.php?search=Бука%20\(компания\)&title=Служебная%3AПоиск&ns=1](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?search=Бука%20(компания)&title=Служебная%3AПоиск&ns=1)
8. Новый диск [Электронный ресурс] [ru.wikipedia.org](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?search=Фаргус%20Мультимедия&title=Служебная%3AПоиск&ns=1) – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?search=Фаргус%20Мультимедия&title=Служебная%3AПоиск&ns=1>
9. Анализ рынка игр в России: кризисные полгода 2020 vs стабильные полгода 2019 [Электронный ресурс] [dtf.ru](https://dtf.ru/gameindustry/247402-analiz-rynka-igr-v-rossii-krizisnye-polgoda-2020-vs-stabilnye-polgoda-2019) – Режим доступа: <https://dtf.ru/gameindustry/247402-analiz-rynka-igr-v-rossii-krizisnye-polgoda-2020-vs-stabilnye-polgoda-2019>
10. Что происходит в индустрии видеоигр в России? [Электронный ресурс] [habr.com](https://habr.com/ru/post/705906/) – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/705906/>

## ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВЫХ БАЗ ДАННЫХ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: графовые базы данных, реляционные базы данных, информационные системы.

Рассмотрены вопросы и отличительные особенности графовой и реляционной моделей данных при проектировании информационных систем. Выделены ключевые характеристики графовых и реляционных баз данных. Определены основные требования влияющие на выбор модели. Продемонстрированы области применения графовых баз данных и их возможности обработки данных.

R.V. Fatkullin, L.N. Evdakova

## THE USE OF GRAPH DATABASES IN THE SOCIO-ECONOMIC SPHERE

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: graph databases, relational databases, information systems.

The issues and distinctive features of graph and relational data models in the design of information systems are considered. The key characteristics of graph and relational databases are highlighted. The main requirements influencing the choice of the model are determined. The fields of application of graph databases and their data processing capabilities are demonstrated.

В современном информационном мире данные предприятий, пользователей информационных систем или социальных сетей формируются без остановки. Такие системы работают круглосуточно, оперативность и точность обработки информации значительно влияет на престиж и успешность работы любой компании, которая также зависит от мнения пользователей и клиентов.

Большинство компаний используют традиционную реляционную модель данных, но текущие объемы информации и задачи, связанные с их обработкой, привлекают предприятия для рассмотрения новых моделей данных, относящихся к классу NoSQL.

Реляционная модель предлагает хранение данных в таблицах (отношениях), которые связаны между собой связями и имеют определенные ограничения для соблюдения требований не избыточности и корректности данных. В обозначенной модели не поддерживается концепция отношений между данными. Чтобы установить взаимосвязи между таблицами, необходимо явно определить связь с данными, для этого формируются первичные и внешние ключи, являющиеся уникальными идентификаторами, представляя собой атрибут сущности в виде связи один-к-одному или один-к-многим. Для реляционной базы данных требуется предварительно определенный и тщательно смоделированный набор таблиц и создаются атрибуты в виде столбцов.

Концепция графовой модели данных основана на двух важных элементах: узлах и взаимосвязях. Узлы в графе представляют объекты, т.е. данные, которые необходимо обработать, а ребра являются связями между этими объектами, что позволяет выполнять более гибкие и эффективные запросы. Основными компонентами графовой базы данных являются: узлы – основные сущности (для реляционной модели – запись в таблице); отношения – связи между

этими сущностями (первичные и внешние ключи в реляционной базе данных); метки – атрибуты, которые группируют похожие узлы вместе, и свойства – пары ключ/значение, хранящиеся в узлах или отношениях. Графовые модели данных позволяют строить базу данных вне зависимости от используемых типов данных, в отличие от реляционной, где пришлось бы создавать дополнительные таблицы [1]. На рисунке 1 представлен пример графовой базы данных с использованием различных узлов и ребер.

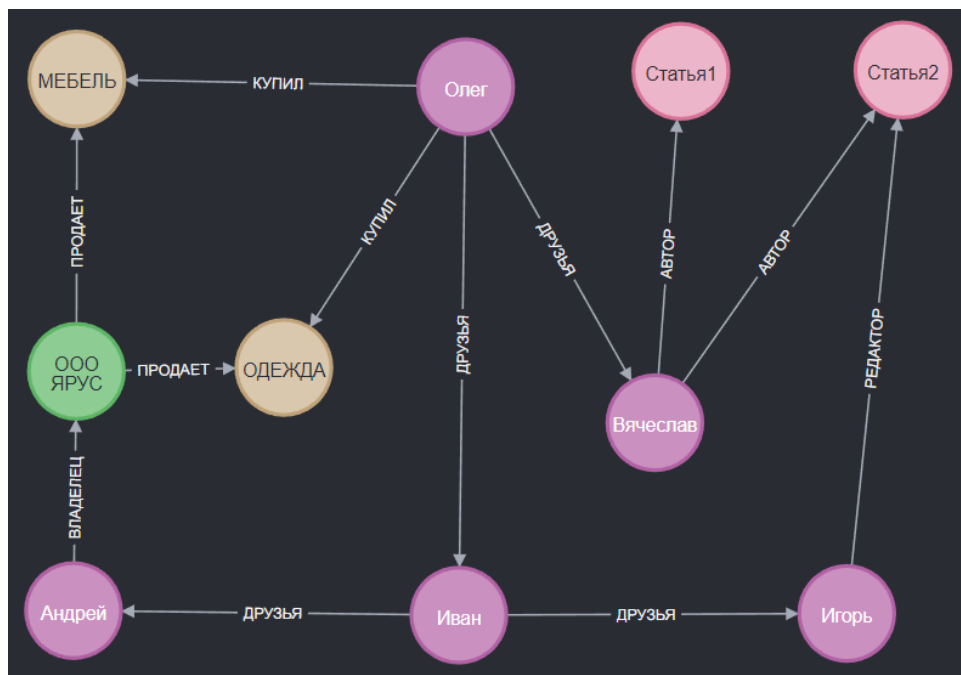


Рис. 1. Графовая база данных

Графовые базы данных позволяют под другим углом взглянуть на существующие проблемы и предложить альтернативные способы решения задач обработки данных. На выбор графовых моделей данных влияет несколько причин. Главной проблемой, связанной с обработкой информации, является производительность и время отклика. На текущий момент транзакции веб-систем или веб-приложений они должны обеспечивать ответ на запросы пользователей в течение короткого времени, измеряемого в миллисекундах. Для реляционных моделей существует проблема, что с увеличением их размеров проявляются недостатки соединения таблиц, и тем самым ухудшается производительность. Использование в графовых базах данных прямых взаимосвязей между объектами и смежности без индексов позволяет получать результаты запроса в течение миллисекунд вне зависимости от размеров модели данных.

Также графовые базы данных позволяют ускорить и упростить разработку проекта. В реляционной модели необходимо на стадии проектирования четко определить все имеющиеся ограничения и произвести структуризацию данных, так как в реляционных базах данных время на изменение модели данных будет требовать значительных ресурсов от разработчиков приложения. Графовая модель позволяет хранить неструктурированные данные, и в ней отсутствует привязанность к строгой модели, что обеспечивает изменение структуры модели на любом этапе разработки.

Область NoSQL баз данных на текущий момент является новой и быстро развивающейся сферой проектирования моделей данных, но, учитывая ошибки и проблемы реляционных баз данных, существуют решения и программные продукты, готовые и используемые в промышленной эксплуатации. Реляционные системы управления базами данных основаны на соблюдении требований ACID (Atomicity – атомарность, Consistency – согласованность, Isolation – изолированность, Durability – надежность), применяемых для выполнения транзакций. Графовые системы управления базами данных созданы недавно, но они уже отвечают всем требованиям к производимым операциям, обеспечивают высокую надежность, горизонтальную

масштабируемость чтения и хранение миллиардов сущностей, а также производительность и гибкость, что в настоящее время требуется предприятиям. Эти особенности стали важным фактором использования графовых баз данных для автономных и специфичных целей, поскольку организации работают над ответами на все более сложные запросы пользователей [2].

Графовые базы данных не являются идеальным решением для всех существующих проблем в области обработки информации, существуют варианты, для которых необходимо использовать классическую реляционную модель или другие модели из класса NoSQL систем. Необходимо ответить на ряд основных вопросов, возникающих при разработке информационной системы. Во-первых, необходимо определить степень взаимосвязей между сущностями. Графовые базы данных ориентированы на сильно-связанные данные, для которых необходима внутренняя потребность в анализе взаимосвязей. Если взаимосвязи внутри данных не являются основным направлением, а данные имеют транзакционный характер, то графовая база данных является не лучшим вариантом применения. Например, если необходимо обеспечивать обычное хранение данных, и их сложный анализ не требуется. Во-вторых, необходимо понять, как часто следует использовать имеющуюся информацию. Графовая модель данных оптимизирована для извлечения данных, а также, если запросы направлены на частое извлечение данных. Если, в основном, приложение направлено на запись в базу данных, а не на анализ данных, то графовая база данных будет неподходящим решением, так как требует дополнительных знаний и ресурсов разработчика. Хорошее эмпирическое правило заключается в том, что если нет необходимости использовать операции объединения (JOIN) в своих запросах, то графовая база данных не является обязательным способом реализации. В-третьих, необходимо определить структуру и модель данных. Если проектируемая модель данных непостоянна и требует частых изменений, то следует обратиться к использованию графовой базы данных, поскольку графы больше связаны с самими данными, чем со структурой схемы, и они допускают определенную гибкость.

Использование графовых баз данных организациями сильно зависит от предметной области предприятия, но на текущий момент существует множество сфер применения, в которых графовые модели занимают лидирующее положение для разработки информационных систем. К данным областям относятся социальные сети и рекомендательные сервисы, финансовые услуги, информационная безопасность, включающая в себя регулирование и конфиденциальность данных, правительственный сектор, искусственный интеллект и машинное обучение, и т.д. [3].

Социальные сети – это огромное пространство, и их анализ хорошо осуществляется с использованием графовой модели, поскольку они состоят из большого количества взаимосвязей и узлов. И аналитика такой информации позволяет производить анализ активности пользователей, их влияние на других участников сети и находить закономерности для рекомендательной политики, чтобы обеспечить приток новых пользователей и прибыль от рекламных предложений.

Задача рекомендательных сервисов – повысить уровень покупок и продаж, или же удовлетворенность клиентов, основываясь на их предпочтениях и предлагая подходящие товары и услуги, новый контент и т.д. Также они должны иметь возможность практически в реальном времени угадывать новые интересы в зависимости от посещения нового пользователя. Например, в качестве объектов можно взять сообщества, а для связей выбирается показатель, отображающий близость этих сообществ (например, количество общих участников). И наиболее сильными являются те сообщества, которые имеют больше совпадающих участников, и среди них можно продвигать услуги или товары в соответствии с интересами совпадающих групп.

Одной из проблем финансового сектора предприятий является совершение мошеннических операций. Мошенничество сложно выявить, но еще труднее его предотвратить, зачастую это преступление раскрывается спустя продолжительный промежуток времени. И применение графовых баз данных позволяет эффективно противодействовать этому преступлению, а одним из способов является поиск отклонений взаимосвязей, отражающих процесс перевода денежных средств, между узлами, которые являются учетными записями, местами приобретения и т.д. Например, когда человек, часто покупающий товары в одном регионе, внезапно совершает ночные покупки в другом регионе, отмечается как потенциальный мошенник.

И для таких операций выделяются определенные количественные переменные, включающие в себя: место совершения операции, время, сумму и количество покупок, при этом,



запоминая типичные действия пользователя, можно легко отследить отклонение его поведения и провести проверку. Или, если мошенник ранее совершал какие-либо действия, модель его поведения используется в дальнейшем в алгоритмах сходства, для предупреждения преступления. Также алгоритмы поиска путей и связей узлов могут указать на нестандартные взаимодействия и обнаружить посредников. Одним из видов мошенничества является отмывание денежных средств, и графовые методы помогают рассмотреть клиента и его взаимосвязи, чтобы оценить схожесть полученной модели с уже найденными моделями отмывания денег и предотвратить преступление.

С ростом информационных технологий растет и количество совершаемых кибератак, и компании стремятся обезопасить себя и данные пользователей, от которых зависит их популярность.

Общепринятый способ для поиска уязвимостей – это взгляд на проблему со стороны злоумышленников, но для этого необходимо привлечь квалифицированных специалистов, которые способны затратить большие усилия, чтобы смоделировать возможные атаки. И альтернативным вариантом является формирование графов кибератак, такие графовые модели представляют все вероятные пути атаки, в которых был произведен успешный взлом.

Графы кибератак используются для создания многоступенчатых возможностей взлома, где каждая возможность представляет собой цепочку используемых программных средств, которыми злоумышленник воздействует на систему. Графовые методы позволяют создать понимание существующих уязвимостей и способов обеспечить их безопасность.

Существует несколько форм моделей графовых атак. В одном случае, в графе, вершины представляют собой состояние системы, а взаимосвязи представляют программные коды, которые преобразуют систему в атакованное состояние, что является итогом успешной атаки. Это позволяет понимать, как уязвимости взаимодействуют с частями системы и друг с другом. Анализ таких взаимосвязей дает представление о том, как уязвимые места могут быть использованы со стороны злоумышленников и их вероятные пути атак, компании получают более полное представление об их информационной безопасности, и автоматическое проектирование графовых моделей ускоряет процесс поиска слабых мест.

Географические данные – это информация о географических местоположениях, которая хранится в определенном формате и может быть проанализирована таким образом, чтобы помочь деятельности организаций. У большинства компаний есть такие данные, как адреса клиентов, территории продаж и физическое присутствие на карте. Многие организации пытаются воспользоваться преимуществами своей географической информации, внедряя анализ местоположения и аналитические данные в свои приложения или сервисы. Как правило, это позволяет организациям принимать более эффективные решения и реагировать на запросы клиентов, снижать операционные расходы, повышая рентабельность инвестиций и создавая конкурентные преимущества.

Геоинформационные системы представляют собой обширную область для использования графовых баз данных, их применение в этой сфере рассматривает задачи поиска и расчета маршрутов между точками определенных объектов. Например, автомобильные и железнодорожные пути, представляющие собой логистические сети, к которым также относятся воздушные соединения, где главной задачей ставится нахождение всех необходимых точек в ограниченной области, поиск центра области и расчет пересечений между двумя и более областями.

Геоинформационные операции находятся в сильной зависимости от специфики структур данных, охватывающих диапазон от простых весовых и направленных взаимосвязей до пространственных индексов и отсутствия схем в графовых моделях данных. Геоинформационные данные могут храниться вместе с другими видами сетевых данных, например, данных из социальной сети, позволяя выполнять сложные многомерные запросы по нескольким прикладным областям. На текущий момент применение графовых моделей в геоинформационных приложениях актуально для области телекоммуникаций, логистики, путешествий, расписаний и планирования маршрутов [4].

Таким образом, оба типа баз данных предлагают пользователям преимущества, но выбор между графовой базой данных и реляционной базой данных сводится к тому, как будет использоваться база данных.

Дополнительный акцент графовых баз данных на связях помогает исследовать сложные наборы данных. Это может помочь специалистам по данным находить неожиданные связи между точками данных, что делает их лучшим выбором для случаев использования с большим количеством отношений. Общие варианты использования графовых баз данных включают социальные сети, механизмы обнаружения мошенничества и рекомендации. Отношения отображения также делают базы данных графов подходящими для визуализации данных.

Организации также могут извлечь выгоду из использования обоих типов баз данных. И базы данных графов, и реляционные базы данных отдают приоритет соединениям, но то, как структурированы эти отношения, дает преимущества или недостатки для разных приложений. Выбор между графовой базой данных и реляционной базой данных сводится к оценке потребностей каждого приложения.

#### **Список источников:**

1. Bruggen R. V. Learning Neo4j / R. V. Bruggen. – United Kingdom Livery Place: Birmingham B3 2PB, Published by Packt Publishing Ltd. 2014. – 222 p.
2. Harrison G. Next Generation Databases / G. Harrison – United States, CA, Published by Apress, 2015. – 244 p.
3. Робинсон Я. Графовые базы данных / Я. Робинсон, Д. Вебнер, Э. Эфрем. пер. с англ. Р. Н. Рагимова; науч. ред. А. Н. Киселев. – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 256 с.: ил.
4. Jordan. G. Practical Neo4j / G. Jordan – 1st ed. Edition, United Kingdom, Published by Apress, 2015. – 393 p.
5. Kemper. C. Beginning Neo4j / C. Kemper – United States 901 Grayson Street Suite 204 Berkely, CA, Published by Apress, 2015. – 162 p.
6. Плетнев А.А. Информационно-графовая модель динамических баз данных и ее применение // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. 2014. Т. 18. № 1. С. 111-140.
7. Осипов Д. Л. Технологии проектирования баз данных / Д. Л. Осипов. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 498 с.: ил.
8. Прамодкумар Дж. С., Фаулер М. NoSQL: новая методология разработки нереляционных баз данных / Дж. С. Прамодкумар, Фаулер М.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 192 с.
9. Редмонд Э. Семь баз данных за семь недель. Введение в современные базы данных и идеологию NoSQL / Э. Редмонд, пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 384 с.: ил.
10. Уорд Б. Инновации SQL Server 2019. Использование технологий больших данных и машинного обучения / Б. Уорд, пер. с англ. Желновой Н. Б. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 408 с.: ил.
11. Фрэнкс Б. Укрощение больших данных: как извлекать знания из массивов информации с помощью глубокой аналитики / Б. Фрэнкс; пер. с англ. Андрея Баранова. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 352 с.

## **ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ИТ-ОТРАСЛИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ**

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

Ключевые слова: импортозамещение, субститут, ИТ-отрасль.

В статье рассмотрен процесс импортозамещения в ИТ-отрасли и перспективы перехода на отечественное программное обеспечение, и их влияние на экономику страны и компаний, использующих зарубежное программное обеспечение. Проанализированы потенциальные субституты для эксплуатируемого на данный момент зарубежного программного обеспечения.

**V.M. Yakimov, L.N. Evdakova**

## **IMPORT SUBSTITUTION IN THE IT INDUSTRY AND ITS IMPACT ON THE COUNTRY'S ECONOMY**

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTISI SibGUTI), Russia

Keywords: import substitution, substitutes, IT industry.

The article considers the process of import substitution in the IT industry and the prospects for the transition to domestic software, and their impact on the economy of the country and companies using foreign software. Potential substitutes for currently used foreign software are analyzed.

В настоящее время вопрос об импортозамещении стоит очень остро. Это вызвано тяжелой политической ситуацией в мире. В результате беспрецедентных санкций, направленных против нашей страны большинство зарубежных компаний прекратили свою работу в России полностью или частично. Что в свою очередь негативно сказалось на доступности программного обеспечения (ПО) в стране. Поэтому отечественные компании были вынуждены искать субституты используемым ими программного обеспечения у российских разработчиков для безопасного продолжения своей работы.

Для ускорения и мотивации российских предприятий на внедрение отечественного ПО в замену импортного, государство вводит специальные льготы для компаний, пользующихся российскими решениями информационных технологий (ИТ). «Внедрение инноваций не должно нести больших издержек для бизнеса. Для этого начиная с 1 января 2023 года при покупке и внедрении именно отечественных решений, в том числе в сфере искусственного интеллекта, бизнес может воспользоваться налоговыми льготами и направить дополнительные средства на технологическое обновление, — сказал глава государства.» Он привел пример, когда при расчете налога на прибыль не будет учитываться сумма, в 1,5 раза превышающая фактические расходы компании на приобретение передовых российских разработок [1].

В связи с этим можно сказать, что те компании, которые решили перейти или будут переходить на отечественное программное обеспечение будут в выигрыше, по сравнению с теми, кто останется использовать импортное ПО. При этом экономическое состояние страны при переходе на отечественное ПО улучшится, поскольку на его разработку потребуются новые специалисты, а это означает появление большого количества рабочих мест для населения.

В России и до этого момента производились продукты-субституты, поэтому переход на них начал происходить и ранее. В таблице 1 приведены некоторые из зарубежных товаров и их российские аналоги [2].

Таблица 1 – Зарубежное ПО и его аналоги

N п/п	Категория	Наименование компании	Полное или частично приостановление деятельности в России (да/нет)	Наименование сервиса	Рекомендованные аналоги
1.	Социальные сети и мессенджеры	Meta	да	Facebook	Вконтакте (VK)
		Twitter	да	Twitter	
		ByteDance	да	TikTok	Одноклассники
		Meta	да	Instagram	
		Meta	да	Messenger	Yappy
		Meta	да	WhatsApp	
		Snap Inc.	да	Snapchat	Telegram
		Salesforce	да	Slack	ТамТам ЯRUS TenChat Мой Мир ICQ Frisbee
2.	Программы для организации видеоконференций и связи	Zoom Video Communications	нет	Zoom	Сферум
		Zello Inc.	да	Zello	Видеозвонки Mail.ru
		Cisco System Inc.	да	Webex	Видеовонки VK
		Discord Inc.	нет	Discord	
		Microsoft	да	Microsoft Teams Skype	Яндекс.Телемост Вебинар.ру TrueConf Jazz IVA AVES IVA AVES S IVA LARGO Вега-Ирида Vinteo
3.	Антивирусные программы	NortonLifeLock Inc.	да	Norton	Kaspersky
		Avast Software	да	Avast	Dr. Web
		McAfee	нет	McAfee	
4.	Редакторы документов	Alphabet	да	Google Документы Google Таблицы Google Презентации	Мой офис P7-Офис Яндекс 360
		Microsoft	да	Word Excel PowerPoint	
		Apple	да	Apple Keynote	
5.	Электронные почтовые сервисы	Alphabet	да	Gmail	Почта Mail.ru
		Microsoft	да	Outlook Hotmail	Мой Офис Почта
		Yahoo Inc.	нет	Yahoo! Mail	Яндекс.Почта
		Proton Technologies AG	да	ProtonMail	Tegu
6.	Сервисы онлайн-переводов	Alphabet	да	Google translate	Яндекс.Переводчик
		Microsoft	да	Bing	PROMT

Проанализировав данные из приведенной таблицы видно, что на российском рынке программного обеспечения имеется достаточно большое количество товаров-субститутов, которые способствуют эффективному импортозамещению в нашей стране.

При этом по таблице можно заметить, что достаточно большое количество иностранных компаний полностью или частично приостановили свою деятельность на территории России. Это

в свою очередь несет негативные последствия для компаний и простых граждан, использующих эти продукты. Поскольку это в некоторых случаях может привести к потере возможности удобной удаленной коммуникации между частями компаний, а также потенциальному риску безопасности, что может привести к большим финансовым потерям.

Существует особый вид программного обеспечения, который называется операционные системы (ОС), для которых создается остальное ПО. Существуют различные ОС, и они имеют свои достоинства и недостатки. Поэтому выбор ОС является ключевым моментом как для разработки ПО, так и для его выбора. Для анализа ситуации в этом сегменте рассмотрим следующий рисунок 1 [3].

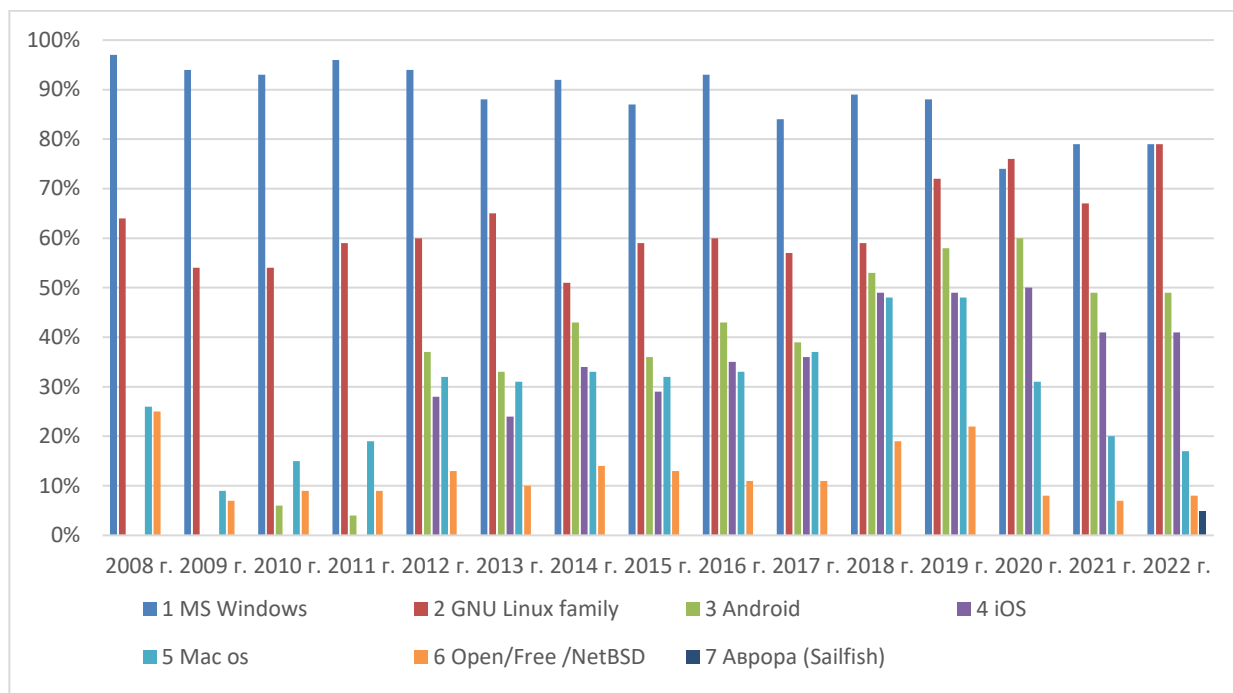


Рис. 1. Популярность ОС среди российских ИТ-компаний, % опрошенных компаний

Выделим из диаграммы несколько пунктов. Как можно видеть до 2019 года включительно доминирующей операционной системой среди российских компаний была MS Windows. Но начиная с 2020 года ее популярность начала падать и ее ближайшим конкурентом стали ОС семейства GNU Linux. Это является большим шагом в сторону отказа от импортной продукции. Поскольку MS Windows является собственностью компании Microsoft, которая прекратила свою деятельность на территории России. Помимо этого данная ОС является полностью закрытой, поэтому если в ней обнаруживается уязвимость безопасности, то ее нельзя починить самим, а поскольку разработчик этой ОС прекратил работу на территории России, то и официальной поддержки ожидать нельзя.

В свою очередь операционные системы семейства GNU Linux являются полностью открытыми. Это позволяет полностью подстраивать их под определенные нужды компании и нет необходимости быть зависимыми от иностранной компании, которая может прекратить свою работу на территории России. И одним из главных преимуществ этих ОС является отсутствие встроенной телеметрии. Это означает, что никакая внешняя компания не может собирать потенциально секретные данные прямо с систем пользователей.

Это позволяет производить более эффективный переход с импортной продукции, поскольку наличие стабильной и доверенной платформы для разработки будет привлекать больше разработчиков. А это значит, что будет образовываться стабильная экосистема отечественных продуктов, которые не зависят от зарубежного влияния.

Подводя итоги, можно сказать, что импортозамещение иностранного программного обеспечения отечественным будет положительным образом сказываться на экономическое положение, как и компаний, принявших отечественное ПО на службу, так и для страны в целом,

создав дополнительные рабочие места. Помимо этого, страна идет по пути замены большинства импортного ПО на отечественное, поскольку имеются тренды отказа от иностранных разработок и их последующая замена на открытое ил отечественное ПО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1.Налоговые льготы для ИТ-компаний в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php/> Статья: Налоговые льготы для ИТ-компаний в России
- 2.МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПИСЬМО от 1 апреля 2022 года N МШ-П8-1-070-14732. Об импортозамещении цифровых решений в органах управления Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/350251231?section=text>
- 3.Интерес российских разработчиков ПО к продуктам Microsoft продолжает снижаться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russoft.org/news/interes-rossijskih-razrabotchikov-po-k-produktam-microsoft-prodolzhaet-snizhatsya/>

## AGILE КАК КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия

**Ключевые слова:** гибкая методология, высшее образование, цифровая экономика, цифровой университет, бережливое образование, agile-образование.

В статье рассматриваются основные подходы к реализации проекта «Цифровой университет», развивающегося в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». На основании обзора литературы и предложенных ведущими ВУЗами подходов, авторами проведен анализ принципов, используемых при реализации проекта «Цифровой университет». В ходе анализа были упомянуты философии Agile и Lean, попытки внедрения которых в образование предпринимаются учебными заведениями во всем мире.

K.I. Bragin, D.M. Saburov, L.N. Evdakova

## AGILE AS A CONCEPT IN DEVELOPMENT OF HIGHER EDUCATION

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) of the Siberian State University of Telecommunications and Informatics in Yekaterinburg (UrTICI SibSUTIS), Russia

**Keywords:** agile, higher education, digital economy, digital university, lean education, agile teaching.

**Annotation:** The article discusses the main approaches to the implementation of the «Digital University» project, which is developing within the framework of the national program called Digital Economy of the Russian Federation. Based on a literature review and approaches, proposed by leading universities, the authors analyzed the principles used in the implementation of the «Digital University» project. During the analysis, Agile and Lean philosophies were mentioned, attempts to introduce which into education are being made by universities around the world.

Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» определила направления развития жизненных сфер общества в период цифровой трансформации, что повлияло на возникновение новых проектов, сервисов и платформ. Проект «Цифровой университет» [1], предполагает цифровое преобразование деятельности ВУЗа, касающееся жизни студентов и преподавателей. В цифровую эпоху, учебные заведения, разрабатывающие новые стратегии в образовании и идущие в ногу со временем, имеют преимущество перед другими. Аналогичная тенденция уже давно наблюдается и в зарубежных странах, где приобрели популярность концепции: «умный университет» (англ. «smart university»), виртуальный университет (англ. «virtual university»), сетевой университет (англ. «network university»).

Стоит отметить, что на момент публикации статьи феномен цифрового университета приобретает популярность, при этом отсутствует единое понимание самого термина и его наполнения [2]. Авторы видят схожесть принципов построения цифрового университета с одной из философий IT-индустрии - Agile (с англ. «гибкие методологии»). В зарубежных и отечественных источниках уже упоминалось применение данной философии в образовании.

**Цель статьи:** проанализировать и сравнить концепции цифрового университета, а также гибкого/бережливого образования, выявить сильные и слабые стороны, перспективы развития образования.

Для цифровой экономики необходимы квалифицированные кадры, и это отмечено и в документации национальной программы. Реализация ФГОС ВО 3++ начата в 2018 году, в то

время как развитию цифровой экономики, официально, дали зеленый свет летом 2019 года. Образование должно динамически подстраиваться под тенденции развития цивилизации, учитывая, что эти тенденции прописаны государством в национальных программах. Остается надеяться на скорое утверждение и внедрение ФГОС ВО 4, с учетом требований программы. Обратить внимание стоит и на сроки развития федеральных стандартов, образованию недостает гибкости по причине скорости реакции и разработки ответов на мировые вызовы. Ряд исследователей утверждают, что ВУЗам следует предоставить полномочия (автономию) разрабатывать собственные (частные) надстройки к государственным стандартам.

Коррективы в реализацию национальной программы внесла пандемия 2020 года. В докладе о влиянии пандемии на ВУЗы исследователи рабочей группы [3] отмечали, что многие учебные заведения были не готовы к переходу на дистанционный формат обучения. Большинство ВУЗов действовало в «экстремальных» условиях, в кратчайшие сроки создавая цифровую среду для студентов и преподавателей.

Для полноценного перехода образования в цифровую среду Министерством науки и высшего образования Российской Федерации разработан проект «Цифровой университет» [4], предназначение которого - создание и развитие цифровых сервисов в сфере высшего образования с целью удовлетворения потребностей всех участников образовательного процесса.

В период с 2019 по 2021 года ведущие российские ВУЗы выдвигали собственные версии реализации проекта «Цифровой университет». К примеру, основными принципами, которые можно выделить в проекте ВШЭ, стали свобода выбора для студентов, удобство организации учебного процесса для преподавателей и внедрение электронного документооборота для сотрудников [5].

Представители Уральского Федерального Университета (УрФУ) также сформировали видение того, каким должен быть «Цифровой университет». Одной из ключевых особенностей стало создание платформы для привлечения партнеров, готовых развивать цифровую среду. Любая компания может подавать заявку на сотрудничество с УрФУ, чтобы привлечь студентов к разработке продуктов еще во время обучения в ВУЗе. Согласно отчету УрФУ, на начало сентября 2022 года более 1000 студентов заинтересовались в получении дополнительной специальности в ходе проекта «Цифровая кафедра» [6]. В Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ) тоже ведется работа над цифровизацией образовательной среды. СибГУТИ входит в «Центр компетенций по цифровизации образовательных организаций», в котором состоят учреждения, подведомственные Министерству цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. В первой половине 2021 года в СибГУТИ открыт «Киберполигон» – площадка для обучения и тренировки специалистов по ключевым направлениям национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Планируется апробация проекта департамента цифровой аналитики при совместной работе с Министерством обороны РФ, основными изучаемыми дисциплинами программы станут технологии искусственного интеллекта, логистики, программное обеспечение организаций и управления сложными структурами, исследования цифровой среды, технологии 5G и другие. Эти проекты уникальны, но самостоятельны, СибГУТИ необходима полноценная стратегия, для создания единой концепции.

Авторы считают, что внимание следует уделить уникальной части «Цифрового университета» — это формирование гибких компетенций, которые адаптируются под изменения в цифровой индустрии. Подтверждение мнению можно найти в проекте реализации «Цифрового университета» от УрФУ [7]. Динамическая модель компетенций направлена на формирование необходимых цифровых компетенций, которые востребованы на рынке труда. Это изменение должно стать ведущим драйвером полноценного перехода образования к модели цифровой экономики, так как позволит снизить количество невостребованных специалистов и справиться с кадровым голодом во множестве отраслей современной промышленности и экономики.

Однако, на данный момент не существует общего подхода к реализации и наполнению проекта «Цифровой университет». Ключевые принципы, сформированные Минобрнауки и закрепленные ВШЭ и УрФУ, сохраняются — это создание единой цифровой среды и удовлетворение потребностей всех участников процесса образования. Но стоит также отметить



то, что создание проекта «Цифровой университет» должно привести к появлению в России цифровой образовательной среды, в которой будут сосуществовать и сотрудничать друг с другом не только ВУЗы, но и представители цифровой отрасли.

Проблемой, связанной с переходом образования в цифровую среду, считается отсутствие методологии и прецедентов в Российской образовательной системе. Однако, когда речь идет о цифровизации, есть возможность обратиться к уже существующим в IT-индустрии методологиям развития и разработки. Некоторые из принципов, заложенных в основу концепций «Цифрового университета», частично или полностью пересекаются с двумя методологиями, популярными в IT - Agile и Lean. По мнению авторов, следование этим методологиям и лежит в основе перехода к общей цифровой образовательной среде и развитию проекта «Цифровой университет».

13 февраля 2001 года, на встрече передовых IT-специалистов, представителей различных концепций разработки программного обеспечения, был опубликован Agile-манифест. Манифест гибкой разработки программного обеспечения (англ. Agile Manifesto), содержит в себе описание ценностей и принципов гибкой разработки ПО [8]. Интерес представляют четыре ценности:

- люди и их взаимодействие важнее процессов и инструментов;
- работающий продукт важнее исчерпывающей документации;
- сотрудничество с заказчиком важнее согласования условий контракта;
- готовность к изменениям важнее, чем следование плану.

Помимо ценностей, в манифесте есть также 12 принципов, уточняющих и дополняющих ценности.

Agile уже давно перестала быть философией (методологией) IT-отрасли, ведь в неё заложены понятные ценности, что допускает использование и в других отраслях.

У авторов возник вопрос - что, если ценности и принципы философии Agile перенести в образование? Прежде всего, это позволяет уйти от концепции образования, как услуги, о которой прошли дискуссии на самых различных уровнях. 14 июля 2022 года подписан Федеральный закон № 295-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», в соответствии с которым термин «услуги» из закона исключён [9]. Таким образом, образование становится государственной ценностью. Аналогично, суть гибкой методологии - не оказание услуги по разработке ПО, а процесс, система, со установленными ценностями и принципами.

Исследования по совмещению образования и Agile уже проводились. В зарубежных источниках, пионером в этой области считается Chun, A. H. W, опубликовавший свой труд еще в 2004 году [10], однако, активное обсуждение данной темы другими исследователями вернулось лишь спустя десять лет. Среди Российских исследований примечательна статья к.э.н. Бабаева А.Б «Agile-образование», 2016 г [11], и, позднее, Манокина М.А. и др. «Методология Agile в образовательной среде» [12], объемный труд, вместивший в себя не только понятие «Гибкого образования» (англ. ATLM, Agile teaching/learning manifesto), но и «Экстремальной педагогики» (англ. XP, Extreme Pedagogy).

В зарубежных источниках также приобретает популярность еще одна философия - «Бережливое производство» (англ. Lean production/manufacturing), которую тоже успели примерить к образованию, назвав «Бережливым образованием» (англ. Lean Higher Education, ранее Lean Thinking) [13], её развитие идет параллельно с гибким образованием. В Центральном Университете Оклахомы даже приняли концепцию «Lean Thinking», после чего преобразован в «Lean University. Причины были разными, в частности: сокращение бюджета, неудовлетворенность работой сотрудников, низкий уровень производительности, устаревший административный процесс.

Если говорить о принципиальной разнице этих двух концепций, указанных ранее, то следует описать ключевые отличия. Agile предполагает гибкость, адаптируемость к постоянно изменяющимся условиям, при сохранении основного ресурса - людей. Lean использует системный подход в решении задач, призван предотвратить накопление работы и определить ценности, которые она приносит, что также призвано спасти сотрудников и участников процесса от выгорания.

Иногда Lean считают инструментом Agile, но это принципиально неверно. Перечисленные концепции не противопоставляются друг другу и могут использоваться совместно. При этом,

есть как общие черты, так и различия. В основе Agile чаще всего команда, партнеры, заказчик, менеджмент, в то время как Lean требует уважения к людям, сотрудникам в целом.

Выше уже упоминалось, что некоторые из принципов, описанных в концепциях «Цифрового университета», частично или полностью пересекаются с Agile и Lean. Так, тесное взаимодействие с заказчиком следует трактовать как «взаимодействие с рынком труда», так как в сфере образования одним из основных заказчиков выступает государство и экономика, которым нужны квалифицированные кадры. Внедрение динамической модели компетенций может стать тем самым связующим звеном между «заказчиком» - рынком труда и «исполнителем» - системой образования. Ориентация на людей, - еще один из ключевых принципов Agile, который прослеживается в концепциях «Цифрового университета» в виде ориентации на сотрудников и студентов ВУЗов и удовлетворения высших потребностей, как участников образовательного процесса. Введение электронного документооборота и снижение влияния бюрократических отношений на участников процесса - прямое следование философии Lean, позволяющее сосредоточить внимание на важных вещах, и в первую очередь, сохранить правильное и здоровое взаимодействие с людьми.

В конечном итоге, именно люди при поддержке лидеров, выбравших правильную траекторию движения к цели, способны приносить ценность, которая сегодня так необходима нашей экономике, в том числе и образованию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кузина, Г. П. Концепция цифровой трансформации классического университета в "цифровой университет" / Г. П. Кузина // E-Management. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 89-96.
2. Банных, Г. А. Цифровой университет: подходы к концептуализации понятия / Г. А. Банных, С. Н. Костина // Образование и наука. – 2022. – Т. 24. – № 10. – С. 10-32.
3. УРОКИ «СТРЕСС-ТЕСТА» вузы в условиях пандемии и после нее // Аналитический доклад с сайта ВШЭ [Электронный документ] – Режим доступа: [https://www.hse.ru/data/2020/07/06/1595281277/003\\_Доклад.pdf](https://www.hse.ru/data/2020/07/06/1595281277/003_Доклад.pdf) (дата обращения: 12.01.2023).
4. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования // Документы. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT\\_ID=36749](https://www.minobrnauki.gov.ru/documents/?ELEMENT_ID=36749) (дата обращения: 12.01.2023)
5. Цифровой блок НИУ ВШЭ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://it.hse.ru/#university> (дата обращения: 13.01.2023)
6. Уже 1101 заявка подана на обучение по программам «Цифровой кафедры» // Уральский федеральный университет [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://urfu.ru/ru/news/43528/> (дата обращения: 13.01.2023)
7. Модель цифрового университета: компетенции цифровой экономики // Уральский федеральный университет [Электронный документ] – Режим доступа: [https://urfu.ru/fileadmin/user\\_upload/common\\_files/about/digital/pres/ENkonomika\\_Sozykin.pdf](https://urfu.ru/fileadmin/user_upload/common_files/about/digital/pres/ENkonomika_Sozykin.pdf) (дата обращения: 13.01.2023)
8. Agile Manifesto for Software Development // Agile Alliance [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.agilealliance.org/agile101/the-agile-manifesto/> (дата обращения: 14.01.2023)
9. Федеральный закон от 14.07.2022 N 295-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" // Опубликован 14.07.2022 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>
10. Chun, A.H.W. The Agile Teaching/Learning Methodology and Its e-Learning Platform. In: Liu, W., Shi, Y., Li, Q. (eds) Advances in Web-Based Learning – ICWL 2004. -Beijin, China, August 8-11, 2004. -с. 11-18.
11. Бабаев, А. Б. Agile - образование / А. Б. Бабаев // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. – 2016. – № 1. – С. 10-11.
12. Манокин, М. А. Методология Agile в образовательной среде / М. А. Манокин, А. Р. Ожегова, Е. А. Шенкман // Университетское управление: практика и анализ. – 2018. – Т. 22. – № 4(116). – С. 83-96.

13. A review and perspective on Lean in higher education / W.K. Balzer, D.E. Francis, T.C. Krehbiel, N. Shea // Quality Assurance in Education, 24-4: электронный журнал. – URL: [leanhighereducation.com/\\_files/ugd/f5359d\\_1b37b5122b904887993b0871545d3afb.pdf](http://leanhighereducation.com/_files/ugd/f5359d_1b37b5122b904887993b0871545d3afb.pdf). – Дата публикации: 2016.

## АВТОРЫ СТАТЕЙ AUTHORS OF ARTICLES

- АЖИБЕКОВА** преподаватель Ошского государственного университета  
Аида Ташмурзаевна (ОшГУ), г. Ош, Кыргызская Республика, [aida@mail.ru](mailto:aida@mail.ru)
- АЗАНОВ** студент Уральского технического института связи и  
Игорь Вениаминович информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г.  
Екатеринбург, Россия, [79527424420@mail.ru](mailto:79527424420@mail.ru)
- АРЕФЬЕВА** курсант Уральского института Государственной  
Елизавета Алексеевна противопожарной службы  
Министерства Российской Федерации по делам гражданской  
обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации  
последствий стихийных бедствий, г. Екатеринбург, Россия,  
[arefyeva2001@mail.ru](mailto:arefyeva2001@mail.ru)
- АРТЕМЬЕВ** магистрант Уральского технического института связи и  
Павел Игоревич информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г.  
Екатеринбург, Россия, [piartemev@gmail.com](mailto:piartemev@gmail.com)
- АНИКЕЕВА** старший преподаватель Сибирского государственного  
Александра Евгеньевна университета телекоммуникаций и информатики  
(СибГУТИ), г. Новосибирск, Россия, [anikeeva-sasha@mail.ru](mailto:anikeeva-sasha@mail.ru)
- АНИКЕЕВА** кандидат экономических наук, доцент кафедры  
Мария Евгеньевна Бухгалтерского учета, анализа и аудита АНОО ВО  
Центросоюза РФ «Сибирский университет потребительской  
кооперации» г. Новосибирск, Россия, [anikeeva-masha@mail.ru](mailto:anikeeva-masha@mail.ru)
- БАЗАРБАЕВА** докторант Евразийского национального университета им.  
Айгерим Нурланкызы Л. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан,  
[Aigerim\\_kerimai@mail.ru](mailto:Aigerim_kerimai@mail.ru)
- БАЗАРБЕКОВА** докторант Евразийского национального университета им.  
Айжан Л. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан,  
[zhanchik1979@mail.ru](mailto:zhanchik1979@mail.ru)
- БАИМОВ** студент ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный  
Роман Ирекович университет (Национальный исследовательский  
университет)» (ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ)), г. Челябинск,  
Россия, [baimov.roman@internet.ru](mailto:baimov.roman@internet.ru)
- БАРАНОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры  
Сергей Анатольевич инфокоммуникационных технологий и мобильной связи  
Уральского технического института связи и информатики  
(филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный  
университет телекоммуникаций и информатики» в г.  
Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [oda@urtisi.ru](mailto:oda@urtisi.ru)
- БАРБИН** доктор технических наук, профессор кафедры высшей  
Николай Михайлович математики и физики Уральского технического института  
связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ),  
Россия, [nmbarbin@mail.ru](mailto:nmbarbin@mail.ru)
- БЕЛОНОГОВ** студент Уральского технического института связи и  
Михаил Олегович информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский

- государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбург (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [bmo@urtisi.ru](mailto:bmo@urtisi.ru)
- БУДЫЛДИНА** Надежда Вениаминовна кандидат технических наук, доцент кафедры инфокоммуникационных технологий и мобильной связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбург (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [bnv@urtisi.ru](mailto:bnv@urtisi.ru)
- БРАГИН** Кирилл Игоревич старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий и мобильной связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбург (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [braga.k.urtisi@gmail.com](mailto:braga.k.urtisi@gmail.com)
- БУГРОВ** Антон Сергеевич кандидат педагогических наук, руководитель физического воспитания Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбург (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [bugrant2@gmail.com](mailto:bugrant2@gmail.com)
- БУРУМБАЕВ** Даниль Ильмирович аспирант Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбург (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [bdi@urtisi.ru](mailto:bdi@urtisi.ru)
- ВЕРЛИКОВ** Никита Владимирович студент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ), г. Санкт-Петербург, Россия, [verlikov@internet.ru](mailto:verlikov@internet.ru)
- ВОЛКОВА** Татьяна Ивановна доктор экономических наук, заведующая сектором институциональной экономики ФГБНУ «Институт экономики Уральского отделения РАН» (ИЭ УрО РАН), г. Екатеринбург, Россия, [volkova.ti@uiec.ru](mailto:volkova.ti@uiec.ru)
- ГЛАЗЫРИН** Евгений Владимирович студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбург (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [rp-worlando@ya.ru](mailto:rp-worlando@ya.ru)
- ГЛЕБЕЦ** Алексей Леонидович студент ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ)), г. Челябинск, Россия, [a.glebets@yandex.ru](mailto:a.glebets@yandex.ru)
- ГНИЛОМЁДОВ** Ефим Иванович доцент кафедры многоканальной электросвязи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбург (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [mec@urtisi.ru](mailto:mec@urtisi.ru)
- ГОЛОВЛЕВ** Максим Олегович студент ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ)), г. Челябинск, Россия, [golowlev.maksim@yandex.ru](mailto:golowlev.maksim@yandex.ru)

- ГОРЛОВ** доктор технических наук, профессор кафедры Фотоники в телекоммуникациях ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ), г. Новосибирск, Россия, [gorlovnik@yandex.ru](mailto:gorlovnik@yandex.ru)
- Николай Ильич**
- ЕВДАКОВА** кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономики связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [evdakoval@mail.ru](mailto:evdakoval@mail.ru)
- Лилия Николаевна**
- ЖЕЛЯБОВСКИЙ** студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [Drago20171@gmail.com](mailto:Drago20171@gmail.com)
- Никита Денисович**
- КАЗАМБАЕВ** докторант Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан, [lalita17021996@gmail.com](mailto:lalita17021996@gmail.com)
- Ильяс Маратулы**
- КАЙГОРОДОВ** магистрант Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [a.k.e.-98@mail.ru](mailto:a.k.e.-98@mail.ru)
- Алексей Евгеньевич**
- КВИТКОВА** старший преподаватель кафедры Инфокоммуникационных систем и сетей ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ), г. Новосибирск, Россия, [irin.creme@yandex.ru](mailto:irin.creme@yandex.ru)
- Ирина Геннадьевна**
- КИРЕЕВ** магистрант Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов – на – Дону, Россия, [termit.2929@mail.ru](mailto:termit.2929@mail.ru)
- Вадим Александрович**
- КИРИЧЕНКО** докторант Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан, [lalita17021996@gmail.com](mailto:lalita17021996@gmail.com)
- Лалита Николаевна**
- КИСЛИЦЫН** кандидат экономических наук, доцент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [kev@usue.ru](mailto:kev@usue.ru)
- Евгений Витальевич**
- КОБЕЛЕВ** кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем и противопожарной защиты Уральского института ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Россия, [antonkobelev85@mail.ru](mailto:antonkobelev85@mail.ru)
- Антон Михайлович**
- КОРОБИЦЫН** магистрант Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [kiv@urtisi.ru](mailto:kiv@urtisi.ru)
- Иван Владимирович**
- КУАНЫШЕВ** кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики и физики Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет

- телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [kvt@urtisi.ru](mailto:kvt@urtisi.ru)
- КУБАЛОВА** кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ), г. Санкт-Петербург, Россия, [kubalovaap@mail.ru](mailto:kubalovaap@mail.ru)  
Анна Рудольфовна
- КУРАКИНА** студентка Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [acurackina@yandex.ru](mailto:acurackina@yandex.ru)  
Анна Владиславовна
- КУРБАНОВ** студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [kurbanov.ra@urtisi.ru](mailto:kurbanov.ra@urtisi.ru)  
Роман Андреевич
- КУСАЙКИН** кандидат технических наук, доцент кафедры многоканальной электрической связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [kdv@urtisi.ru](mailto:kdv@urtisi.ru)  
Дмитрий Вячеславович
- ЛОБУНЕЦ** доктор технических наук, профессор кафедры инфокоммуникационных технологий и мобильной связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [lod@urtisi.ru](mailto:lod@urtisi.ru)  
Олег Дементьевич
- МАМОЙЛЕНКО** доктор технических наук, профессор Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [msn@sibsutis.ru](mailto:msn@sibsutis.ru)  
Сергей Николаевич
- МЕХТИЕВ** кандидат технических наук, ассоциированный профессор Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан, [lalita17021996@gmail.com](mailto:lalita17021996@gmail.com)  
Али Джаванширович
- МОГИЛЬНИКОВ** заместитель декана по внеучебной и воспитательной работе ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [YuMogilnikov@usurt.ru](mailto:YuMogilnikov@usurt.ru)  
Юрий Валерьевич
- НАЙДЕНОВА** студентка Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов – на -Дону, Россия, [alicefoxmur@mail.ru](mailto:alicefoxmur@mail.ru)  
Юлия Игоревна
- НИКИТИН** магистрант Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [Biveralexey@yandex.ru](mailto:Biveralexey@yandex.ru)  
Алексей Степанович
- НИКИТИН** кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории ФГУП НИИР-ЛОНИИР Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ), г. Санкт-Петербург, Россия, [yuriyan@list.ru](mailto:yuriyan@list.ru)  
Юрий Александрович



- НОВОКШЕНОВА** кандидат педагогических наук, доцент кафедры экономики  
Римма Григорьевна связи Уральского технического института связи и  
информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ),  
Россия, [nrg@urtisi.ru](mailto:nrg@urtisi.ru)
- ОСИПОВА** кандидат технических наук, доцент кафедры  
Ирина Александровна информационных систем и технологий Уральского  
технического института связи и информатики (филиала)  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [oiu@urtisi.ru](mailto:oiu@urtisi.ru)
- ПЕТРОВ** студент Уральского технического института связи и  
Аркадий Сергеевич информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ),  
Россия, [pietrov\\_arkadii@mail.ru](mailto:pietrov_arkadii@mail.ru)
- ПЛЕХАНОВ** преподаватель кафедры инфокоммуникационных  
Савелий Михайлович технологий и мобильной связи Уральского технического  
института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО  
«Сибирский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия,  
[saveli3898@gmail.com](mailto:saveli3898@gmail.com)
- ПЛОТНИКОВ** студент ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
Даниил Сергеевич университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург,  
Россия, [daniilrew@gmail.com](mailto:daniilrew@gmail.com)
- ПОТАПОВ** студент Уральского технического института связи и  
Николай Сергеевич информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г.  
Екатеринбург, Россия, [futep@mail.ru](mailto:futep@mail.ru)
- РАГОЗИН** кандидат технических наук, доцент ФГАОУ ВО «Южно-  
Андрей Николаевич Уральский государственный университет (Национальный  
исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО ЮУрГУ  
(НИУ)), г. Челябинск, Россия, [ragozinan@susu.ru](mailto:ragozinan@susu.ru)
- РОМАНОВ** ассистент, аспирант Донского государственного  
Артём Максимович технического университета (ДГТУ), г. Ростов – на – Дону,  
Россия, [artem.romanof2011@yandex.ru](mailto:artem.romanof2011@yandex.ru)
- РОЩИНА** кандидат экономических наук, доцент Донского  
Евгения Валерьевна государственного технического университета (ДГТУ), г.  
Ростов – на – Дону, Россия, [ev\\_roschina@mail.ru](mailto:ev_roschina@mail.ru)
- САБУРОВ** преподаватель кафедры информационных систем и  
Данил Михайлович технологий Уральского технического института связи и  
информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный университет телекоммуникаций и  
информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ),  
Россия, [saburov.dm.12@gmail.com](mailto:saburov.dm.12@gmail.com)
- САЛИФОВ** кандидат технических наук, доцент кафедры  
Ильнур Ильдарович многоканальной электросвязи Уральского технического  
института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО  
«Сибирский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге  
(УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [mec@urtisi.ru](mailto:mec@urtisi.ru)



- САЙПИДИНОВ** кандидат экономических наук, доцент Ошского государственного университета (ОшГУ), г. Ош, Кыргызская Республика, [Diplomats33@gmail.com](mailto:Diplomats33@gmail.com)  
Илхам Махамадисаевич
- САФАРЬЯН** кандидат технических наук, доцент Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов – на - Дону, Россия, [safari\\_2006@mail.ru](mailto:safari_2006@mail.ru)  
Ольга Александровна
- СВАЛУХИН** аспирант Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [skv@urtisi.ru](mailto:skv@urtisi.ru)  
Константин Владимирович
- СЕМЧУК** магистрант Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [ski@urtisi.ru](mailto:ski@urtisi.ru)  
Константин Иванович
- СУХИХ** кандидат философских наук, доцент кафедры экономики связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [suxex@ya.ru](mailto:suxex@ya.ru)  
Никита Иванович
- ТАКШЕЕВ** магистрант Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [taksheev.kri@yandex.ru](mailto:taksheev.kri@yandex.ru)  
Кирилл Александрович
- ТАРАСОВ** доцент кафедры инфокоммуникационных технологий и мобильной связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [tes@urtisi.ru](mailto:tes@urtisi.ru)  
Евгений Сергеевич
- ТИТОВ** научный сотрудник научно-исследовательского отделения учебно-научного комплекса пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Уральского института ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Россия, [tsa-nhl@mail.ru](mailto:tsa-nhl@mail.ru)  
Станислав Андреевич
- ТУПИЦЫН** студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [kaillytop@gmail.com](mailto:kaillytop@gmail.com)  
Константин Михайлович
- ТЫЧИНКИН** студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [tychinkins@gmail.com](mailto:tychinkins@gmail.com)  
Сергей Алексеевич
- ФАСТОВ** системный инженер Уральского центра систем безопасности, г. Екатеринбург, Россия, [fastov-2000@mail.ru](mailto:fastov-2000@mail.ru)  
Даниил Алексеевич
- ФАТКУЛЛИН** студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [fatkullyn@mail.ru](mailto:fatkullyn@mail.ru)  
Руслан Владиславович

- информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [buddhaeye13@gmail.com](mailto:buddhaeye13@gmail.com)
- ЧЕРКЕСОВА**  
Лариса Владимировна доктор физико-математических наук, профессор Донского государственного технического университета (ДГТУ), г. Ростов – на - Дону, Россия, [chia2002@inbox.ru](mailto:chia2002@inbox.ru)
- ШАРОВ**  
Матвей Вячеславович студент ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), г. Екатеринбург, Россия, [daniilrew@gmail.com](mailto:daniilrew@gmail.com)
- ШЕСТАКОВ**  
Иван Игоревич старший преподаватель кафедры многоканальной электросвязи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [ivansche2007@rambler.ru](mailto:ivansche2007@rambler.ru)
- ШМАКОВ**  
Даниил Андреевич студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [shmakovdaniil061@gmail.com](mailto:shmakovdaniil061@gmail.com)
- ШУВАЛОВ**  
Вячеслав Петрович доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Новосибирск, Россия, [shvp04@mail.ru](mailto:shvp04@mail.ru)
- ЮРЧЕНКО**  
Евгения Владимировна старший преподаватель кафедры многоканальной электрической связи Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), г. Екатеринбург, Россия, [jena23@mail.ru](mailto:jena23@mail.ru)
- ЯКИМОВ**  
Владимир Михайлович студент Уральского технического института связи и информатики (филиала) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ), Россия, [v02y@mail.ru](mailto:v02y@mail.ru)

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ  
THE AUTHOR'S INDEX**

Ажибекова А.Т.	<b>184</b>	Никитин А.С.	<b>82</b>
Азанов И.В.	<b>7</b>	Никитин Ю.А.	<b>52,57</b>
Арефьева Е.А.	<b>11</b>	Новокшенова Р.Г.	<b>177</b>
Артемьев П.И.	<b>105</b>	Осипова И.А.	<b>105,112</b>
Аникеева А.Е.	<b>149</b>	Петров А.С.	<b>129</b>
Аникеева М.Е.	<b>149</b>	Плеханов С.М.	<b>181</b>
Базарбаева А.Н.	<b>109</b>	Плотников Д.С.	<b>62</b>
Базарбекова А.	<b>109</b>	Потапов Н.С.	<b>67</b>
Баимов Р.И.	<b>72</b>	Рагозин А.Н.	<b>29,72</b>
Баранов С.А.	<b>7</b>	Романов А.М.	<b>133</b>
Барбин Н.М.	<b>16</b>	Рощина Е.В.	<b>139</b>
Белоногов М.О.	<b>155</b>	Сабуров Д.М.	<b>215</b>
Будылдина Н.В.	<b>82,101,121</b>	Салифов И.И.	<b>78</b>
Брагин К.И.	<b>88,215</b>	Сайпидинов И.М.	<b>184</b>
Бугров А.С.	<b>158</b>	Сафарьян О.А.	<b>126,133</b>
Бурумбаев Д.И.	<b>16,155</b>	Свалухин К.В.	<b>145</b>
Верликов Н.В.	<b>20</b>	Семчук К.И.	<b>78</b>
Волкова Т.И.	<b>161</b>	Сухих Н.И.	<b>189</b>
Глазырин Е.В.	<b>25</b>	Такшеев К.А.	<b>192</b>
Глебец А.Л.	<b>29</b>	Тарасов Е.С.	<b>82</b>
Гниломёдов Е.И.	<b>164</b>	Титов С.А.	<b>11</b>
Головлев М.О.	<b>29</b>	Тупицын К.М.	<b>196</b>
Горлов Н.И.	<b>35,40,46</b>	Тычинкин С.А.	<b>88,200</b>
Евдакова Л.Н.	<b>169,174,181,192,196, 200,203,206,211,215</b>	Фастов Д.А.	<b>82</b>
Желябовский Н.Д.	<b>169</b>	Фаткуллин Р.В.	<b>206</b>
Казамбаев И.М.	<b>116</b>	Черкесова Л.В.	<b>133</b>
Кайгородов А.Е.	<b>112</b>	Шаров М.В.	<b>62</b>
Квиткова И.Г.	<b>97</b>	Шестаков И.И.	<b>67,78,92</b>
Киреев В.А.	<b>139</b>	Шмаков Д.А.	<b>203</b>
Кириченко Л.Н.	<b>116</b>	Шувалов В.П.	<b>97</b>
Кислицын Е.В.	<b>129</b>	Юрченко Е.В.	<b>101,121</b>
Кобелев А.М.	<b>11</b>	Якимов В.М.	<b>211</b>
Коробицын И.В.	<b>121</b>		
Куанышев В.Т.	<b>16</b>		
Кубалова А.Р.	<b>20</b>		
Куракина А.В.	<b>174</b>		
Курбанов Р.А.	<b>155</b>		
Кусайкин Д.В.	<b>25</b>		
Лобунец О.Д.	<b>50</b>		
Мамойленко С.Н.	<b>145</b>		
Мехтиев А.Д.	<b>116</b>		
Могильников Ю.В.	<b>62</b>		
Найденова Ю.И.	<b>126</b>		

