СПбГУТ)))

всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В МАГИСТРАТУРЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

ПКМ 2024

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Санкт-Петербург
2025

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)
ИНСТИТУТ МАГИСТРАТУРЫ

**V ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МАГИСТРАНТОВ И ИХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ**

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В МАГИСТРАТУРЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ (ПКМ-2024)

3 декабря – 5 декабря 2024 года

Материалы конференции

Санкт-Петербург

2025

УДК 621.39:004
ББК 32.74

Подготовка профессиональных кадров в магистратуре в эпоху цифровой трансформации (ПКМ-2024). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; материалы конф. / Под ред. А. Н. Бучатского; сост. И. Е. Скалецкая. СПб.: СПбГУТ., 2025. – 741 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

Киричек Р. В. – доктор технических наук, профессор, ректор СПбГУТ

Заместители председателя

Рабин А. В. – доктор технических наук, доцент, и.о. проректора по научной работе СПбГУТ

Бучатский А. Н. – кандидат технических наук, директор института магистратуры СПбГУТ

Ответственный секретарь

Громова Н. Н. – кандидат экономических наук, и.о. начальника управления организации научной работы и подготовки научных кадров СПбГУТ, руководитель группы планирования научных исследований и аналитики

Члены программного комитета

Владыко А. Г. – кандидат технических наук, доцент, декан факультета радиоэлектронных систем и робототехники СПбГУТ

Елагин В. С. – кандидат технических наук, доцент, и.о. декана факультета инфокоммуникационных сетей и систем СПбГУТ

Зикратов И. А. – доктор технических наук, профессор, декан факультета кибербезопасности СПбГУТ

Литвинов В. Л. – кандидат технических наук, доцент, и.о. декана факультета информационных технологий и программной инженерии СПбГУТ

Шутман Д. В. – кандидат политических наук, доцент, декан факультета социальных технологий и экономики данных СПбГУТ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель

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

Заместители председателя

Ивасишин С. И. – директор департамента организации и качества образовательной деятельности СПбГУТ

Ответственный секретарь

Скалецкая И. Е. – кандидат технических наук, заместитель директора института магистратуры по научной работе СПбГУТ

Члены организационного комитета

Григорян Г. Т. – начальник управления маркетинга и рекламы СПбГУТ

Дружков К. В. – и.о. директора департамента экономики и финансов СПбГУТ

Зыкова Н. В. – начальник управления информационно-образовательных ресурсов – начальник научно-технической библиотеки СПбГУТ

Лысов А. Н. – директор департамента по эксплуатации и развитию материально-технического комплекса СПбГУТ

Гребелина Н. В. – начальник управления информатизации СПбГУТ

Шулындина М. С. – специалист по УМР института магистратуры СПбГУТ

В материалах конференции размещены доклады, представленные на научно-методической конференции 2024 года, за исключением докладов, признанных лучшими по итогам работы секций научных направлений конференции и опубликованных в отдельном сборнике.

Предназначено для магистрантов, их руководителей, аспирантов, студентов старших курсов вузов Российской Федерации.

Сайт конференции
pkm.sut.ru

© СПбГУТ, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

Беспроводные коммуникации 9

Варыгин А. А. Применение методов семантической сегментации при обучении нейронной сети для определения сигналов LTE и NR 9
Винник Е. Д. Методика проведения радиоизмерений при проведении рефарминга частот в сетях UMTS/LTE 13
Виноградов П. Ю., Михайлов Р. А. Power over Ethernet (PoE) и его применение в современных сетях 18
Воскресенский Е. А. Моделирование многолучевых компонентов в среде MATLAB 22
Добрая О. П. Оценка максимальной дальности СШП радиолинии управления БЛА ближнего действия 27
Дюдин А. И., Занозин Е. В. Анализаторы радиоканала сети LTE 31
Зарубин И. М., Котенева Е. В., Старицын Н. Е., Сухотерина А. Д. Исследование возможностей применения ультразвуковой передачи данных 35
Какусилумезу С. Э., Коротин В. Е. Современное состояние технологии VLC: тенденции использования и существующая проблематика 39
Коротин В. Е., Шмалюк Е. А. Профессиональные транкинговые системы подвижной радиосвязи: сравнительное исследование с учетом задач импортозамещения 42
Коротин В. Е., Щигарцов В. М. Механизмы конвергенции при рефарминге для сетей 4 – 5 поколений 47
Павлов А. С. Трёхмерное позиционирование в помещении с помощью 802. 11az и глубокого обучения 52
Прилуцкая У. И. Исследование возможностей среды MATLAB в задачах планирования сетей мобильной связи стандарта 5G 57
Рогова М. С., Сомков А. С. Позиционирование в сетях 5G 62
Степутин А. Н., Тишков А. О. Технологические особенности организации услуг в сетях 5G и 5G-Advanced 67
Сурков Г. А. Сравнение архитектур Hybrid Beamforming в среде моделирования MATLAB 72
Чичко Т. А. Моделирование требуемого радиопокрытия с учетом схемы повторного использования частот для возможности решения проблемы взаимной интерференции смежных сот сети LTE 76

Интернет вещей и гетерогенные сети 81

Баталин Н. С., Кукунин Д. С., Переверзева Г. А., Подайко С. В. Интегрированные сети «космос-воздух-земля-море» 81
Баталин Н. С., Кукунин Д. С., Переверзева Г. А., Подайко С. В. Сравнительный анализ методов вычисления обратного элемента в кольце для алгоритма RSA 85
Маколкина М. А., Стерликов А. Д. Анализ и исследование реализации услуг дополненной реальности 88

Мультисервисные телекоммуникационные системы и технологии 90

Арешин Я. Д., Елагин В. С. Базовые характеристики автономных сетей 90
Белозеров К. В., Кисляков С. В. Адаптация теории игр и алгоритма GTPSO для туманных вычислений 93
Борисов А. А., Воинков Е. Б., Елагин В. С. Использование методов глубокого анализа пакетов (DPI) для классификации зашифрованного сетевого трафика 98
Зайдуллин Р. Р., Кисляков С. В. Теория хаоса в инфокоммуникациях 109

Кисляков С. В., Кудряшов С. Ю. Применение цифровых двойников для управления взаимодействием облачных и периферийных вычислений 107
Кисляков С. В., Лочкарев Е. А. Применение событийно-ориентированной архитектуры при проектировании OSS-решений на основе ODA 112
Кисляков С. В., Сухомлинов Д. И. Анализ реализации Event-Driven подхода в Открытой цифровой архитектуре от TM Forum 118
Коничев Д. А, Лошкарев В. А. Разработка архитектуры платформы MLOPS для машинного обучения и искусственного интеллекта в облачной инфраструктуре OPENSTACK 122
Можайский Д. А. Разработка модели расчёта параметров сетевых устройств для внедрения системы «Антифрод» у оператора мобильной связи 127
Серикова М. П. Обзор методов классификации для идентификации отдельных типов трафика 131

Оптоэлектронные технологии (фотоника) в инфокоммуникациях 142

Александрова М. Р., Гамазков К. Р. Методы оценки качества связи в ВОСС 142
Астрейко К. С. Построение физической системы квантовой коммуникации для передачи данных в локальной сети 137
Баулина Д. Л., Бекер И. А. Новые и перспективные типы оптических волокон для ЦОД 148
Былина М. С., Шеломенцев Е. С., Яременко Д. И. Принципы построения частотно-селективных оптических переключателей WSS 153
Дубин И. И., Новиков А. А. Когерентный и энергетический прием (особенности, достоинства и недостатки) 158
Дюбов А. С., Колыбельников Н. Ю., Петров П. С., Руфов М. А. Особенности разработки приемника фотонов 163
Иванова Л. А., Левицкий В. В, Петров Т. Е. Экспериментальное исследование реализации OTN-функционала на каналообразующем оборудовании компании Т8 167
Кирьянова В. В. Исследование оптико-электронной шины телекоммуникационного оборудования на основе полимерных оптических волноводов 172
Клименко В. П., Куцеба М. В. Зависимость параметров качества оптического сигнала от характеристик направляющей среды 175
Колпаков С. В., Резников Б. К. Исследование применений акустооптических модуляторов 180
Кривоносова Н. В., Сысоев В. Д. Исследование зависимости шум-фактора эрбиевого усилителя от коэффициента усиления 184
Фомченков Н. Ю. Технологии спектрального мультиплексирования в ВОСС 188
Цветков Д. А. Обзор применения мультиплексоров ROADM в перспективных сетях DWDM 194

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И РОБОТОТЕХНИКА

Микроволновая техника: материалы, компоненты, устройства 197

Болдырев Е. А., Седышев Э. Ю. Способы питания патч-структур 197
Верликов Н. В., Седышев Э. Ю. Фазовый корректор в цепи обратной связи генератора СВЧ шума 203
Воронков И. С., Седышев Э. Ю. Исследование кольцевого эллиптического резонатора со скачком волнового сопротивления 208
Гавриков И. И., Седышев Э. Ю. Разновидности шумовых генераторов, работающих в СВЧ-диапазоне 213
Гуляев Р. С., Седышев Э. Ю. Электрически управляемый аттенюатор Ku-диапазона 217
Коробейников А. Н., Седышев Э. Ю. Проблематика использования смесителей в диапазоне сверхвысоких частот 222
Макаров А. А., Седышев Э. Ю. Исследование различных резонаторов для СВЧ-устройств 226
Седышев Э. Ю., Смирнова Д. А. Точность повторения микроволновых интегральных схем фильтров на станках с ЧПУ 231

Радиосвязь и радиодоступ 235

Артамонов А. С. Особенности реализации методов классификации радиосигналов для реализации на ПЛИС 235
Гмырин В. В. Обзор методов позиционирования в системе Глонасс 240
Исаков М. В. Исследование порогов декодирования при использовании CRC и LDPC кодов в коротковолновом канале радиосвязи 243
Киселёв Т. В. Проектирование 3,1-10,6 ГГц сверхширокополосного усилителя каскадной топологии 247
Мельникова М. А. Исследование процессов интермодуляции в многоканальных системах радиодоступа 251
Романова Е. А. Анализ канала передачи видеоинформации для наземных беспилотных аппаратов в плотной застройке и на открытой местности 255
Савкин А. Э. Использование квантовых линий связи в спутниковых системах 260
Семиндеев К. И., Чернышов А. Г. Разработка системы критериев для обеспечения канала управления БПЛА-НЦУ в условиях группового полета 263
Сертаков А. В. Методы увеличения дальности радиорелейных мостов, работающих на частоте 70-80 ГГЦ 267
Смирнов Д. П., Шевченко А. А. Анализ методов внесения предыскажения 272
Стрижкина А. М. Анализ методов увеличения дальности радиоканала для связи с беспилотными наземными объектами 277
Тагаров И. С. Выбор частотного диапазона для связи беспилотными катерами 282
Фазылов Д. А. Разработка технических требований для модемов командно-телеметрической радиолинии БПЛА, использующих сверхширокополосные сигналы 286
Шойтов И. А. Математическое представление метода увеличения точности микроволнового радара в системах мониторинга жизненных показателей человека 290

Радиотехнические системы и антенны 294

Коровин К. О., Поткин Я. Б. Анализ текущей ситуации антенных систем для низколетящих спутников 294

Робототехника и интеллектуальные технологии в автоматизации 298

Бочаров Д. Н. Формализация семантической эмерджентности 298
Ваганов А. В., Марчаков А. С. Устройство для преобразования внешних информационных сигналов в тактильные ощущения человека 302
Возгрин Г. В. Инструменты правового регулирования в децентрализованных системах 307
Демидов А. А. Разработка программного обеспечения для управления виртуальными объектами с использованием программируемого логического контроллера 311
Дорофеев И. Н. Оптимизация процессов управления гибкими производственными модулями в условиях динамического изменения спроса 315
Злобин О. Н. Увеличение производительности и точности больших языковых моделей в задачах авторегрессии текста 320
Ледевич М. О. Автоматизация учета рабочих мест на основе информационной системы 327
Летучий В. А. Компьютерные модели первичного и вторичного преобразователей для эмулятора датчиков физических величин 331
Митенев Е. А. Создание симулятора полётов квадрокоптера 335
Пермяков А. А. Разработка программного обеспечения для определения географических областей, доступных для размещения технических объектов, на основе анализа геоданных 340
Рыбалко А. В. Визуальная модель лабораторного корпуса для цифрового двойника на базе технологии 3D Unity 345
Суетин А. Ю. Метамодель интероперабельной киберсреды, основанной на агентном подходе 350
Файзуллин Р. И. Моделирование системы управления муфельной печи в Simulink 354
Чернышов А. С. Применение методов искусственного интеллекта в задачах пространственного анализа 358
Чиняев В. А. Методы моделирования разлива жидкостей 362

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Интеллектуальные коммуникационные технологии 366

Аль-Нами Б. А., Стаськов А. Д. Влияние ИИ на образовании в России 2024 366
Бондаренко И. Б., Коляда И. А. Разработка программы для мониторинга и управления производительностью веб-приложений с системой оповещения 372
Колесников О. И., Петровская П. Э., Смородин Г. Н. Исследование и разработка компьютерных моделей вероятностно-клеточного автомата в теории перколяции 375
Кудрявцев П. А., Филиппов Ф. В. Анализ и проектирование трекинг-приложения для силовых тренировок 379
Литвинов В. Л., Орлова В., Самбурова В. П. Анализ современных методов управления ИТ-проектами 389
Литвинов В. Л., Орлова В., Самбурова В. П. Исследование системы поддержки принятия решений онлайн-школы для подготовки к ЕГЭ 385
Раковский О. В., Чухарев И. А. Разработка концепции системы анализа студенческой успеваемости 392
Смородин Г. Н., Шаненко Д. Е. Необходимость интеллектуализации CRM-систем 397

Информационные технологии в дизайне 401

Волошинов Д. В., Нефедов Д. И. Особенности процесса разработки интерфейса для мобильных приложений 401
Гунина Е. В., Мельников М. В., Шеремет Д. Н. Влияние трендов в графическом дизайне на восприятие рекламных баннеров в социальных сетях 404
Середкин П. В., Шиян А. А. Критерии дизайна системы виртуального путеводителя, сферы применения 410
Штурман А. С. Преимущества внедрения SLA в информационную систему предприятия 414

Программная инженерия 417

Березкин А. А., Козлова А. И., Ченский А. А. Исследование распределения степеней сжатия нейросетевым кодеком кадров видеопотока БВС при управлении от первого лица 417
Дюбов А. С., Петров П. С., Руфов М. А. Протокол беспроводной синхронной ячеистой сети для IoT устройств 423

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

Защищенные системы связи 427

Зуев Д. П. Обзор комплексной системы защиты информации на примере VIPNET 427
Пестов И. Е., Смирнов Д. Н., Теряев М. А., Чумаков И. В. Сравнительный анализ моделей развертывания облачных инфраструктур 432
Салита А. С. Применимость нейронных сетей в обнаружении сетевой стеганографии 437

Информационная безопасность компьютерных сетей 441

Алешина Е. С., Пестов И. Е. Обзор концепции обеспечения информационной безопасности ZERO TRUST в центрах обработки данных 445
Андреева Д. А., Пестов И. Е. Автоматизация киберзащиты в центрах обработки данных: использование искусственного интеллекта, преимущества и недостатки 449
Ахрамеева К. А., Матрипула Т. С., Сахаров Д. В. Варианты использования метода лингвистической стеганографии, основанной на ключевом слове, в социальных сетях 454
Блинов Г. С. Реализация пентест лаборатории для отечественных станций с системой средств защиты информации 458
Жиглова Н. С., Ковцур М. М., Петрова М. В. Нейронные сети для обнаружения вторжений в сетевом трафике 462

Ковцур М. М., Махмутова Н. Ф., Радионовский Д. А., Черкашин А. И. Автоматизация проверки лабораторных работ на основе SOFTWLC 467
Ковцур М. М., Миняев А. А., Платонов А. Е., Скорых М. А. Обзор актуальных атак и уязвимостей службы DNS 471
Миноченков Н. С. Организация мониторинга, управления уязвимостями и расследования инцидентов с использованием многофункционального зонда на базе одноплатной вычислительной платформы 476
Пестов И. Е., Собашникова А. Ю. Сравнение защищенности файлов виртуальных машин и контейнеров 481
Рябцев С. М. Изучение использования IDM систем и их пользы в автоматизации и безопасности крупных компаний 486
Федоров П. О. Применение нейросети для повышения скорости построения модели нормального поведения инстансов облачной инфраструктуры 491
Шарифов Р. Г. Архитектура и возможности wazuh: обзор и сравнительный анализ 496
Шепелев А. М. Методика автоматизации реагирования на компьютерные инциденты на основе sigma-правил и OPENSEARCH 449

ГУМАНИТАРНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВОГО ОБЩЕСТВА

Вопросы регионоведения и межкультурных коммуникаций в цифровую эпоху 501

Абиева М. Т. Роль федерального министерства окружающей среды ФРГ в реализации национальной экологической политики на современном этапе 501
Сердюк Е. В. Международная организация франкоязычных стран в рамках взаимодействия стран Западной Африки с Францией 506

Реклама и связи с общественностью в цифровом обществе 511

Алексеенко И. А., Беляев А. В. Применение технологий искусственного интеллекта при разработке и реализации маркетинговых стратегий 511
Астафьева-Румянцева И. Е., Степурова У. И. Цифровой маркетинг в деятельности протезно-ортопедических компаний 515
Аука А., Рафиков А. И. Влияние искусственного интеллекта на рекламные технологии 519
Балясникова А. Д., Котлярова А. А. Участие в профессиональных премиях, как метод PR 523
Быстров Р. В., Кульназарова А. В. Систематизация типологии лояльности 527
Вилкова Ю. Д., Цыгоняева А. Ю. Разработка плана интернет-продвижения киберспортивного клуба 532
Волошинов Д. В., Шокодько А. А. Использование интервью как метод исследования для бизнес-аналитики 537
Геращенко Л. И., Головкина М. Я. Библиотека как средство продвижения научных организаций 540
Геращенко Л. И., Голубин М. В. Корпоративная культура как средство формирования позитивного имиджа организации 544
Геращенко Л. И., Нестерова А. А. Коммуникативные практики волонтёрских организаций 548
Геращенко Л. И., Олехнович Р. В. Особенности продвижения предприятий в сфере обслуживания автомобилей 552
Егоров Д. Р., Кульназарова А. В. Продвижение в интернете производственных компаний 556
Елисеева Е. В. Конкуренция за внимание федерального центра в продвижении регионов 560
Еникеева Е. М., Кадацкая Т. Д. Аспекты цифровой эпохи: принципы децентрализации, многофункциональности и уникальности на примере онлайн- и оффлайн-пространств 565
Киндеев Н. Д., Шутман Д. В. Прямые трансляции и виртуальные концерты: новый подход к концертному PR 570
Копылова Ю. В. Оценка рынка консалтинговых компаний Санкт-Петербурга 574
Крупенин К. Г. Реклама как элемент культуры в России 579
Кулаков Е. М. Методы бесплатного продвижения Телеграм каналов 584
Кульназарова А. В., Шайноров А. Д. Email-маркетинг как способ продвижения на рынке B2B 588
Стаценко Е. А. Роль геймификации в управлении репутацией и построении бренда в цифровом пространстве 592

Черанёв И. О., Шутман Д. В. Продвижение печатных изданий средствами рекламы и связей с общественностью в условиях цифровизации 596
Шевякова Н. С. SERM и ORM в рекламе: управление репутацией в цифровую эпоху 599

Цифровая трансформация, инновации, бизнес 605

Андреева Т. А., Баженова П. А. Прогноз эффекта от внедрения автоматизированной системы в процесс подготовки договора социального найма в органах местного самоуправления 605
Волков Р. А. Исследование возможностей применения методологии Agile в проектах цифровой трансформации 611
Гончарова Я. И., Сотников А. Д. Конкуренция в информационном обществе 617
Довгалев Ф. В. Внедрение SAP TM как способ повышения эффективности логистической деятельности компании 620
Егорова М. А., Мишкина Д. О. Стратегии продвижения маркетплейса «Robo. Market»: как выделиться в условиях конкуренции 623
Иванов Г. А. Совершенствование бизнес-модели предприятия на основе архитектурного подхода 627
Казмирчук Е. Е. Трансформация бизнес-процессов логистической компании «СтройПроектСервис» на основе внедрения многофункциональной автоматизированной системы Janti 631
Кваша Н. В., Лизоркин А. В. Влияние Интернета вещей и самоорганизующихся сетей на развитие теории общества социального изобилия 636
Климов К. А. Преимущества использования цифровых платформ в бизнесе 641
Кудинов Э. П., Куликов В. В. Управление проектом по разработке стартапа для создания центра улучшения координации людей 645
Лёвкина Л. С. Формирование системы информационного обеспечения управления транспортно-логистической системой предприятия 648
Рабчевский А. В. Шаблоны бизнес-моделей, как инструмент анализа бизнеса 654
Ургалкина К. А. Управление процессом разработки требований в цифровых проектах в сфере телекома 658
Шингарева А. Н. Разработка методики повышения эффективности проектов по автоматизации документооборота 664

Экология и формирование информационного пространства 671

Белая А. К. Исследование радиационной обстановки территории Дудергофских высот 671
Бобер А. Д. Экотоксикологическое состояние поверхностных вод Чёрной реки в 2023 году на основе спектрального анализа 677
Кашникова В. Г., Логиновская А. Н. Картографирование радиоэкологического состояния территории центрального района города Выборг 682
Моралес-Кудлай М. С. Современная динамика показателей температуры воздуха в городе Махачкала 687
Петров М. А. Оценка влияния полимерных отходов на биологическую активность почв 692
Попова Е. Н. Проблемы проведения инженерно-экологических изысканий для разработки проектов рекультивации свалок и полигонов твердых коммунальных отходов 697
Соболева К. С., Стурман В. И. Проблемы взаимодействия изыскательских организаций с органами государственного управления природопользованием и цифровизация отрасли 701
Стурман В. И. Распространенность и типология аномальных значений электромагнитных полей промышленной частоты на урбанизированных территориях 706
Сычёва Е. С. Оценка эффективности мероприятий, направленных на снижение шумового загрязнения (на примере территорий муниципальных округов №65 и №68 Приморского района г. Санкт-Петербурга) 709
Упоров М. Е. Динамика показателей электромагнитных полей радиочастотного диапазона в центральной части города Ломоносов 712

Авторы статей 718

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

Беспроводные коммуникации

УДК 621.396.62
ГРНТИ 47.47.31

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ПРИ ОБУЧЕНИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ LTE И NR

А. А. Варыгин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Сегментация изображений с использованием нейронных сетей активно применяется в распознавании объектов на изображениях, но ее адаптация для анализа сигналов связи представляет новый подход. Данная работа посвящена применению семантической сегментации для классификации и идентификации сигналов Long Term Evolution и New Radio на основе их спектральных характеристик.

семантическая сегментация, CNN, LTE, NR

С развитием современных беспроводных технологий и ростом числа устройств, подключенных к сетям LTE и NR, актуализировалась необходимость эффективного и точного распознавания типов сигналов связи. Сети 5G обладают сложной структурой сигналов, использующих широкие диапазоны частот и новые схемы модуляции, что приводит к затруднению их классификации, особенно в условиях высоких уровней шума и помех. Традиционные методы обработки сигналов, основанные на детерминированных алгоритмах, зачастую не справляются с задачей классификации в реальных условиях эксплуатации, где спектры сигналов 4G и 5G могут пересекаться и накладываться друг на друга.

Целью данного исследования является анализ методов семантической сегментации для распознавания сигналов 4G и 5G. В частности, рассматривается возможность представления сигналов в виде спектрограмм, которые затем обрабатываются сегментационными нейронными сетями для точного выделения паттернов, харак-

терных для каждого типа сигнала [1]. На рис. 1 представлена спектрограмма с маркированными сигналами.

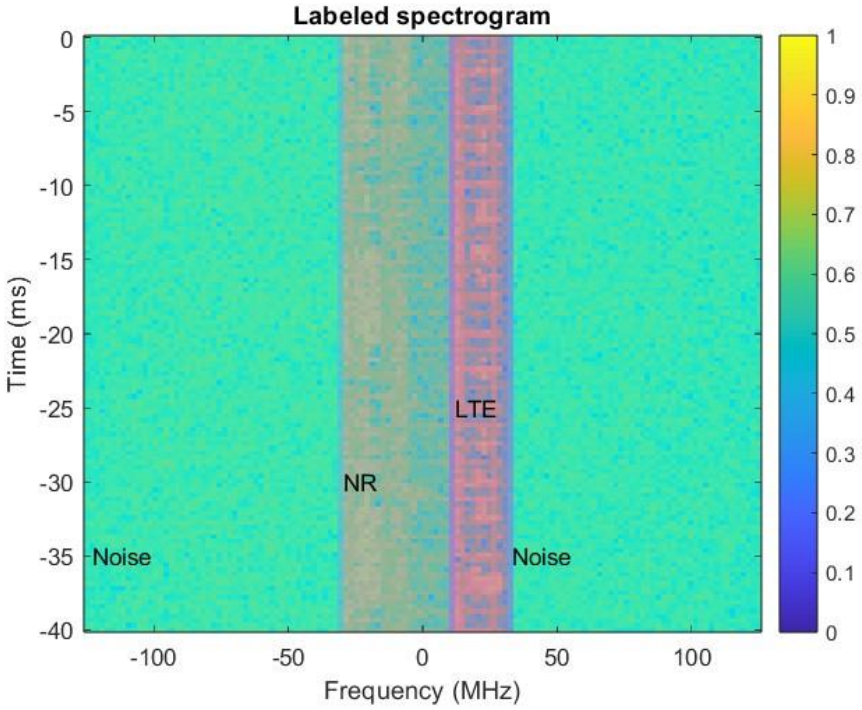


Рис. 1. Маркированная спектрограмма

Спектрограмма представляет собой двумерное изображение, где ось абсцисс соответствует частоте, ось ординат – времени, а интенсивность – амплитуде сигнала. Таким образом, задачи анализа сигналов могут быть сведены к задаче сегментации изображений, где цель заключается в выделении областей, соответствующих сигналам определенного типа.

Сети семантической сегментации определяют, что находится на изображении, классифицируя каждый пиксель, используя CNN (сверточные нейронные сети) [2].

Основные математические операции для выполнения сегментации

Свертка – это операция между изображением и фильтром, при которой фильтр перемещается по изображению и вычисляется сумма произведений. В каждом слое CNN применяется фильтр K, который обучается обнаруживать определенные паттерны.

Для изображения I и ядра свертки K:

$$(I * K)(i,j) = \sum_m \sum_n I\,(i-m, j-n) \cdot K(m,n)$$

где (i,j) – координаты пикселя изображения, m и n – координаты в ядре.

Свертка позволяет выделить границы изображения, которые необходимы для классификации изображения.

Функция активации (ReLU) обнуляет все отрицательные значения, сохраняя только значимые положительные отклики.

$$f(x) = \max(0, x)$$

Процедура Пуллинга (Pooling) – уменьшает пространственные размеры и повышает инвариантность к смещениям.

$$f(x, y) = \max(I(x : x + 2, y : y + 2)$$

где (x, y) – координаты области, с которой извлекается максимум.

Операция апсемплинга (Up-sampling) – процедура обратная пуллингу, увеличивает размеры карты признаков, чтобы вернуть ее к исходному разрешению изображения.

$$(I \star K)(i, j) = \sum_{m,n} I(m, n) \cdot K(i - m, j - n)$$

где $\star$ – транспонированная свертка, и K – фильтр, обучающийся в процессе.

Для минимизации расхождения между предсказанными и истинными метками пикселей используется функция потерь (Cross-Entropy Loss):

$$L = \sum_{i=1}^{N} \sum_{c=1}^{C} y_{i,c} \log(p_{i,c})$$

где N – число пикселей, C – число классов, $y_{i,c}$ – истинная вероятность, а $p_{i,c}$ – предсказанная вероятность для пикселя i и класса c.

Для предсказания класса каждого пикселя применяется функция $\arg max$, которая выбирает класс с наибольшей вероятностью для каждого пикселя на выходной карте:

$$Class(p) = \arg\max_{c \in C} p_{i,c}$$

где $p_{i,c}$ – предсказанная вероятность для пикселя i и класса c [3].

Результатом работы сети семантической сегментации является матрица неопределенности, которая отображает вероятность распознавания сигналов LTE и NR в выделенной частотной области. На рис. 2 отображена матрица неопределенности для сигналов LTE и NR [4].

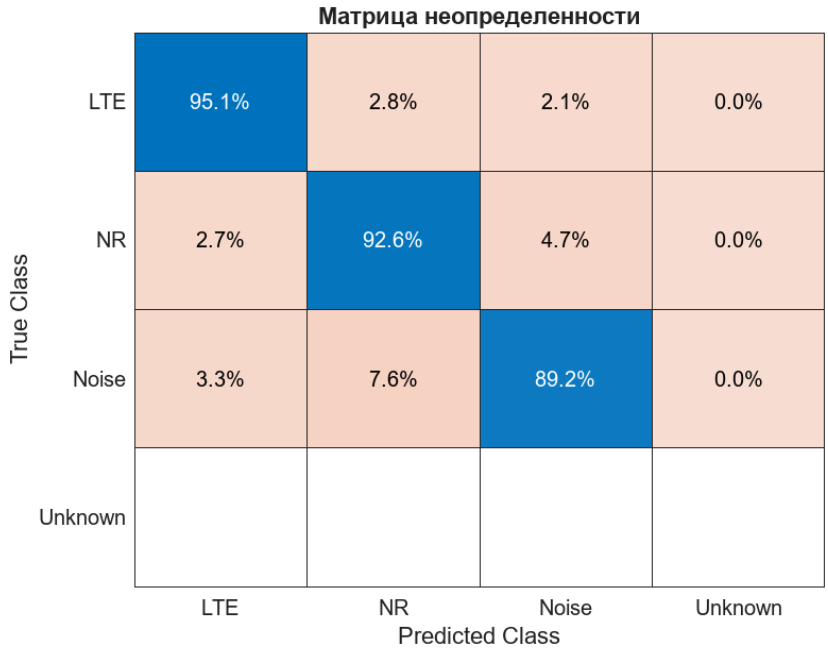


Рис. 2. Матрица неопределенности

Настоящее исследование продемонстрировало возможность применения методов семантической сегментации для классификации сигналов связи, таких как 4G и 5G. Использование спектрограмм в качестве входных данных позволило достичь высокой точности распознавания сигналов. Данный подход открывает новые перспективы для разработки систем автоматического анализа радиосигналов и может найти широкое применение в телекоммуникационной отрасли для мониторинга и оптимизации работы сетей.

Список используемых источников

1. Spectrum Sensing with Deep Learning to Identify 5G and LTE Signals. URL: https://www.mathworks.com/help/comm/ug/spectrum-sensing-with-deep-learning-toidentify-5g-and-lte-signals.html (дата обращения 10.11.2024).
2. Арефьев А. С., Варыгин А. А., Фокин Г. А. Анализ структуры целевого сигнала NR и LTE на основе нейросетевого подхода и методов глубокого обучения // Информационные технологии и телекоммуникации, 2024. Т. 12. № 1. С. 16–28. DOI: 10.31854/2307-1303-2024-12-1-16-28. EDN: GEOTKR.
3. Long, J., Shelhamer, E., & Darrell, T. (2015). Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 3431–3440.
4. Syed S. N., Lazaridis P. I., Khan F. A., Ahmed Q. Z., Hafeez M. et al. Deep Neural Networks for Spectrum Sensing: A Review // IEEE Access. 2023. Vol. 11. PP. 89591–89615. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3305388. EDN: PUAYON.

Varygin A. **APPLICATION OF SEMANTIC SEGMENTATION METHODS WHEN TRAINING A NEURAL NETWORK TO DETERMINE LTE AND NR SIGNALS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Image segmentation using neural networks is actively used in object recognition in images, but its adaptation for the analysis of communication signals represents a new approach. This work is devoted to the use of semantic segmentation to classify and identify Long Term Evolution and New Radio signals based on their spectral characteristics.

Key words: Semantic segmentation, CNN, LTE, NR.

УДК 621.396.96
ГРНТИ 49.43.29

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАДИОИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕФАРМИНГА ЧАСТОТ В СЕТЯХ UMTS/LTE

Е. Д. Винник
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Введение рефарминга частот обусловлено необходимостью повышения эффективности использования радиочастотного спектра и улучшения качества обслуживания пользователей. В статье приводятся методы измерения параметров сети. Описаны основные этапы проведения измерений, используемые алгоритмы и требования для корректного сбора статистики.

Методика, радиоизмерения, рефарминг частот, LTE, UMTS, GSM, мобильные сети, KPI

Для выполнения радиоизмерений при проведении рефарминга должны использоваться специализированные автономные тестовые телефоны и/или измерительные комплексы, предназначенные для выполнения тестирования характеристик сетей сотовой связи [1].

В качестве устройства, отвечающего за сбор, хранение и прием информации, был выбран Радиоизмерительный комплекс Infovista TEMS Pocket [2], представленный на рис. 1:



Рис. 1. Радиоизмерительный комплекс Infovista TEMS Pocket

Тестовые телефоны и сканирующий приемник могут не поддерживать какие-то из диапазонов/технологий, если они не представлены на тестируемом участке сети.

Измерения радиопокрытия выполняются сканирующим приемником с использованием выносных антенн. Для регистрации географических координат в процессе измерений в состав комплекса должен входить GPS-приемник с выносной антенной, устанавливаемой на крыше автомобиля.

Схема организации тестового комплекса приведена на рис. 2:

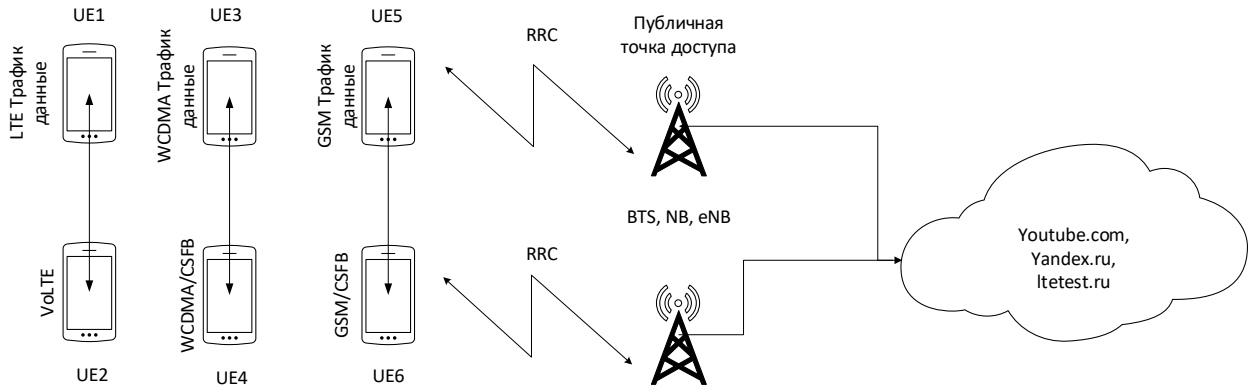


Рис. 2. Схема организации радиоизмерительного комплекса

Тест услуг передачи речи в движении направлен на имитацию использования данного вида услуг абонентом при его движении пешком или на автомобиле.

Сценарии теста указаны в таблице 1 [1]. При отсутствии в одной или нескольких сравниваемых сетях возможности предоставления услуг телефонии в сети LTE выполняется процедура CSFB, успешность и время выполнения которой должны быть включены в соответствующие показатели, отражающие успешность и время установления соединения.

ТАБЛИЦА 1. Цикл тестирования услуг передачи речи

Тестовый кейс		Операция (фаза)	Продолжительность	
Номер	Направление		Фазы теста	
UE2, UE4, UE6	Вызов, инициированный мобильным абонентом (MOC) / Вызов, принятый на стороне мобильного абонента (MTC)	Установление соединения (Call setup time)	20 с (timeout)	140 с 160 с
		Время удержания установленного соединения (Call Duration)	120 с	
		Завершение вызова и защитная пауза, не менее	20 с	
		Завершение вызова и защитная пауза, не менее	20 с	

По истечении таймаутов попытка установления соединения должна рассматриваться и учитываться в результатах тестирования как неуспешная.

Тестирование пакетной передачи данных в движении производится одновременно с тестами услуг голосовой связи с использованием отдельного смартфона. При этом оборудование для выполнения тестов пакетной передачи данных должно быть размещено в там же, обеспечивается тестирование услуг передачи речи.

Имитация использования абонентом сервисов передачи данных при его движении по маршруту должна выполняться в виде циклически повторяющихся тестовых задач. Структура тестового цикла показана в таблице 2 [1].

ТАБЛИЦА 2. Цикл тестирования услуг передачи данных

Тестовый кейс			Примечание
Тип	Операция тест	Длит.	
ICMP Ping	ICMP Ping 32Byte 5 times	5	yandex.ru
Pause	2c	2	
WEB Surfing	WEB Browsing (KEPLER)	10	ltetest.ru
Pause	2c	2	
WEB Surfing	WEB Browsing (Public)	10	yandex.ru
Pause	2c	2	
Youtube playback	Youtube 30 сек	40	ролик 1080p длительностью 30 сек.
Pause	2c	2	
HTTP File DL long	Yandex file Download	40	Несжимаемый контент – 1000 мегабайт в течение 40 сек. В однопоточном режиме
Pause	2c	2	
HTTP File UL	Yandex file Download	10	Несжимаемый контент – 1000МБ мегабайт в течение 10 сек. В однопоточном режиме
Pause	20c	20	Пауза между циклами

При сборе радиоизмерений при проведении рефарминга частот требуется при составлении технического задания точно определять область проведения радиоизмерений. Пример области (кластера) показан на рис. 3.



Рис. 3. Выбор кластера при проведении рефарминга

Выбор кластера выбирается из нескольких критериев:

– зона проведения радиоизмерений должна включать кластер, в котором проводится рефарминг;

– наличие буферной зоны между другими кластерами;

– требуемое количество базовых станций в кластере для полного сбора статистики;

– требуемые стандарты сети в кластере.

Маршрут объезда участка сети должен обеспечивать максимальный охват исследуемой территории, включать доступные для проезда улицы, площади, автодороги. Расстояние между ближайшими параллельными участками движения в черте города должно быть минимальным.

При подготовке маршрута принимается во внимание распределение населения, абонентов, а также расположение в области тестирования локальных зон вероятной концентрации абонентов, в том числе:

– центральные площади, подъезды к вокзалам и аэропортам;

– территории, прилегающие к крупным торговым и бизнес-центрам;

– туристские зоны и территории, прилегающие к культурным центрам и учреждениям, развлекательным центрам и спортивным сооружениям;

– территории, прилегающие к крупным образовательным учреждениям;

– прилегающие территории больниц и госпиталей;

– территории важных социальных объектов, доступных для проезда;

– территории отдельных «спальных» районов;

Маршрут должен удовлетворять следующим критериям [3]:

– в населенных пунктах маршрут должен охватывать все магистрали, основные улицы и кольцевые (объездные) дороги, а по возможности – также максимальное число второстепенных улиц в пределах административной границы города;

– вне населенных пунктов маршрут движения должен включать основные автодороги между населенными пунктами, входящими в один и тот же субъект РФ;

– маршрут формируется таким образом, чтобы минимизировать повторные объезды улиц.

Как только все параметры радиоизмерений определены, требуется обозначить интервал времени, в котором будет проводиться сбор статистики. Это необходимо для корректного отображения состояний сети, так как в другие интервалы могут быть различные аварии, что введут ошибки в собранную статистику. Преимущественно статистику следует собирать за сутки или за неделю.

По завершению этапа проведения радиоизмерений полученные данные записываются в log-файл в .xls формате. Последующая обработка и анализ проводится на основе существующих ключевых показателей эффективности (KPI) [4] сети и их расчетов.

Список используемых источников

1. Методика оценки качества услуг подвижной радиотелефонной связи. Инструкция Минкомсвязи РФ, 2017 г.
2. Руководство пользователя Infovista TEMS Pocket. URL: http://online.mytemscloud.com/Pocket/Pocket_23.0 (дата обращения 10.11.2024).
3. Национальные стандарты в области качества услуг связи. URL: качествосвязи.рф (дата обращения 10.11.2024).
4. Huawei Technologies Co., Ltd. HUAWEI RAN KPI for Performance Management, 2006. С. 12–20, 44–45.

Vinnik E. **METHODOLOGY OF RADIO MEASUREMENTS DURING FREQUENCY REFARMING IN UMTS/LTE NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The introduction of frequency refarming is conditioned by the need to increase the efficiency of radio frequency spectrum utilization and improve the quality of user service. The article presents methods of measuring network parameters. The main stages of measurements, algorithms used and requirements for correct statistics collection are described.

Key words: methodology, radio measurements, frequency refarming, LTE, UMTS, GSM, mobile networks, KPI.

УДК 004.7
ГРНТИ 47

POWER OVER ETHERNET (POE) И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ СЕТЯХ

П. Ю. Виноградов, Р. А. Михайлов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Технология Power over Ethernet (PoE) позволяет передавать данные и питание через один кабель Ethernet, что значительно упрощает инфраструктуру и снижает затраты. В статье описаны принципы PoE, стандарты IEEE, расчет режимов питания PoE-устройств, области применения и перспективы развития в эпоху Интернета вещей (IoT).

Power over Ethernet, энергоэффективность, интернет вещей, сетевые технологии.

Современное развитие технологий и рост числа IoT-устройств требуют эффективных решений для объединения передачи данных и питания. PoE, стандартизированная технология, позволяет передавать питание по Ethernet-кабелю, упрощая установку устройств, таких как IP-камеры, точки доступа Wi-Fi и системы видеонаблюдения, и снижая затраты на прокладку электрокабелей [1]. Актуальность технологии особенно возрастает в связи с развитием умных городов и зданий, где гибкость и энергоэффективность инфраструктуры становятся критическими. По данным исследований, глобальный спрос на устройства с поддержкой PoE увеличивается на 10-15 % в год. Ожидается, что к 2030 году PoE станет неотъемлемой частью инфраструктуры умных городов и предприятий, позволяя сократить затраты на энергию и упростить развертывание сетей, особенно в сфере автоматизации и безопасности.

Power over Ethernet (PoE) – технология, позволяющая передавать электрическую энергию через стандартные Ethernet-кабели. Основными компонентами PoE являются:

– Power Sourcing Equipment (PSE) – устройство, обеспечивающее подачу питания через кабель;

– Powered Device (PD) – устройство, получающее питание (например, IP-камеры, Wi-Fi-точки доступа) [2].

Схемы подключения компонентов представлены на рис. 1.

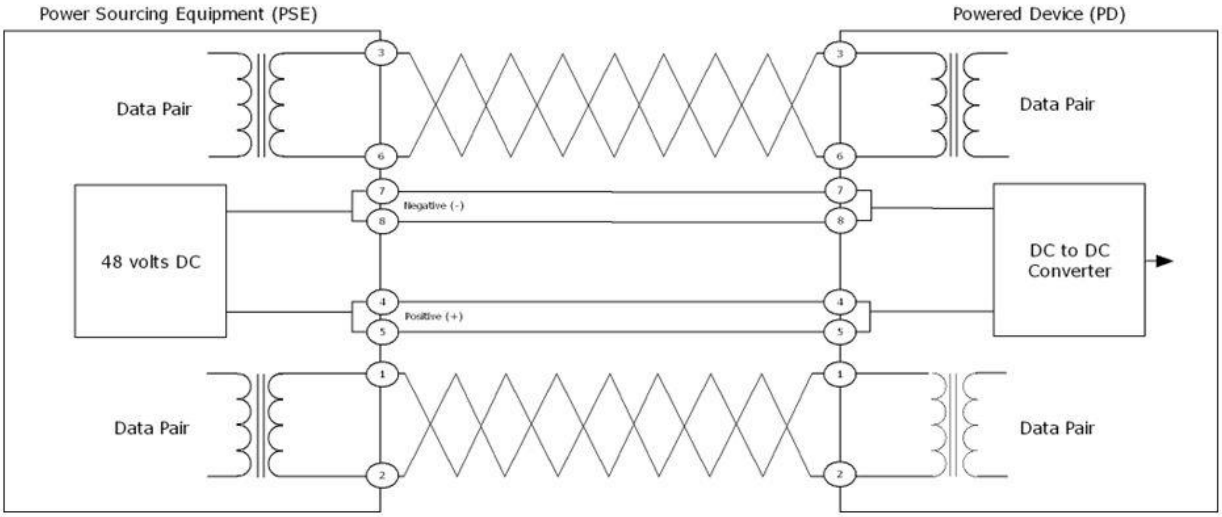


Рис. 1. Схема подключения Power Sourcing Equipment и Powered Device

PoE работает по стандартам IEEE, определяющим максимальную мощность для различных поколений устройств:

– IEEE 802.3af (2003) – до 15,4 Вт, подходящий для IP-телефонов и небольших камер;

– IEEE 802.3at (PoE+) (2009) – до 30 Вт, для устройств с повышенным потреблением;

– IEEE 802.3bt (PoE++) (2018) – до 100 Вт, подходящий для энергоемких устройств, включая дисплеи и системы видеоконференций [3].

Среди преимуществ PoE следует выделить:

– снижение затрат на установку – один кабель для данных и питания уменьшает количество проводов;

– гибкость установки – возможность монтажа в местах без розеток;

– удаленное управление устройствами – облегчает мониторинг и перезагрузку устройств.

Основные вызовы технологии PoE – ограничения по мощности для энергоемких устройств, потенциальный перегрев кабелей, а также совместимость с устаревшим оборудованием.

Для стабильной работы PoE-устройств важно учитывать потери напряжения и потребляемую мощность. Приведем расчет для системы PoE, подключающей устройство к источнику питания (инжектору PoE).

Исходные данные:

– напряжение на инжекторе (Uпит): 48 В;

– мощность устройства (Рустр): 12 Вт;

– длина кабеля (L): 100 м;

– сопротивление провода (R): 0.068 Ом/м;

– КПД преобразователя (η): 80 %.

1. Расчет силы тока в линии:

$$I_{\text{линии}} = \frac{P_{\text{устр}}}{U_{\text{пит}} \cdot \eta} = \frac{12}{48 \times 0{,}8} = 0{,}3125\ \text{А}$$

2. Расчет падения напряжения на линии:

$$\Delta U = I_{\text{линии}} \cdot R_{\text{линии}} = 0{,}3125 \times (0{,}068 \times 100) = 2{,}125\ \text{В}$$

3. Проверка на устройстве:

$$U_{\text{устр}} = U_{\text{пит}} - \Delta U = 48 - 2{,}125 = 45{,}875\ \text{В}$$

Результаты показывают, что при указанных параметрах напряжение на устройстве остается достаточно высоким для его стабильной работы. Это подтверждает возможность использования PoE для устройства на длине кабеля 100 м. Стоит отметить, что эффективность передачи энергии по PoE зависит от выбора кабеля. При использовании Cat5e потери энергии возрастают на длинных участках по сравнению с Cat6 или Cat6a, которые обеспечивают более стабильное напряжение на расстоянии до 100 метров. Для энергоемких PoE-устройств рекомендуется применять кабели Cat6a, что позволяет минимизировать потери и поддерживать стабильность напряжения.

PoE применяется в различных отраслях:

1. Интеллектуальные здания – автоматизация освещения, HVAC, систем безопасности и видеонаблюдения, мониторинг температурных условий на складах [4];

2. Системы видеонаблюдения – PoE упрощает установку и управление IP-камерами;

3. VoIP-телефония – телефоны получают питание и данные по одному кабелю, что повышает надежность;

4. Wi-Fi сети – PoE питает точки доступа, поддерживая гибкость развертывания сети;

5. Автоматизация процессов учета – в крупных логистических центрах камеры с поддержкой PoE передают данные о состоянии грузов в режиме реального времени, что повышает точность учета.

Power over Ethernet – универсальная технология, которая активно используется в различных отраслях, сокращая затраты на инфраструктуру и повышая гибкость сетевых решений. Она играет ключевую роль в развитии умных зданий и IoT, обеспечивая питание для различных устройств.

Перспективы PoE связаны с интеграцией с сетями 5G, что позволит поддерживать высокие скорости передачи данных для IoT-устройств, а также с повышением энергоэффективности и защиты данных. Эти направления открывают новые возможности для повышения надежности, отказоустойчивости и производительности сетей.

Список используемых источников

1. Osorio F. G. et al. Sensor network using power-over-ethernet // IEEE, 2015.
2. Mendelson G. All you need to know about Power over Ethernet (PoE) and the IEEE 802.3 af Standard // Internet Citation, 2004.
3. Shen L. S. Power over ethernet (PoE) technical overview // Center for Energy and Environment, 2019.
4. Аввакумов А. С., Виноградов, П. Ю. Перспективы построения электропитания по технологии POE в сетях 5G и IOT. // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2023. Т. 3. С. 10–13.

Vinogradov P., Mihaylov R. **POWER OVER ETHERNET (POE) AND ITS APPLICATION IN MODERN NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Power over Ethernet (PoE) technology allows data and power to be transmitted over a single Ethernet cable, which greatly simplifies infrastructure and reduces costs. The article describes PoE principles, IEEE standards, calculation of PoE device power modes, applications and development prospects in the era of the Internet of Things (IoT).

Key words: Power over Ethernet, energy efficiency, IoT, networking technologies.

УДК 004.942
ГРНТИ 47.01.77

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЛУЧЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ В СРЕДЕ MATLAB

Е. А. Воскресенский
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья рассматривает один из методов моделирования многолучевых компонентов в среде MATLAB, который отличается универсальностью и высокой степенью оптимизации для построения траектории лучей и оценки их характеристик. Этот метод, единственный среди подобных, опирается на физические законы, включая закон Снеллиуса и законы дифракции, и может называться «методом с физическим основанием». В статье представлен пошаговый разбор данного метода и продемонстрирован результат трассировки лучей с его использованием.

метод SBR, ТГц, 6G, трассировка луча

На сегодняшний день двумя наиболее распространенными подходами для трассировки лучей являются метод изображения (Image method) и метод стрельбы и отражения лучей (Shooting and Bouncing Ray, SBR). В отличие от метода изображения, который позволяет с высокой эффективностью отслеживать луч достаточно точно, но с большими затратами времени, метод SBR позволяет отслеживать несколько лучей одновременно, с помощью алгоритма «поиск в ширину (breadth-first search, BFS)», что позволяет снизить вычислительную сложность. Такое преимущество делает данный метод более универсальным и эффективным для проведения сложных симуляций.

Метод SBR включает в себя четыре этапа:

1) формирования луча в точке передачи;
2) определения пути прохождения луча;
3) проверка возможности приема луча;
4) вычисление луча.

Для равномерной передачи энергии на первом этапе требуется создать набор лучей, равномерно распределенных по сфере. Чтобы снизить вычислительную сложность модели сферы, в [1] предлагается использовать правильный икосаэдр с 12 вершинами (см. рис. 1).

Передающая антенна располагается в центре икосаэдра, лучи могут проходить только через вершины. Число вершин икосаэдра невелико, а количество лучей ограничено, следовательно, совокупность этих двух факторов приводит к низкой разрешающей способности. Это особенно важно в радиоканалах, где профиль отражений

играет значительную роль в распространении радиосигнала, поскольку на него влияют факторы окружающей среды.

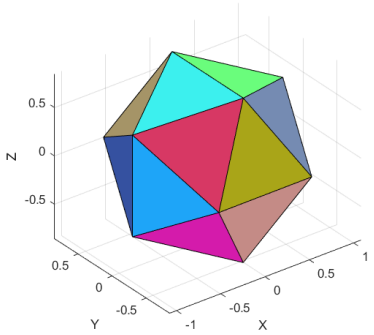


Рис. 1. Правильный икосаэдр с 12 вершинами

Длина волны терагерцового диапазона находится на уровне миллиметров и ниже, поэтому шероховатость материалов нельзя игнорировать, следовательно, требуется высокая разрешающая способность. В [2] сказано, что для повышения разрешающей способности возможно использовать геодезический купол. Использование метода геодезического разбиения для моделирования волнового фронта обеспечивает более детализированное представление распространения волн (рис. 2). Это позволяет моделировать более сложные профили отражений в радиоканале.

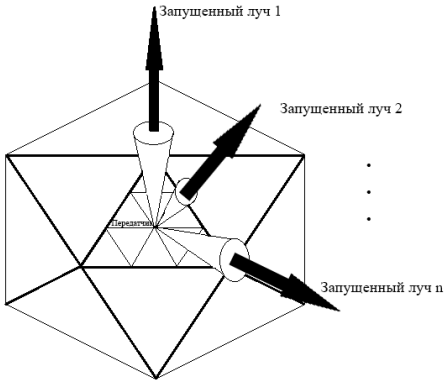


Рис. 2. Запуск лучей на основе выборки икосаэдра

В конце первого этапа каждый луч в системе получает уникальное направление распространения, ориентированное в трехмерном пространстве. Это означает, что луч имеет строго определенный вектор направления, задаваемый углом наклона и азимутом, что позволяет ему распространяться в заданную сторону.

Второй этап – это определение пути прохождения луча (этап трассировки). На данном этапе отслеживается путь каждого созданного луча в отдельности, с учетом заданных механизмов распространения (допустимое количество отражений, дифракций, рассеяний и т.д.), некоторые из них представлены на рисунках 3 и 4.

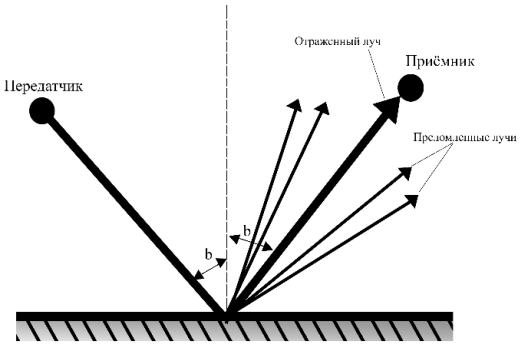


Рис. 3. Пример отражения и преломления луча

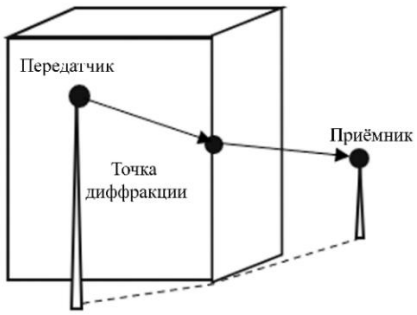


Рис. 4. Пример дифракции луча

Для определения возможных отражений используется алгоритм Моллера-Трумбора. Суть алгоритма заключается в разбиении поверхности на треугольные сегменты. Данный алгоритм позволяет определить место пересечения луча и поверхности, с точностью до размеров полигональной сетки, состоящей из треугольных сегментов. По окончанию второго этапа, для каждого луча создается иерархическая структура данных – дерево (RT Trees). Данные структуры служат для оптимизации процесса моделирования, и в последствии для выделения наиболее полезных лучей (с большей мощностью).

На третьем этапе определяются эффективные пути, с помощью структуры дерева. Пусть луч, который исследуется, будет корнем дерева, каждое его взаимодействие с поверхностью – ветвью, а пункт назначения (приемник) – листом. Зная, что при любом взаимодействии с поверхностью луч теряет энергию, следовательно, самым эффективным будет путь, в котором меньше всего корней. Из [3], видно, что используются «сферы приема», где радиус сфер определяется расстоянием между передающей антенной и приемной. Луч же представляет собой конус, в центре которого находится вектор (центральный луч) [4]. Если этот вектор пересекает сферу приема, то конус, который он представляет, будет вносить вклад в общее электрическое поле приемной антенны.

Остается лишь посчитать какую энергию «принес» луч, это делается на четвертом этапе метода SBR. Используя уравнение Максвелла для гармонических электромагнитных полей, электрическое поле $\vec{E}_{\theta,\varphi,i}$ для i-го принятого луча рассчитывается в соответствии с записью его распространения, что можно представить следующим образом:

$$\overrightarrow{Er}_{\theta,\varphi,i} = \left[\prod \vec{R}_{\theta,\varphi,j}\right] \cdot \left[\prod \vec{S}_{\theta,\varphi,k}\right] \cdot \left[\prod A_{\theta,\varphi,l}(s',s) \cdot \vec{D}_{\theta,\varphi,l}\right] \cdot \vec{A}_{d_i} \cdot \vec{E}_{\theta,\varphi,i}$$

где $\vec{E}_{\theta,\varphi,i}$ – начальное электрическое поле i-го принятого луча, $\vec{A}_{d_i}$ – коэффициент ослабления в свободном пространстве, а $\vec{R}_{\theta,\varphi,j}$, $\vec{S}_{\theta,\varphi,k}$ и $\vec{D}_{\theta,\varphi,l}$ – коэффициенты j-го отражения, k-го рассеяния и l-ой дифракции соответственно. Функция $A_{\theta,\varphi,l}(s',s)$ представляет собой функцию затухания.

В канале, где базовые станции, оснащены большим количеством антенн, электрические поля необходимо складывать когерентно с учетом фазы. Общее электрическое поле $\overrightarrow{Er}_{\theta,\varphi}$, полученное в определенной точке приема, накапливается из полей $\overrightarrow{Er}_{\theta,\varphi,i}$ в соответствии с линейностью уравнений Максвелла, что можно рассчитать, как:

$$(Er)_{\theta,\varphi} = \left| \sum_{n=1}^{N_p} \overrightarrow{Er}_{\theta,\varphi,n} \right|$$

где N_p – количество компонент многолучевого распространения (MPCs).

После получения расчетных данных строится визуальная траектория распространения каждого луча в трехмерном пространстве. Визуализация позволяет наглядно проанализировать, как луч взаимодействует с различными объектами на своем пути. Параллельно с визуализацией отображаются ключевые характеристики каждого луча. Этот этап анализа помогает выявить возможные потери мощности на трассе распространения радиоволн. На рисунке 5 показан пример моделирования в городе Санкт-Петербург на проспекте Большевиков.

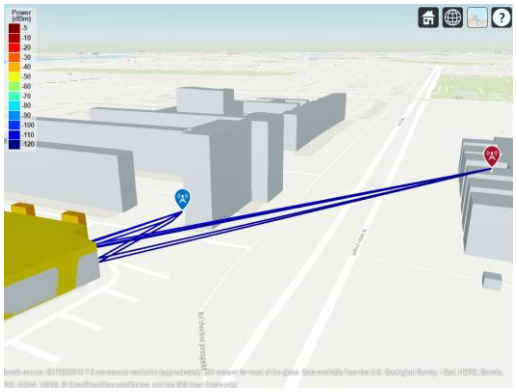


Рис. 5. Пример моделирования в САПР MATLAB

Передающая антенна расположена на крыше здания СПбГУТ, а приемная антенна размещена за зданием, находящимся напротив университета. Из-за отсутствия прямой видимости между передающей и приемной антеннами в параметрах моделирования было задано максимальное количество отражений луча, равное одному. Частота 28 ГГц. Видно, что при таких параметрах до точки приема доходят только четыре луча, отраженные от соседнего здания – торгового центра «Смайл».

Метод трассировки лучей с опорой на законы геометрической оптики в данном контексте является одним из наиболее эффективных и точных методов моделирования. Он позволяет с высокой детализацией учитывать сложные процессы взаимодействия луча с различными поверхностями, особенно в высокочастотных диапазонах.

Метод представляет собой перспективный инструмент для исследований в сетях шестого поколения, которые предполагают использование терагерцового диапазона.

Список используемых источников

1. Durgin G., Patwari N. and Rappaport T. S. An advanced 3D ray launching method for wireless propagation prediction // 1997 IEEE 47th Vehicular Technology Conference. Technology in Motion, Phoenix, AZ, USA, 1997. Vol. 2.PP. 785–789, doi: 10.1109/VETEC.1997.600436.
2. Фокин Г. А. Позиционирование в условиях отсутствия прямой видимости с использованием цифровых моделей местности // T-Comm. 2019. № 11. URL: https://cyberleninka.ru /article/n/pozitsionirovanie-v-usloviyah-otsutstviya-pryamoy-vidimosti-s-ispolzovaniem-tsifrovyh-modeley-mestnosti (дата обращения: 11.11.2024).
3. Wang Y. et al. An SBR Based Ray Tracing Channel Modeling Method for THz and Massive MIMO Communications // 2022 IEEE 96th Vehicular Technology Conference (VTC2022-Fall), London, United Kingdom, 2022. PP. 1–6, doi: 10.1109/VTC2022-Fall57202.2022.10012996.
4. Yun Z., Iskander M. F. Ray Tracing for Radio Propagation Modeling: Principles and Applications // in IEEE Access, vol. 3, pp. 1089-1100, 2015, doi: 10.1109/ACCESS.2015.2453991.

Voskresenskiy E. **MULTIPATH MODELING A COMPONENT IN THE MATLAB ENVIRONMENT.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article considers one of the methods of modeling multipath components in the MATLAB environment, which is characterized by versatility and a high degree of optimization for constructing the trajectory of rays and evaluating their characteristics. This method, the only one among its kind, is based on physical laws, including Snellius' law and the laws of diffraction, and can be called a "method with a physical basis". The article presents a step-by-step analysis of this method and demonstrates the results of ray tracing using it.

Key words: SBR method, THz, 6G, ray tracing.

УДК 62-519
ГРНТИ 49.43.29

ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ СШП РАДИОЛИНИИ УПРАВЛЕНИЯ БЛА БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ

О. П. Добрая
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в настоящее время имеют высокую актуальность, решая задачи гражданской и военной авиаций. Радиолиния управления БПЛА должна отвечать высоким требованиям, необходимым для устойчивого управления. В связи с этим имеет смысл улучшить радиолинию и тем самым повысить эффективность эксплуатации БПЛА. Использование сверхширокополосной радиолинии (СШП) дает возможность решения поставленной задачи. В данной статье представлен эксперимент, выполненный в реальных условиях полета, реализуемый для оценки максимальной дальности радиолинии управления БПЛА ближнего действия с использованием широкополосной передачи сигналов.

БПЛА, радиолиния управления БПЛА, СШП радиолиния, БПЛА ближнего действия, максимальная дальность, эксперимент

Для эффективной эксплуатации БПЛА требуется наличие надежной, высокоскоростной и устойчивой связи с низкими задержками [1] для осуществления передачи команд управления БЛА и получения телеметрии БПЛА.

На данный момент большая часть систем с БПЛА работают на частотах в диапазонах 800-900 МГц и 2400 МГц. Как следствие возникает перегрузка и некорректное использование частотного ресурса, что связанно с нехваткой диапазона. Также при данном сценарии использования частот преобладает наличие непреднамеренных помех в канале связи, которые подавляют сигнал, тем самым оказывая негативное влияние на качество радиолинии между БПЛА и пунктом управления.

Использование СШП радиолинии дает возможность оптимального решения преодоления недостатков существующих систем связи, вследствие чего разработка данной линии связи становится актуальной задачей на сегодняшний день.

Система СШП-связи характеризуется полосой пропускания, превышающей или равной 500 МГц. В Соединенных Штатах Федеральная комиссия по связи (FCC) разрешает СШП-связь в диапазоне от 3,1 до 10,6 ГГц. В Европе Комитет по электронным коммуникациям разрешает передачу данных в диапазоне от 3,1 до 9 ГГц с несанкционированным диапазоном от 4,8 до 6 ГГц [2].

Принцип построения СШП радиолиний основан на импульсном подходе – передача информации осуществляется с помощью импульсов (менее 1 нс), которые

занимают очень короткие временные промежутки и имеют широкий спектр частот [3]. Такой подход позволяет использовать значительно более широкий спектр частот, достигать больших значений передачи данных и уменьшать влияние интерференции других систем.

Для использования СШП радиолинии управления БПЛА в реальных условиях полета необходимо знать максимальную дальность действия линии связи. Определение данной характеристики является важным параметром, так как за пределами действия линии связи БПЛА переходит в автономный режим, при котором нет возможности корректирования полета и параметров БПЛА со стороны оператора управления БПЛА.

Для первоначальной апробации СШП радиолинии был проведен экспериментальный полет в сценарии, приближенном к идеальной модели распространения сигнала, в которой наличие источников многолучевого распространения сигнала было сведено к минимуму.

Объектами летного эксперимента являлись:

– экспериментальный образец СШП радиолинии;

– БПЛА.

Для проведения экспериментальных исследований в ходе летного эксперимента задействовалось следующее оборудование:

– антенна с облучателем диапазона 3500 МГц и коэффициентом усиления 24 дБ;

– поворотное устройство с системой автоматического наведения на БПЛА;

– бортовой модуль командно-телеметрической радиолинии СШП;

– бортовая антенна диапазона 3500 МГц.

Запуск БПЛА осуществляется с пусковой установки, стартовая позиция БПЛА приведена на рис. 1.



Рис. 1. Стартовая позиция БЛА

После установки БПЛА на пусковую установку был осуществлен запуск БПЛА. БПЛА, набрав высоту 2000 м, был направлен по заданному маршруту, разработанному на этапе предварительной подготовки. При этом осуществлялся устойчивый обмен информационными пакетами по линии связи СШП, наблюдалась прямая видимость между БПЛА и наземных пунктом управления. Оценка работоспособности радиолинии СШП производилась путем измерения уровня сигнала на земле и на борту, измерением отношения сигнал-шум на земле и на борту, а также определением процентов сбоя в радиоканале с помощью встроенных средств специального программного обеспечения управления радиолинией.

Устойчивый радиообмен по линии связи СШП сохранялся до удаления БПЛА на 71 км от пункта управления. Пример отображения устойчивого радиообмена представлен на рис. 2.



Рис. 2. Отображение устойчивого радиообмена

При достижении дальности в 72 км произошел срыв радиообмена. Отображение отсутствия связи представлено на рис. 3. Характер разрыва связи указывает на прекращение прямой радиовидимости. После чего БПЛА перешел в автономный режим и направился в обратном направлении по маршруту в точку стартовой позиции. На расстоянии 71 км от наземного пункта управления радиообмен восстановился. После чего БПЛА совершил успешную посадку в районе стартовой позиции.



Рис. 3. Отсутствие связи

В данном экспериментальном исследовании был рассмотрен вариант повышения эффективности радиолинии управления БПЛА за счет использования СШП радиолинии. В ходе летного эксперимента в реальных условиях было определено максимальное расстояние, на котором радиообмен по линии связи СШП осуществлялся

устойчиво при любом ракурсе БПЛА относительно наземного пункта управления. Расстояние всеракурсной устойчивой связи составило 71 км.

Список используемых источников

1. Добрая О. П. Требования к СШП радиолинии управления БЛА ближнего действия, 2023. URL: https://pkm.sut.ru/documents/Материалы %20конференции %20ПКМ %202023 %20Том %201.pdf (дата обращения 23.10.2024).
2. Koncar V. Smart Textiles and Their Applications, 2016. ISBN: 9780081005743.
3. Радзиевский В.Г., Трифонов П.А. Обработка сверхширокополосных сигналов и помех. М.: Радиотехника, 2009 г.

Dobraya O. **ESTIMATION OF THE MAXIMUM RANGE OF THE UWB SHORT-RANGE UAV CONTROL RADIO LINK.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Unmanned aerial vehicles (UAVs) currently have a wide range of applications, solving the tasks of civil and military aviation. The UAV control radio line must meet the high requirements necessary for sustainable UAV control. In this regard, it makes sense to improve the radio line and thereby increase the operational efficiency of UAV systems. The use of an ultra-wide-band radio line (UWB) makes it possible to solve the task. This article presents an experiment performed in real flight conditions, implemented to estimate the maximum range of a short-range UAV control radio link using broadband signal transmission.

Key words: unmanned aerial vehicle (UAV), UAV control radio line, ultra-wideband (UWB) radio line, short-range UAV, requirements for the UAV control radio line, maximum range, experiment.

УДК 621.396.7
ГРНТИ 49.43.01

АНАЛИЗАТОРЫ РАДИОКАНАЛА СЕТИ LTE

А. И. Дюдин, Е. В. Занозин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматриваются четыре популярных реализации снифферов для мониторинга и анализа LTE сетей: LTEye, OWL, FALCON и LTESniffer. Описывается функциональность каждой платформы, включая их уникальные возможности и особенности. Подробно описывается архитектура LTESniffer, как наиболее современного решения, демонстрирующего возможность декодирования данных и адаптации к различным условиям радиосвязи, что позволяет собирать информацию о пользователях и их устройствах.

LTE, анализ сети, сниффинг, безопасность сети

На момент написания данной глобальное покрытие технологии LTE (Long-Term Evolution) достигает 92 % [1]. В концепции LTE абонентские терминалы подключаются к базовым станциям по беспроводному интерфейсу E-UTRAN Uu, затем трафик попадает в ядро сети и из ядра сети открывается доступ в публичную сеть.

Поскольку трафик передается по беспроводному интерфейсу к базовой станции, его может перехватить и декодировать любой желающий. Для этого существуют такие инструменты как LTE-снифферы. LTE-сниффер – это инструмент, позволяющий пассивно перехватывать данные абонентских терминалов в соте. В отличие от обычных UE, которые декодируют только предназначенный им трафик, сниффер декодирует весь трафик в эфире.

Снифферы используют для таких задач, как: трекинг идентификаторов пользователей сотовой связи [2]; определение присутствия или точного местоположения конкретных пользователей и запись телефонных разговоров [3, 4]; идентификации видеороликов, которые смотрят пользователи сети [5, 6]; отслеживание количества пользователей и пропускной способности сети [7].

Выделяют четыре самых популярных реализации LTE снифферов: LTEye [8], OWL [9], FALCON [10], LTESniffer [11].

LTEye. LTEye – это инновационная платформа, предназначенная для мониторинга и анализа производительности радиосети LTE с высокой временной и пространственной точностью. LTEye позволяет подробно наблюдать за производительностью радиосети LTE на уровне пользователя, предоставляя информацию о различных аспектах функциональности сети. Это первая открытая платформа такого рода, позволяющая исследователям и практикам получать доступ к ее возможностям для различных приложений в области анализа сетей LTE. Хотя позиционирование явля-

ется второстепенной функцией, LTEye может помочь в отслеживании пользовательского оборудования, измеряя угол прихода сигналов восходящей связи, что помогает определять физическое местоположение устройств.

OWL. OWL LTE Sniffer способен осуществлять слепое декодирование сообщений управления в канале PDCCH (Physical Downlink Control Channel) LTE. OWL может декодировать сообщения DCI (Downlink Control Information) без знания C-RNTI (Cell Radio Network Temporary Identifier) активных пользователей, что позволяет ему поддерживать список активных идентификаторов для повышения точности и скорости декодирования. OWL предлагает графический декодер, который показывает онлайн-спектрограмму и средние количество ресурсов, используемых в канале. Так же платформа совместима с несколькими форматами DCI, что позволяет ему обрабатывать различные типы сообщений управления. Является открытым исходным кодом и построен на базе проекта srsLTE [12], что обеспечивает его модульность и возможность дальнейшего развития.

FALCON. FALCON является альтернативой OWL, которая обеспечивает сопоставимые функциональные возможности для мониторинга сотовых сетей LTE. Проект также нацелен на сценарии использования, требующие кратковременного мониторинга, мобильности или повышенной устойчивости к неидеальным условиям радиосвязи.

LTESniffer. LTESniffer является самым современным снифферором на момент написания данной работы. Ключевой особенностью данного программного обеспечения является возможность декодировать каналы передачи данных.

Рассмотрим принцип работы LTESniffer подробнее.

Базовые станции используют различные параметры радио соединения (например, сигнально кодовые конструкции) с целью рационального использования радиоспектра и обеспечения высокого качества обслуживания для абонентов. Большинство сообщений в сети зашифровано. Разработчики LTESniffer решают три сложных задачи по декодированию восходящих и нисходящих линий связи: синхронизации, определения радио конфигурации, декодирования каналов данных.

Ниже представлена и рассмотрена структурная схема работы программного обеспечения LTESniffer (рис. 1).

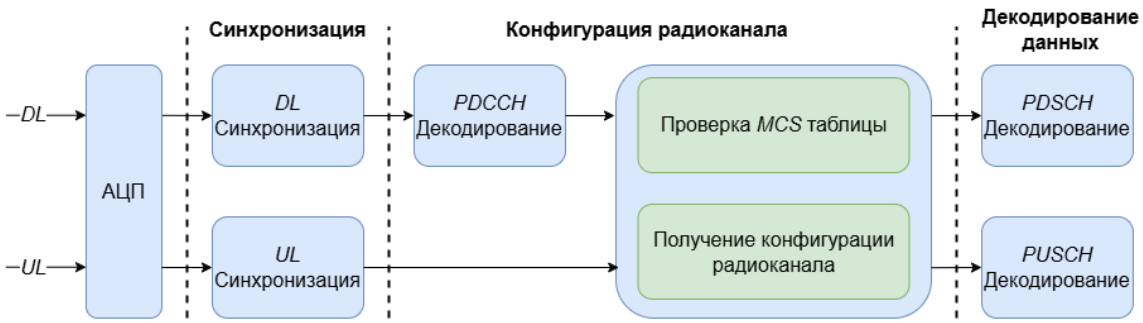


Рис.1. Архитектура LTESniffer

АЦП. Аналого-цифровое преобразование сигналов базовой стации и абонентского терминала производится модулями srsENB и srsUE соответственно.

Синхронизация. Фактором, затрудняющим декодирование сообщений, является несогласованный прием сигналов восходящей линии. Поскольку абонентских терминалов всегда много, на стороне сниффера сигналы от абонентских терминалов приходят с разными задержками из-за разных расстояний до сниффера. Но LTESniffer выравнивает задержи абонентских терминалов с помощью алгоритмов из srsRAN. Синхронизация нисходящего канала происходит путем поиска широковещательных сигналов (т. е. первичного сигнала синхронизации и вторичного сигнала синхронизации) для корректного декодирования нисходящей линии связи. А синхронизация восходящего канала производится относительно сигналов нисходящего канала.

Конфигурация радиоканала и декодирование данных. Определение модуляционно кодирующей схемы необходимо для успешного декодирования линии связи. Известно, что информация о MCS передается в нисходящем канале и сниффер может определить индекс MCS, однако информация о таблицах соответствия индекса сигнально кодовой конструкции остается недоступной. Аналогичная ситуация наблюдается в восходящем канале. В LTESniffer используется вывод MCS на основе результатов декодирования каналов передачи данных (PDSCH и PUSCH). Декодирование происходит методом перебора всех возможных MCS для определения правильного размера пакета и модуляции. В рассматриваемом сниффере вывод таблиц MCS производится один раз для каждого абонентского терминала что позволяет экономить вычислительные ресурсы.

Декодер PDCCH выполняет функции декодирования сообщений DCI и идентификации RNTI. После декодирования PDCCH LTESniffer получает информацию о расположение пользовательских данных в PDSCH, индекс MCS для декодирования канала данных и размер пакета данных нисходящего канала.

Существует три ключевых параметра конфигурации радио соединения: распределение мощности по каналам в нисходящей линии (downlink power allocation), передача сигнализации по восходящей линии (uplink control information), контроль состояния восходящего канала (channel state information). Обладание информацией об этих трех, постоянно изменяющихся параметрах является важным фактором при декодировании сообщений. На основе полученной информации о каналах данных появляется возможность декодировать трафик.

Благодаря возможности декодирования данных сниффером появляется возможность собирать различные идентификаторы пользователей из незашифрованных сообщений. Таким образом можно собрать TMSI, RNTI, IMSI, пользуясь этими данными можно отслеживать устройства, включая их местоположение. Так же используя LTESniffer можно собрать информацию о типах(категориях) устройств.

В результате анализа существующих реализаций LTE снифферов, таких как LTEye, OWL, FALCON и LTESniffer, можно сделать вывод о значительном прогрессе в области мониторинга и анализа LTE сетей. Каждая из упомянутых платформ обладает уникальными характеристиками и функциональными возможностями, что позволяет исследователям и практикам эффективно осуществлять анализ производительности радиосетей.

Список используемых источников

1. Mobile coverage rate worldwide from 2011 to 2029, by technology. URL: https://www.statista.com/statistics/1016292/mobile-coverage-by-technology-worldwide/ (дата обращения 30.10.2024).
2. Kotuliak M., Erni S., Leu P., Röschlin M., and Capkun S.. LTRACK: Stealthy Tracking of Mobile Phones in LTE URL: https://www.usenix.org/system/files/sec22-kotuliak.pdf (дата обращения 01.11.2024).
3. Rupprecht D., Kohls K., Holz Th., Pöpper Ch. Eavesdropping Encrypted LTE Calls With REVOLTE. URL: https://www.usenix.org/system/files/sec20-rupprecht.pdf (дата обращения 01.11.2024).
4. Lakshmanan N., Budhdev N., Min Suk Kang, Mun Choon Chan, Jun Han. A Stealthy Location Identification Attack Exploiting Carrier Aggregation in Cellular Networks. URL: https://usenix.org/system/files/sec21-lakshmanan.pdf (дата обращения 01.11.2024).
5. Lost traffic encryption: fingerprinting LTE/4G traffic on layer two. URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3317549.3323416 (дата обращения 02.11.2024).
6. Breaking LTE on Layer Two. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8835335 (дата обращения 02.11.2024).
7. Bui N., Widmer J. OWL: a Reliable Online Watcher for LTE Control Channel Measurements URL: https://arxiv.org/pdf/1606.00202 (дата обращения 02.11.2024).
8. Kumar S., Hamed E., Katabi D., Li Erran Li. LTE Radio Analytics Made Easy and Accessible URL: https://swarunkumar.com/papers/lteye-sigcomm2014.pdf (дата обращения 02.11.2024).
9. OWL: a reliable online watcher for LTE control channel measurements. URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/2980055.2980057 (дата обращения 02.11.2024).
10. FALCON – Fast Analysis of LTE Control channels. URL: https://github.com/falkenber9/falcon (дата обращения 02.11.2024).
11. Tuan Dinh Hoang, CheolJun Park, Mincheol Son, Taekkyung Oh, Sangwook Bae, Junho Ahn, Beomseok Oh, Yongdae Kim. LTESniffer: An Open-source LTE Downlink/Uplink Eavesdropper. URL: https://syssec.kaist.ac.kr/pub/2023/wisec2023_tuan.pdf (дата обращения 07.11.2024).
12. Open source SDR 4G software suite from Software Radio Systems (SRS). URL: https://github.com/srsran/srsRAN_4G (дата обращения 07.11.2024).

Dyudin A. Zanozin E. **LTE NETWORK RADIO CHANNEL ANALYZERS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This paper discusses four popular sniffer implementations for monitoring and analyzing LTE networks: LTEye, OWL, FALCON and LTESniffer. The functionality of each platform is described, including their unique features and capabilities. The architecture of LTESniffer, as the most advanced solution, is described in detail, demonstrating its ability to decode data and adapt to different radio conditions, allowing it to collect information about users and their devices.

Key words: LTE, Network Analysis, Sniffing, Network Security.

УДК 53.06
ГРНТИ 49.27.99

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

И. М. Зарубин, Е. В. Котенева, Н. Е. Старицын, А. Д. Сухотерина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе исследуется применение ультразвуковых волн для организации беспроводной связи. Подчеркивается, что при высоких требованиях к электромагнитной совместимости и кибербезопасности ультразвук является эффективной альтернативой радиосвязи. Рассматриваются проблемы при организации связи в воздушной среде, приводятся методы их решения.

ультразвуковой канал передачи данных, ультразвук, беспроводная связь

Ультразвук – это акустическая волна в неслышимом для человека диапазоне частот от 20 кГц. Почти сразу после исследования особенностей ультразвука было предложено использовать его для обнаружения подводных лодок [1] и передачи данных под водой. Например, дайверы используют специальные передатчики, которые преобразуют речь в полосе частот от 0,3 до 4 кГц в ультразвуковой диапазон от 25 до 33 кГц [2]. В большинстве случаях разумно использовать радиосвязь – это хорошо исследованная, надежная и быстрая технология передачи данных. Однако существуют условия, в которых предъявляются жесткие требования к электромагнитной совместимости, а также кибербезопасности. В таких условиях предпочтение отдается проводной связи. Однако такие линии ограничивают абонентов в мобильности, кроме того, не во всех местах возможно проложить проводную линию связи, а организация сети на тысячи абонентов является задачей трудозатратной не только в техническом плане, но и в материальном. Альтернативой проводной связи с точки зрения безопасности и электромагнитной совместимости может выступать беспроводная связь с передачей сообщений посредством ультразвуковых волн, которые не вызывают значительных электромагнитных помех из-за своей природы распространения в среде: они являются механическими колебаниями, а не электромагнитными.

К условиям с повышенными требованиями к обеспечению электромагнитной совместимости и кибербезопасности можно отнести системы управления на атомных электростанциях (АЭС) [3]. Обычно руководство отказывается от беспроводных систем управления, из-за возможности проникновения злоумышленников в канал связи и сложностей, связанных с электромагнитной совместимостью (ЭМС), недостаточная проработка которой может привести к сбою, выдаче ложных команд или даже отказу. С помощью ультразвуковых волн можно существенно упростить процесс проектирования оборудования с учетом ЭМС. Кроме того, в отличие от ра-

диосигналов, ультразвуковые волны очень быстро затухают, из-за чего с увеличением расстояния их намного сложнее перехватить. Например, при нормальных значениях давления и влажности, а также при температуре, равной 20 °C, ультразвук на частоте 100 кГц имеет коэффициент затухания 3 дБ/м (рис. 1). Придерживаясь описанных соображений, французская компания Stimshop разработала и внедрила ультразвуковые приемопередатчики для территорий АЭС, где применение радиосвязи крайне нежелательно [4].

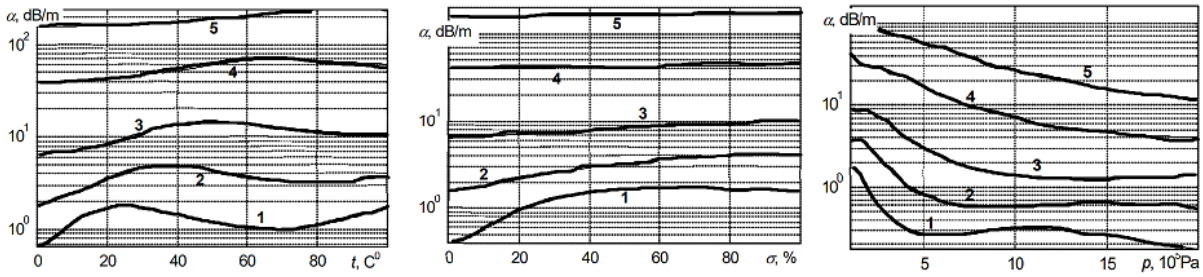


Рис. 1. Зависимость коэффициента затухания ультразвука от температуры (слева), влажности (центр) и давления (справа). Для частот: 1) 50 кГц; 2) 100 кГц; 3) 200 кГц; 4) 500 кГц; 5) 1 МГц

Ультразвуковая передача данных может также эффективно применяться для передачи информации внутри человеческого тела, например, для связи между имплантами и датчиками, а также системами мониторинга и предсказания заболеваний. Кроме того, ультразвуковой канал не создает электромагнитные помехи, которые могут помешать чувствительным приборам, например, для записи электромагнитной активности мозговых нейронов [5, 6].

Ультразвук можно применять для организации связи большого количества близкорасположенных (на расстоянии до 20 м) беспроводных устройств Интернета вещей. При использовании радиосвязи большое количество датчиков, расположенных в малом объеме, создают сложную электромагнитную обстановку, что ведет к усложнению конструкции и протоколов передачи данных. Вместо радиосвязи допустимо использовать систему передачи с помощью инфракрасного излучения, благодаря которому приемники и передатчики можно без проблем разнести в пространстве. Однако инфракрасный канал связи требует прямой видимости и не устойчив к физическим препятствиям. В свою очередь, ультразвуковые системы передачи данных таким ограничением не обладают. Благодаря быстрому затуханию сигнала в воздухе и хорошей направленности датчиков (ширина луча вплоть до 10° – 15° [7]) такие системы способны обеспечить лучшее, чем при радиосвязи, пространственное разделение на расстоянии между датчиками от 5 см [8].

В качестве источника и приемника ультразвука лучше всего подходят пьезоизлучатели, а в качестве ультразвукового канала может использоваться любая среда, где возможно распространение механических волн, то есть любая среда, за исключением космоса и вакуума [9]. Однако при распространении ультразвука в воздухе возникают значительные сложности.

В первую очередь из-за большой разности импедансов между ультразвуковым излучателем и воздушной средой возникают высокие потери в передаче мощности [10]. Например, акустический импеданс кварцевой пластинки с AT-срезом (рис. 2) составляет 8.8 × 106 кг/(м³·с) [11], в то время как для воздуха – 428 кг/(м³·с), а для воды – 1.5 × 106 кг/(м³·с) [10]. Решить проблему можно с помощью согласующих промежуточных слоев с разными импедансами (рис. 3) [10, 12].

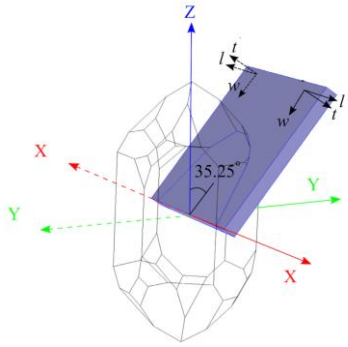


Рис. 2. Вырез кварцевой пластинки под углом 35° – AT-срез [13]



Рис. 3. Схематическое изображение ультразвукового преобразователя с несколькими переходными слоями

Другая проблема, с которой придется столкнуться при проектировании ультразвуковых систем передачи данных, заключается в небольшой скорости распространения волны (порядка 300 м/с в воздухе и 1500 м/с в воде) и многолучевых отражениях сигнала, из-за чего возникают сложности в реализации скоростной передачи данных. Так, например, при передаче данных внутри человеческого тела можно достичь скорости, кратной десяткам Мбит/с, при использовании излучателей с резонансной частотой выше 1 МГц и мультиплексированием с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) [6]. При передаче в воздушной среде в мегагерцовом диапазоне тоже можно достичь такой скорости с OFDM модуляцией, но на расстоянии менее чем 1 м. При увеличении расстояния приходится снижать рабочие частоты из-за сильного затухания сигнала. Так при давлении в 0,1 Мпа, относительной влажности воздуха 60 % и температуре 40 °C на 50 кГц коэффициент затухания составляет примерно 3 дБ/м, а на частоте 100 кГц – коэффициент затухания примерно равен 4,5 дБ/м. Таким образом, в воздушной среде на расстоянии более 10 м рационально использовать передатчики с частотами от 30 кГц до 50 кГц [10]. Из-за наложенных физических ограничений сложно достичь скорости передачи выше 40 кбит/с на расстоянии более 10 м в лабораторных условиях. Если учесть помехи, ко-

торые создают разные механические устройства, то скорость передачи может упасть до 4 – 10 кбит/с.

В целом для работы в условиях высокого затухания рекомендуется увеличивать мощность передатчика, использовать частоты ниже 100 кГц, а для передачи информации применять фазовые и частотные методы модуляции, а таже мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM).

Список используемых источников

1. Elias; Some Background History of Ultrasonics. J. Acoust. Soc. Am. 1 September 1948; 20 (5): 601–604. DOI: 10.1121/1.1906413.
2. Underwater Communications Systems // Divers Alert Network. URL: https://dan.org/alert-diver/article/underwater-communications-systems/ (дата обращения 05.11.2024)
3. Mazurek G. Basic channel parameters of ultrasound transmission in air // 2018 22nd International Microwave and Radar Conference (MIKON), Poznan, Poland, 2018. PP. 607–609. DOI: 10.23919/MIKON.2018.8405300
4. Александр Ю. Беспроводное управление атомной станцией: далекая реальность или смелая фантазия? Включи WiFi и управляй! // Вестник автопрома, 2016. Выпуск № 7.С. 10 – 15.
5. Саидов Б. Б. Исследование и разработка алгоритмов обработки электрокардиосигналов в ультразвуковых приемопередающих устройствах: дис. … канд. техн. наук: 2.3.1 / Саидов Бехруз Бадридинович. Южно-Уральский государственный университет. Челябинск. 2023. 141 с.
6. Demirors E., Alba G., Santagati G. E., Melodia T. High data rate ultrasonic communications for wireless intra-body networks // 2016 IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN), Rome, Italy, 2016, pp. 1-6, DOI: 10.1109/LANMAN.2016.7548843. Piezoelectric Ceramics (PIEZOTITE) Sensors. Cat. No. P19E-9. Manufacturing Co., Ltd.
7. Novak E., Tang Z., Li Q. Ultrasound Proximity Networking on Smart Mobile Devices for IoT Applications // in IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 1, pp. 399-409, Feb. 2019, DOI: 10.1109/JIOT.2018.2848099.
8. Войцеховский А. В., Скрыльников А. А. Функциональная акустоэлектроника: Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2013. 362 с.
9. Bond L. J., Absorption of ultrasonic waves in air at high frequencies (10–20 MHz) // The Journal of the Acoustical Society of America, 92(4), 2006–2015. DOI: 10.1121/1.405251.
10. Quartz crystal microbalance. Wikipedia. The Free Encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Quartz_crystal_microbalance (дата обращения 01.11.2024)
11. Домаркас В. И. О согласовании пьезоэлектрического преобразователя с рабочей средой // Акустический журнал. Вып. 5. Том XX. 1974. С. 718 – 725.
12. Piezoelectric Materials: Applying the Standards / COMSOP Blog/ URL: https://www.comsol.com/blogs/piezoelectric-materials-applying-the-standards (дата обращения 01.11.2024)

Zarubin I. **INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING ULTRASONIC DATA TRANSMISSION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article explores the use of ultrasonic waves to establish wireless communication. It is emphasized that with high requirements for electromagnetic compatibility and cybersecurity, ultrasonic communication is an effective alternative to radio communication. The problems associated with the implementation of ultrasound transmission in the air are discussed, as well as the proposed methods for their solution.

Key words: ultrasonic data transmission channel, ultrasound, wireless communication.

УДК 628.9.048
ГРНТИ 49.27.99

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ VLC: ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И СУЩЕСТВУЮЩАЯ ПРОБЛЕМАТИКА

С. Э. Какусилумезу, В. Е. Коротин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

При упоминании технологий беспроводной связи в первую очередь вспоминаются системы спутниковой связи, Wi-Fi, Bluetooth, LTE. Не так давно была разработана технология под названием «Visible Light Communication» – связь по видимому свету, известная во всем мире как VLC. Эта технология также позволяет нам передавать информацию по беспроводной сети, причем особым способом, посредством видимого света.

VLC, Li-Fi, Wi-Fi, LT

Суть технологии «Visible Light Communication» (VLC) заключается в том, что частота мерцания светодиода используется для передачи цифрового сигнала в виде видимого света. При этом человек не заметит разницы между обычной лампой и лампой, которая передает данные. На стороне приема должен находиться фотодиод, например, камера. Кодирование и декодирование сигнала выполняют небольшие микропроцессоры. Если в одном светильнике установить как светодиод, так и фотодиод, их можно соединить друг с другом. Это позволит обойтись без центрального роутера и передавать сигнал между устройствами в любом направлении (рис. 1) [1].

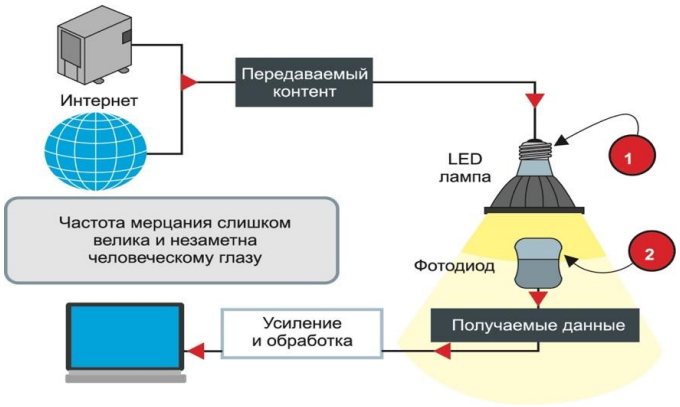


Рис. 1. Принцип работы технологии VLC

Преимущества технологии VLC, включая Li-Fi

1. Высокая скорость передачи данных. VLC может обеспечивать значительно более высокие скорости передачи данных по сравнению с традиционными радио-

сигналами. Это делает ее перспективной для приложений с высокими требованиями к пропускной способности [2].

2. Отсутствие радиочастотных помех при передаче данных. VLC использует видимый свет, и это позволяет избежать проблем с радиочастотными помехами, которые могут возникать в традиционных беспроводных сетях.

3. Экологичность метода. Использование для передачи данных обычных источников света, например, светодиодов, позволяет снизить потребление энергии и уменьшить углеродный след.

4. Минимальные задержки при передаче данных. VLC может обеспечивать низкие задержки при передаче данных. Это становится особенно актуальным для приложений, работающих в реальном времени, таких как видеоконференции или игры.

Перечисленные преимущества делают технологию VLC привлекательной для различных областей, включая связь, освещение и автоматизацию.

Недостатки технологии VLC, включая Li-Fi

1. Зависимость от видимого света. Технология VLC требует наличия источника освещения, который должен быть включен для передачи данных. Это ограничивает использование этой технологии в условиях низкой освещенности или в темноте.

2. Ограниченная дальность действия. Дальность передачи данных с использованием технологии VLC обычно меньше, чем у радиосигналов, т. к. световые сигналы затухают на больших расстояниях и подвержены влиянию препятствий.

3. Чувствительность к препятствиям. Свет не может проходить через непрозрачные объекты, такие как стены. Это ограничивает возможности использования технологии в сравнении с Wi-Fi.

4. Проблемы с совместимостью. Не все устройства поддерживают VLC, что может создать дополнительные сложности при внедрении технологии [3].

Технология VLC имеет широкий спектр применения и может значительно улучшить качество связи и взаимодействия в различных сферах жизни.

Практическое применение системы

Рассмотрим, где можно применить VLC на практике уже сегодня.

Прежде всего, высокая степень безопасности передаваемых данных делает очевидным использование технологии в армии и на флоте. Американцы, к примеру, уже в этом году тестируют свою систему под названием TALON для обеспечения защищенной от неприятеля связи между морскими судами во время маневров.

Если рассматривать гражданскую сферу применения, то на ум сразу приходят больницы и лаборатории, в которых чувствительное электронное оборудование сможет наконец быть подключено к Интернету. Это, в свою очередь, ускорит передачу и обработку исследовательских данных. Аналогичным образом Li-Fi может стать единственным стандартом для передачи данных на борту авиалайнеров.

Разработки в этом направлении сейчас ведутся компаниями Boeing и Lufthansa. Не исключено появление Li-Fi в социальных учреждениях и городских общественных пространствах: в школах, библиотеках, музеях, парках и многофункциональных центрах. Примером этому может послужить текущий проект внедрения Li-Fi во всем комплексе парижской подземки.

Также привлекательна технология обмена данными между автомобилями с использованием светодиодных фар (Car-2-Car Communication). Производители рассчитывают научить автомобили передавать экстренную информацию о резком снижении скорости движения на автобанах, аварийной ситуации на дороге, плохих метеоусловиях и затруднении движения. Более того, с неизбежным приходом автопилотируемых автомобилей Li-Fi может стать стандартом общения транспортных средств. А если подключить к системе передачи данных городские светофоры и информационные табло на трассах, то такое применение технологии выглядит вполне перспективно (рис. 2) [4].

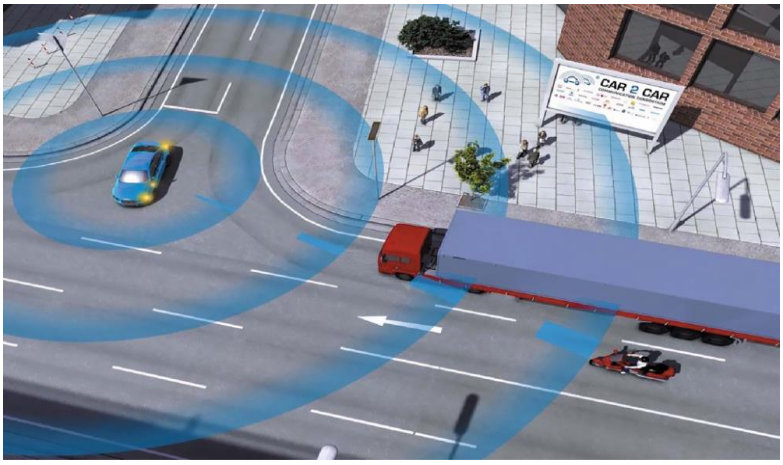


Рис. 2 Car-2-Car Communication

Список используемых источников

1. Кузнецов С., Огнев Б., Поляков С. 4,5 километра FSO-соединения с операторской надежностью // Технологии и средства связи. № 6.
2. Serafimovski Dr. Nikola. Facts of Li-Fi // Lighting Journal. 2014. № 16.
3. Kumar Navin. Visible Light Communication Based Traffic Information Broadcasting Systems // International Journal of Future Computer and Communication. 2014. Т. 3.
4. Dobler A., Lindenmeier S. Virtual test drive for car2car communication and its application on a synchronized switch di-versity // in 2022 14th German Microwave Conference (GeMiC). IEEE, 2022. PP. 212–215.

Kaksulimeso S., Korotin V. **CURRENT STATE OF VLC TECHNOLOGY: USAGE TRENDS AND CURRENT ISSUES.**

Today, when we talk about wireless communication technologies, we immediately think of satellite, Wi-Fi, Bluetooth, LTE, etc. but since some time, a technology called “Visible Light Communication”, known worldwide as VLC (Visual Light Communication), has been developed, which also allows us to transmit information wirelessly, and in a special way, through visible light.

Key words: VLC, Li-Fi, Wi-Fi, LTE.

УДК 621.396.13
ГРНТИ 49.43.29

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ С УЧЕТОМ ЗАДАЧ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

В. Е. Коротин, Е. А. Шмалюк
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современные профессиональные системы подвижной радиосвязи играют ключевую роль в организации устойчивых и эффективных коммуникаций для промышленных, государственных и специальных служб. В условиях активного импортозамещения особенно важно сравнить существующие стандарты транкинговой связи и определить отечественных производителей оборудования, способных обеспечить их реализацию.

профессиональные системы подвижной связи, транкинговая связь, DMR Tier III, APCO 25, TETRA

Введение

Профессиональные системы подвижной радиосвязи предназначены для организации устойчивой радиосвязи между абонентами в промышленных и технологических зонах. Эти системы делятся на две категории по режимам работы: транкинговые и коневенциональные. Преимущество транкинговых систем заключается в более эффективном использовании частотного ресурса: пока в конвенциональной системе пользователи закрепляются за отдельными каналами, транкинговые системы используют динамическое распределение частот, и канал предоставляется пользователю только на время передачи информации.

Существуют несколько признанных транкинговых стандартов: TETRA и DMR Tier III, которые различаются функциональными возможностями, уровнем сложности и стоимостью.

Прародителем вышеперечисленных современных стандартов является стандарт APCO 25. APCO Project 25 (P25) был создан для обеспечения стандартов цифровой радиосвязи в системах общественной безопасности. Главная цель стандарта заключалась в создании единой, открытой архитектуры для систем радиосвязи, которая бы позволяла разным агентствам и организациям эффективно взаимодействовать друг с другом, особенно в чрезвычайных ситуациях [1].

APCO-25 (P25) имеет две фазы, каждая из которых использует свои методы модуляции. В первой фазе используется C4FM (4-level Frequency Modulation) – четырехуровневая частотная модуляция. Во второй фазе используется CQPSK

(Compatible Quadrature Phase Shift Keying) – упрощенная квадратурная фазовая модуляция. Полоса канала составляет 12,5 кГц, но при этом используется технология TDMA (Time Division Multiple Access) – множественный доступ с временным разделением каналов, что позволяет передавать два речевых канала на одной частоте.

Хотя APCO 25 стал основой для последующих современных стандартов, каждый из них использует различные модуляционные схемы, адаптированные к их специфическим применениям.

1. Стандарт TETRA

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) – стандарт подвижной радиосвязи, разработанный Европейским институтом стандартов телекоммуникаций (ETSI). Транкинговые радиостанции и ретрансляторы подвижной радиосвязи стандарта TETRA предназначены для организации выделенных, ведомственных, внутрипроизводственных и технологических сетей подвижной радиосвязи [2].

К основным характеристикам TETRA относятся:

1. Поддержка групповой и индивидуальной связи. TETRA поддерживает групповые и индивидуальные вызовы, что позволяет эффективно организовывать связь между пользователями в зависимости от их задач.

2. Модуляция. Для передачи сигналов используется дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция с приращением фазы на интервале модуляционного символа, кратным π/4-DQPSK со скоростью передачи 36 кбит/с.

3. Разделение каналов. В радиоканале применяется множественный доступ с временным разделением каналов (Time Division Multiple Access – TDMA) с четырьмя каналами на одной несущей совместно с технологией частотного дуплекса (Frequency Division Duplex, FDD).

4. Частотная эффективность. TETRA достигает высокой частотной эффективности. В системе TETRA четыре логических канала могут быть размещены в полосе частот шириной 25 кГц. Это достигается благодаря использованию методов цифровой модуляции и TDMA, что позволяет более эффективно использовать доступный спектр частот.

5. Кодирование речи. Стандарт TETRA предусматривает использование речевого кодека ACELP (линейное предсказание с возбуждением от алгебраической кодовой книги) со скоростью 4,8 кбит/с.

Таким образом, стандарт TETRA может рассматриваться как высокозащищенное и надежное решение для ведомственных и государственных служб, а также для крупных промышленных объектов с высокими требованиями к безопасности и надежности сети.

Перечень отечественного оборудования для этого стандарта приведен в таблице 1.

2. Стандарт DMR tier III

Digital Mobile Radio (DMR) – стандарт цифровой радиосвязи, созданный Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) в 2005 году. Главной задачей ETSI была разработка открытого и стандартизированного протокола, доступного для производителей оборудования, который обеспечивал бы совместимость устройств разных брендов и позволял предоставлять качественную связь при минимальных затратах [3].

Будучи альтернативой более сложным и дорогим системам, таким как TETRA, предназначенным для крупных организаций и государственных служб, DMR изначально разрабатывался для предприятий меньших масштабов с минимальными затратами на оборудование и инфраструктуру. Отдельной задачей стандарта выступала оптимизация работы связи в условиях загруженного частотного спектра за счет повышения частотной эффективности.

Ключевые преимущества стандарта DMR включают следующие характеристики:

1. Поддержка групповой и индивидуальной связи. Сети стандарта DMR поддерживают как групповые, так и индивидуальные вызовы, что позволяет пользователям вести общение с отдельными лицами или группами.

2. Модуляция. Для модуляции в стандарте DMR используется 4-Level Frequency Shift Keying (4FSK). Этот метод модуляции обеспечивает стабильную и качественную передачу данных даже в условиях высоких помех.

3. Разделение каналов. Стандарт DMR использует радиоинтерфейс, основанный на технологии TDMA, которая поддерживает два временных слота на одном частотном канале шириной 12,5 кГц. Это позволяет эффективно использовать полосу частот и увеличивать количество независимых сеансов связи до двух.

4. Частотная эффективность. Частотная эффективность DMR повышена благодаря использованию TDMA на канале 12,5 кГц, что позволяет на одном канале проводить два независимых сеанса связи.

5. Кодирование речи. DMR использует кодек AMBE+2 для кодирования голоса, который обеспечивает высокое качество звука даже при низких скоростях передачи данных.

6. Совместимость. Важным отличием стандарта является его совместимость с аналоговыми системами, что позволяет постепенно переходить на цифровую связь, заменяя устаревшие радиостанции по мере необходимости.

Таким образом, транкинговые сети DMR Tier III идеально подходят для крупных и критически важных инфраструктур, таких как муниципальные службы, транспорт, крупные промышленные объекты, где важны надежность и гибкость управления каналами.

Перечень отечественного оборудования для этого стандарта приведен в таблице 2.

3. Обзор рынка современного оборудования с учетом требования по импортозамещению

ТАБЛИЦА 1. Перечень отечественных носимых радиостанций, поддерживающих стандарт TETRA

Носимые радиостанции		
Показатель/РС	Носимый терминал «Янтарь-Н»	Абонентская радиостанция МиниКом-АНР-2
Производитель	АО «Омский научно-исследовательский институт приборостроения» г. Омск	ГК «ИНФОРМТЕХНИКА» г. Москва
Диапазон частот	380-430 МГц, 410-470 МГц	412-417 / 422-427 МГц, 457,4-459 / 467,4-469 МГц
Ширина канала	25 кГц	25 кГц
Источник питания	1700 мА/ч, 2900 мА/ч	2400 мА/ч
Мощность передатчика	1 Вт	1,8 Вт
Чувствительность приемника	~ 0,6 мкВ	~ 0,6 мкВ
Температурный режим работы	-20 °С…+55 °С	-30 °С…+65 °С

ТАБЛИЦА 2. Перечень отечественных носимых радиостанций, поддерживающих стандарт DMR Tier III

Носимые радиостанции			
Показатель/РС	Носимая радиостанция Р-360	Рация Пульсар РНД-503	Носимая радиостанция стандарта DMR РН311М
Производитель	АО «Уральские заводы» г. Ижевск	КБ Пульсар-Телеком, г. Пенза	ООО «ИРЗ-Телеком» г. Ижевск
Диапазон частот	136-174 МГц, 400-470 МГц	146-174 МГц, 295-360 МГц, 400-470 МГц	146-174 МГц
Ширина канала	12,5 кГц	12,5 кГц	12,5 кГц
Источник питания	2000 м/Ач	2500 мА/ч	2500 мА/ч
Мощность передатчика	1 Вт, 2 Вт, 5 Вт	1 Вт, 2 Вт, 5 Вт	0,75 Вт, 1,75 Вт, 4,5 Вт
Чувствительность приемника	0,3 мкВ	0,3 мкВ	0,5 мкВ
Температурный режим работы	-25 °С…+55 °С	-25 °С…+50 °С	-25 °С…+55 °С

Анализируя таблицы 1 и 2, можно сказать, что параметры импортозамещенного оборудования связи для стандартов TETRA и DMR Tier III демонстрируют значительные перспективы для дальнейшего развития. Российские производители разрабатывают и внедряют современные радиостанции, соответствующие высоким требованиям этих стандартов.

Стоит отметить, что выбор одного из стандартов и соответствующего ему оборудования определяется в зависимости от сценария для его использования. К возможным сценариям можно отнести требования, которые зависят от специфики отрасли: например, требуемого количества абонентов, пропускной способности сети, экономической эффективности, условий эксплуатации и т.д.

Успехи в импортозамещении позволяют не только снизить зависимость от иностранных поставок, но и создают дополнительные возможности для отечественного производства и развития технологий.

Список используемых источников

1. P25 Radio Systems TRAINING GUIDE // APCO International URL: https://www.apcointl.org/~documents/docs/codan-tg-001-4-0-0-p25-training-guide (дата обращения: 10.11.2024).
2. ГОСТ Р 53529-2009. Транкинговые радиостанции и ретрансляторы стандарта TETRA. Основные параметры. Технические требования. Введ. 2010-12-01. М.: Стандартинформ, 2011. 45 с.
3. ETSI TS 102 361-1 V2.6.1. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Digital Mobile Radio (DMR) Systems; Part 1: DMR Air Interface (AI) protocol // ETSI URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102300_102399/10236101/02.06.01_60/ts_10236101v020601p.pdf (дата обращения: 10.11.2024).

***K*orotin *V., Shmalyuk E.* PROFESSIONAL MOBILE RADIO SYSTEMS: A COMPARATIVE STUDY TAKING INTO ACCOUNT THE TASKS OF IMPORT SUBSTITUTION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Professional Mobile Radio (PMR) systems play a key role in enabling sustainable and efficient communications for industrial, government, and special services. In the context of active import substitution, it is especially important to compare the existing standards for trunked PMR systems and to identify domestic equipment manufacturers capable of supporting their implementation.

Key words: Professional Mobile Radio, trunked radio system, DMR tier III, APCO 25, TETRA.

УДК 621.396.677
ГРНТИ 47.45.29

МЕХАНИЗМЫ КОНВЕРГЕНЦИИ ПРИ РЕФАРМИНГЕ ДЛЯ СЕТЕЙ 4 – 5 ПОКОЛЕНИЙ

В. Е. Коротин, В. М. Щигарцов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современные тенденции в развитии телекоммуникаций и информационных технологий привели к резкому увеличению объема абонентского трафика и повышению эффективности использования радиочастотного ресурса. Рефарминг частот позволяет эффективно распределять радиочастотный ресурс между технологиями. Настоящая статья посвящена анализу необходимости рефарминга и перспективности возможных сценариев при реализации этой процедуры.

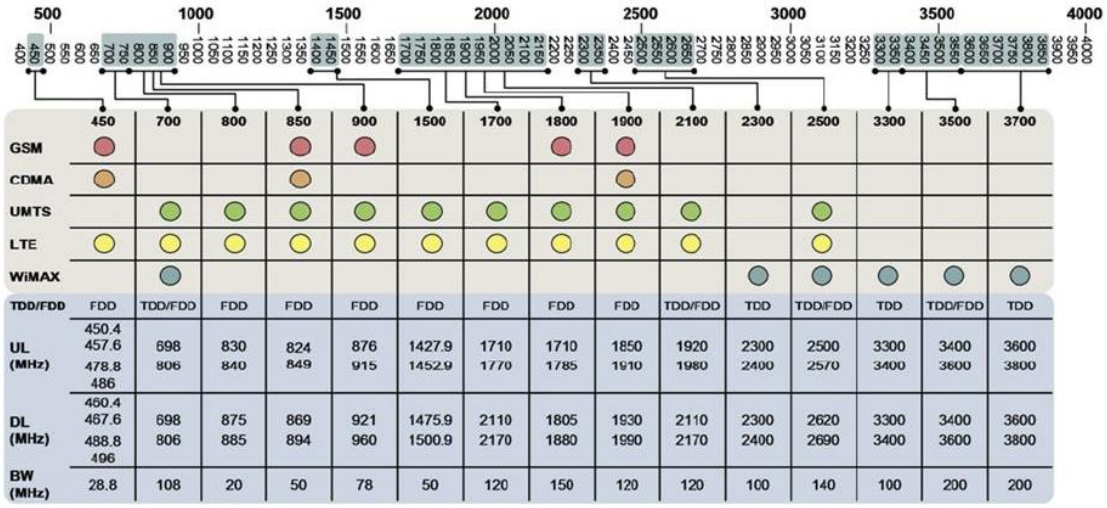
радиочастотный ресурс, DSS, рефарминг, конвергенция

Переход от технологии UMTS (3G) к LTE (4G) и далее к NR (5G) знаменует собой качественное изменение в подходе к распределению радиочастотного ресурса. С каждым новым поколением возрастает потребность в более эффективном распределении и использовании частотных диапазонов, что необходимо для обеспечения высокой скорости передачи данных, снижения энергопотребления и поддержки большего количества абонентов. В сетях LTE были внедрены методы агрегации несущих и расширения частотных диапазонов, что позволило значительно увеличить пропускную способность. В свою очередь, 5G использует широкие частотные диапазоны, включая миллиметровый спектр, чтобы обеспечить более высокий уровень производительности и поддерживать новые сценарии использования, такие как IoT и автономные системы.

Однако, распределение частотных ресурсов в мобильной связи является проблемой, особенно в условиях ограниченно доступного спектра. Рефарминг – это метод, который позволяет переиспользовать существующие частотные полосы, задействованные другими технологиями, для развертывания новых, таких как LTE или NR. Одним из аспектов рефарминга частот является достижение технологической нейтральности. Это означает, что выделенные частотные диапазоны не закреплены за конкретной технологией и могут быть частично или полностью использованы другими стандартами.

На рисунке 1 представлено распределение радиочастотного ресурса между технологиями сотовой связи [1]. Можно сделать вывод, что технологии LTE выделен больший по сравнению с остальными диапазон. Тем не менее, мобильные операторы

в России вынуждены модернизировать свои сети путем рефарминга частот, в связи с высокой потребностью использования технологии LTE абонентами.



	450	700	800	850	900	1500	1700	1800	1900	2100	2300	2500	3300	3500	3700
TDD/FDD	FDD	TDD/FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	TDD/FDD	TDD	TDD/FDD	TDD	TDD/FDD	TDD
UL (MHz)	450.4 457.6 478.8 486	698 806	830 840	824 849	876 915	1427.9 1452.9	1710 1770	1710 1785	1850 1910	1920 1980	2300 2400	2500 2570	3300 3400	3400 3600	3600 3800
DL (MHz)	460.4 467.6 488.8 496	698 806	875 885	869 894	921 960	1475.9 1500.9	2110 2170	1805 1880	1930 1990	2110 2170	2300 2400	2620 2690	3300 3400	3400 3600	3600 3800
BW (MHz)	28.8	108	20	50	78	50	120	150	120	120	100	140	100	200	200

Рис. 1. Распределение частотного ресурса между технологиями сотовой связи

Для технологии 5G (NR) в РФ выделен диапазон 4,4-4,99 ГГц [2]. К 2025 году в России прогнозируется частотный голод, операторы уже испытывают существенную нехватку радиочастотного ресурса. Операторы не могут бесконечно расширять пропускную способность имеющихся у них сетей и без развертывания 5G абоненты неизбежно столкнутся со снижением качества связи [3].

В Российской Федерации функцию регулятора распределения и использования радиочастотного спектра выполняет Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ). ГКРЧ – это межведомственный орган, в работе которого принимают участие представители заинтересованных министерств и ведомств, как силовых структур, так и гражданских.

Целью моего исследования является разработка алгоритма принятия решения о необходимости проведения рефарминга на основе ограничений и требований регулятора и определение сценариев рефарминга на основе механизмов конвергенции.

В данной статье под конвергенцией необходимо понимать процесс объединения или совмещения нескольких различных по своей структуре стандартов сотовой связи в рамках частотного диапазона, ранее выделенного под какую-либо одну определенную технологию.

Протоколом ГКРЧ от 27.09.2023 № 23-68, регламентируется использование полос радиочастот 453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц, 880-915 МГц и 925-960 МГц, 1710-1785 МГц и 1805-1880 МГц, 1920-1980 МГц и 2110-2170 МГц для создания сетей связи стандарта LTE. Комиссией устанавливаются определенные условия взаимного использования вышеуказанных полос частот [4].

Среди требований можно выделить основные:

– получение разрешения на использование радиочастот и ЭМС;

– исключение создания радиопомех РЭС МВД России в полосах радиочастот 453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц;

– в полосах радиочастот 1920-1980 МГц и 2110-2170 МГц РЭС стандарта LTE не должны требовать большей защиты со стороны РЭС других радиослужб, использующих соседние полосы радиочастот, чем РЭС стандарта IMT-2000/UMTS, а также не должны создавать вредных помех и не могут требовать защиты от вредных помех со стороны РЭС, используемых для нужд органов государственной власти.

Для исследования был выбран диапазон 2100 МГц, ранее закрепленный за технологией UMTS, который на текущий момент является наиболее оптимальным для проведения рефарминга в виду следующих обстоятельств:

– рост трафика LTE при одновременном снижении трафика в 3G;

– высокая степень готовности оборудования на сети;

– оптимальное соотношение между дальностью покрытия и высокой пропускной способностью;

– высокая степень рефарминга диапазонов 900 МГц, 1800 МГц.

На рис. 2 представлен алгоритм принятия решения о необходимости и возможности проведения процедуры рефарминга 2100 МГц.

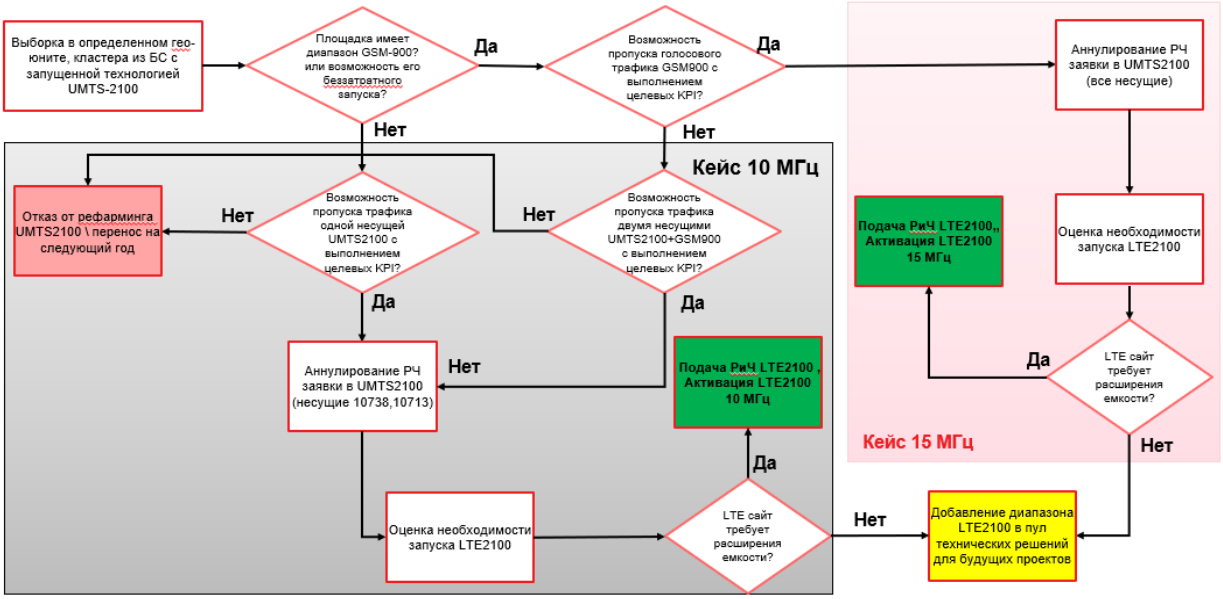


Рис. 2. Алгоритм принятия решения о рефарминге в диапазоне 2100МГц

Основные сценарии рефарминга в полосе 2100 МГц:

1. (5 МГц-LTE, 10 МГц-UMTS). На текущий момент менее актуален, применялся при запуске БС UMTS/LTE 2100 в малых населенных пунктах. Низкая емкость LTE – нецелевой вариант для городов.

2. (10 МГц-LTE, 5 МГц-UMTS). Активно применяется в настоящее время, есть недостаток из-за снижения покрытия 3G при так называемом «дыхании соты». В технологии UMTS, в условиях перегрузок базовая станция может временно умень-

шить зону покрытия для обеспечения стабильного соединения активных пользователей.

3. (15 МГц-LTE). Полный рефарминг UMTS2100 подразумевает отключение 3G или перевод в U900. Позволяет повысить спектральную эффективность LTE за счет широкой полосы 15 МГц.

4. DSS (Dynamic Spectrum Sharing- динамическое распределение спектра) позволяет вариативно использовать одну полосу частот одновременно двумя технологиями. На рисунке 3 представлен сценарий такого взаимодействия в диапазоне 2100 МГц технологиями UMTS и LTE.

Максимальная величина перекрытия спектров двух технологий – до 2,6 МГц. Для eNb задается максимально возможное к использованию число PRB и указываются приоритетные для назначения PRB (фактически, спектр, занимаемый только LTE).



Рис. 3 Реализация DSS в полосе частот 2100 UMTS+LTE

PRB (физический ресурсный блок). Он состоит из 12 последовательных поднесущих в одном слоте (0,5 мс), и эта структура является основополагающей для физического уровня сетей LTE для распределения и управления ресурсами [5].

При небольшой нагрузке используются только приоритетные ресурсные блоки, с увеличением трафика – добавляются блоки из спектра, отведенного для совместного использования. В свою очередь, NodeB UMTS сравнивает уровень интерференции UL в общем спектре и спектре «чистого» UMTS, соотносит с информацией от eNb LTE о ее загрузке и подстраивает фильтры БС для снижения негативного эффекта от интерференции между двумя технологиями.

Из плюсов данного подхода можно выделить: улучшение скорости ПД абонентов LTE, сохранение сервиса у абонентов 3G-only, вариативность в распределении спектра 2100 МГц, возможность работы в режиме DSS со стандартными разрешени-

ями на использование частот в UMTS2100 и LTE2100, Применимость технологии для запуска 5G.

В заключение необходимо отметить, что, не смотря на сохраняющуюся тенденцию сокращения голосового трафика в 2G, по-прежнему существуют абоненты, использующие устройства, не поддерживающие LTE. Кроме того, необходимость сохранения покрытия 2G, 3G обусловлена возможностью вызова службы «112».

Выводы

В рамках данной работы был разработан алгоритм принятия решения о необходимости проведения рефарминга на основе ограничений и требований регулятора. Определены возможные сценарии рефарминга на основе механизмов конвергенции. На текущий момент, в Российской Федерации не принято решение ГКРЧ о возможности запуска 5G на частотах, выделенных для LTE. Такое решение позволит операторам приблизить запуск этой технологии и значительно сэкономить на оплате за использование спектра.

Список используемых источников

1. Портал о технологиях мобильной и беспроводной связи. URL: https://1234g.ru/4g/lte/obshchaya-informatsiya-o-standarte-lte/chastotnye-diapazony (дата обращения 12.11.2024).
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.01.2024 № 75-5, дата публикации – 02 февраля 2024, URL:http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402020030?index=2 (дата обращения 12.11.2024).
3. Стратегия развития отрасли связи в России на 2024-2035 годы, дата утверждения–24 ноября 2023, дата публикации – 4 декабря 2023. URL: http://government.ru/news/50304/ (дата обращения 12.11.2024).
4. Основные технические характеристики РЭС сетей связи стандарта LTE и последующих модификаци. URL: https://digital.gov.ru/uploaded/files/9-reshenie-23-68-03-il-prilozhenie7-482-mintsifryi-tehnejtralnost.pdf (дата обращения 12.11.2024).
5. Спецификация 3GPP TS 36.211. URL: https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/ SpecificationDetails.aspx?specificationId=2425 (дата обращения 12.11.2024).

Korotin V., Shchigartsov V. **CONVERGENCE MECHANISMS IN REFARMING FOR 4TH – 5TH GENERATION NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Modern trends in the development of telecommunications and information technologies have led to a sharp increase in the volume of subscriber traffic and an increase in the efficiency of using the radio frequency resource. Frequency refarming makes it possible to effectively distribute the radio frequency resource between technologies. This article is devoted to the analysis of the need for refarming and the prospects of possible scenarios in the implementation of this procedure

Key words: radio frequency resource, DSS, refarming, convergence.

УДК 621.396.969:004.852
ГРНТИ 47.49.02

ТРЕХМЕРНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ В ПОМЕЩЕНИИ С ПОМОЩЬЮ 802.11AZ И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

А. С. Павлов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире у клиентов все больше возрастает потребность в высокоточном позиционировании себя в помещении. В связи с этим имеет смысл обеспечить услугу трехмерного позиционирования в здании. В статье представлено моделирование, на основе метода радио отпечатка с использованием технологии Wi-Fi 802.11az, которая собирает необходимые данные для определения местоположения и алгоритмов глубокого обучения, которые позволяют на основе этих данных добиться высокой точности.

позиционирование, глубокое машинное обучение, радио отпечаток, Wi-Fi 802.11az

В последние годы вопросы позиционирования в закрытых пространствах приобретают все большее значение. Системы ГНСС (Глобальная навигационная спутниковая система) неэффективны внутри зданий из-за сильного ослабления сигнала, на замену приходят методы позиционирования на основе технологии Wi-Fi, которые за счет своей стандартизации, как следствие широкой распространенности, позволяют точнее и быстрее определять координаты объекта. С помощью нового стандарта IEEE 802.11az, обычно называемый позиционированием следующего поколения (NGP – Next Generation Positioning), будут внедрены новые сценарии использования, что достигается за счет важного нововведения – точное измерение времени (FTM – Fine Timing Measurement), что позволяет повысить точность до 1–2 метров [1] и осуществить позиционирование с учетом высоты объекта, что делает его особенно полезным в многоэтажных зданиях и других сложных помещениях.

В данной работе рассматривается комбинированный подход, объединяющий возможности Wi-Fi 802.11az и алгоритмов глубокого обучения. Основная задача – определить координаты объекта в трехмерном пространстве с высокой точностью. Для этого используется принцип позиционирования анализ сцен (радио отпечаток) – метод оценки координат на основе текущих первичных измерений (в данном случае уникальных характеристиках сигнала Wi-Fi в каждой точке помещения, а именно время пролета сигнала (ToF – Time of Flight), уровень принятого сигнала (RSSI – Received Signal Strength Indicator), угол прихода (AoA – Angle of Arrival), разница во времени прихода (TDoA – Time Difference of Arrival)), с уже имеющимися в базе данных (БД), когда каждому набору измерений в БД соответствует свое

местоположение клиентского устройства. Эти характеристики передаются на анализ алгоритмам глубокого обучения, которые обрабатывают данные для классификации позиций и оценки координат объекта. В отличие от других принципов позиционирования (Трилатерация, Триангуляция, Соседство/близость), требуются предварительные измерения параметров сигнала и заблаговременное построение радио карты для заданного участка. Преимуществом является возможность определения местоположения устройства даже в зонах с ограниченным доступом, а недостатком является то, что любое изменение обстановки на данном участке может повлиять на распространение радиоволн и соответственно обновление радио карты. Данный принцип относится к методу согласования радиочастотного паттерна (RFPM – Radio Frequency Pattern Matching) [2].

В представленной работе в качестве алгоритма глубокого машинного обучения используется сверточная нейронная сеть (Convolutional Neural Networks, CNN), специально разработанная для обработки данных, имеющих пространственную структуру, и обладает свойствами, которые делают ее эффективной в выявлении ключевых признаков [3]. CNN обрабатывает сигналы Wi-Fi как данные, аналогичные изображениям. Радиосигналы в пространстве можно представить в виде карт по соответствующей характеристике сигнала, если каждой точке присваивается уровень сигнала от различных источников в заданной точке можно построить «тепловую карту». Поскольку время пролета отражает расстояние от источника до приемника, постольку оно пропорционально расстоянию, пройденному сигналом. В каждой точке пространства можно измерить ToF от нескольких точек доступа. Эти данные могут быть организованы в виде матрицы или многослойной карты, где каждый слой (или канал) соответствует времени пролета от конкретного передатчика. Разница во времени прибытия преобразуется в карту, где каждая позиция соответствует разнице во времени между парами передатчиков. CNN обрабатывает такие карты, выявляя характерные зависимости в различиях времени, чтобы определить координаты. Угол прибытия можно представить в виде векторной карты, где каждая ячейка карты указывает направление на источник сигнала. Такие карты, подаваемые на вход CNN, помогают определять ориентацию объекта и его местоположение. Совокупность этих представлений можно обработать через CNN для обнаружения признаков, характерных для конкретного местоположения, что улучшает точность и устойчивость.

Методика позиционирования, включает в себя несколько этапов:

– сбор данных: создание базы «отпечатков» сигналов Wi-Fi на основе характеристик сигнала в разных точках пространства;

– предобработка данных: нормализация и подготовка данных для обучения модели;

– обучение модели: разработка и тренировка CNN модели на полученных данных для распознавания уникальных паттернов сигналов;

– тестирование и валидация: проверка модели на новых данных для оценки точности;

– интеграция и оптимизация: настройка параметров для повышения точности позиционирования.

В ходе эксперимента были пройдены все этапы с использованием системы автоматизированного проектирования (САПР) MATLAB. В качестве примера и среды распространения взят офис со следующими размерами в метрах: 5×8×3 (Ш×Д×В). Далее определены размеры передающей и принимающей антенных решеток, так как от этого зависит количество реализаций в канале и соответственно объем данных, а также полоса пропускания, которая определяет, насколько подробно отображается импульсная характеристика канала (CIR – Channel Impulse Response). В качестве оптимальных параметров выбрана система MIMO 4×4 с полосой пропускания 40 МГц, потому что такого набора данных и разрешения в каждом радио отпечатке достаточно. После чего выполнено равномерное распределение абонентских устройств с расстоянием между станциями в 0,5 метра и ограничением высоты от 0,8 до 1,8 метра. Область представляет собой реалистичный набор значений для портативных потребительских устройств. Это ограничение также сводит к минимуму вероятность размещения станций в недоступных местах. В качестве модели распространения лучей выбрана трассировка лучей с отражением первого порядка, так как Wi-Fi 802.11az поддерживает технологию формирования лучей (beam forming) и позволяет наиболее точно оценить потери на распространение. Каждая точка доступа передает пакет 802.11az по зашумленному каналу, и каждая станция получает этот пакет. Предполагается, что каждая станция может различать точки доступа и между точками доступа не возникает помех, чтобы имитировать изменения в окружающей среде, процесс снятия отпечатков пальцев повторяется в условиях разного уровня шума, задав диапазон значений SNR. Результат на примере приема сигналов от 4 точек доступа одним из равномерно распределенных устройств показан на рисунке 1. Затем генерируется набор данных для глубокого обучения, чтобы проверить результаты, набор данных разделяется на 80 % обучающих данных и 20 % проверочных данных.

Обучающие данные – это данные, которые модель учится обрабатывать, настраивая свои весовые параметры на основе ошибок в прогнозах. Проверочные данные – это данные, которые используются для проверки того, что модель работает как ожидается на новых данных и не переобучается на обучающем наборе. Далее происходит обучение модели в соответствии с заранее настроенной конфигурацией. Настройка включает в себя количество тренировочных данных, которые модель оценивает во время каждой итерации обучения и установку частоты проверки таким

образом, чтобы сеть проверялась примерно раз в эпоху. Результат обучения в 100 эпох в виде трехмерной карты, на которой отображаются истинные местоположения станций, а цвет, присвоенный каждому устройству, обозначает ошибку расстояния до прогнозируемого местоположения представлен на рисунке 2, а в виде кумулятивной функции распределения (CDF – Cumulative Distribution Function) на рисунке 3.

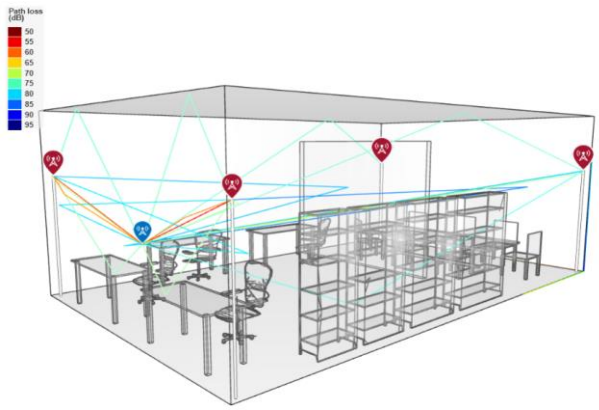


Рис.1. Результат моделирования распространения лучей

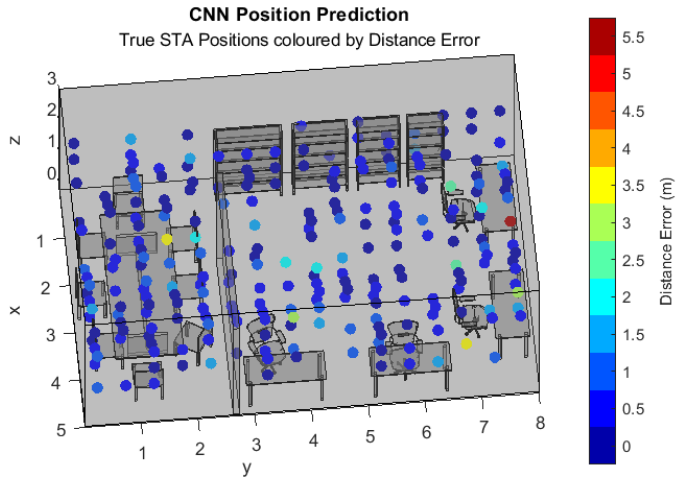


Рис. 2. Трехмерная карта предсказанного местоположения CNN

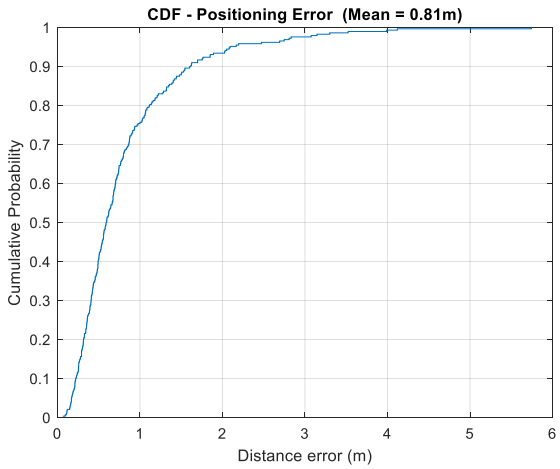


Рис. 3. Кумулятивная функция распределения

В данной работе смоделирован метод трехмерного позиционирования в помещении на основе Wi-Fi 802.11az и глубокого обучения. Применение радио отпечатка и сверточных нейронных сетей позволяет достичь высокой точности, даже в условиях сильного многолучевого распространения сигнала. В перспективе планируется оптимизация нейронной сети, для увеличения скорости вычислений, и тестирование метода в условиях реального использования.

Список используемых источников

1. IEEE. Newly Released IEEE 802.11az Standard Improving Wi-Fi Location Accuracy is Set to Unleash a New Wave of Innovation. URL: https://standards.ieee.org/beyond-standards/newly-released-ieee-802-11az-standard-improving-wi-fi-location-accuracy-is-set-to-unleash-a-new-wave-of-innovation/ (дата обращения: 11.11.2024).
2. Фокин Г. А. Технологии сетевого позиционирования 5G [монография] / Г. А. Фокин; СПбГУТ. СПб., 2021. 400 с.
3. Николенко С. И., Кадурин А. В., Архангельская Е. В. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2018. 480 с.

***Pavlov A.* THREE-DIMENSIONAL INDOOR POSITIONING WITH 802.11AZ FINGERPRINTING AND DEEP LEARNING.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, customers are increasingly in need of high-precision positioning of themselves indoors. In this regard, it makes sense to provide a three-dimensional positioning service in the building. The article presents a simulation based on the radio fingerprint method using Wi-Fi 802.11az technology, which collects the necessary data for location determination and deep learning algorithms that allow achieving high accuracy based on this data.

Key words: positioning, deep machine learning, radio fingerprint, Wi-Fi 802.11az.

УДК 621.396.969
ГРНТИ 47.49.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДЫ MATLAB В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА 5G

У. И. Прилуцкая
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В связи с возрастающей популярностью сетей мобильной связи стандарта 5G, задача их планирования и оптимизации с использованием программных средств становится все более актуальной. Однако, популярное специальное программное обеспечение, предназначенное для радиочастотного планирования, в данный момент не поддерживает функционал сетей 5G в полной мере. Одним из путей решения описанной проблемы является использование среды MATLAB, обладающую широким функционалом в области модельно-ориентированного проектирования актуальных и перспективных сетей беспроводных коммуникаций. В результате данного исследования была разработана имитационная модель расчета распределения величины отношения сигнал-шум-интерференция на тепловой карте, привязанной к цифровой модели местности в среде MATLAB. Результаты исследования будут полезны специалистам в области планирования и оптимизации актуальных и перспективных сетей мобильной связи.

SINR, MATLAB, 5G, отношение сигнал-шум-интерференция

Введение

С увеличением объема передаваемых данных и количества пользовательских устройств, разработчики современных и перспективных сетей мобильной связи сталкиваются с проблемой обеспечения высокой скорости передачи данных и надежного радиопокрытия. Одним из ключевых показателей, влияющих на качество обслуживания и производительность сети мобильной связи, является отношение мощности полезного сигнала к сумме мощностей шума и межканальной интерференции SINR (Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio). Данная величина измеряется в дБ и определяет теоретическую максимальную пропускную способной канала связи. Оптимальное размещение базовых станций (БС), конфигурация антенно-фидерных устройств и параметров передатчиков могут значительно улучшить SINR, что приводит к повышению качества связи. Особенно актуальным становится применение программных средств численного моделирования распределения SINR с учетом рельефа цифровой модели местности (ЦММ) при проектировании сетей мобильной связи стандарта 5G. В данной работе будет продемонстрирован функционал среды MATLAB в задаче визуализации тепловой карты распределения SINR для модели сети мобильной связи стандарта 5G с использованием ЦММ.

Описание параметров функции расчета *SINR* в *MATLAB*

В среде MATLAB за построение распределения величины отношения сигнал-шум-интерференция на тепловой карте, привязанной к цифровой модели местности, отвечает функция sinr в составе программного пакета расширений Antenna Toolbox. Данная функция принимает в качестве входных аргументов следующие параметры: 1) Signal Source определяет источник требуемого сигнала (по умолчанию – strongest, выбирается передатчик с самым высоким уровнем сигнала); 2) Propagation Model определяет модель, используемую для расчета потерь распространения сигнала; 3) Receiver Noise Power определяет общую мощность шума в приемнике в дБм; 4) Receiver Antenna Height определяет высоту антенны приемного устройства относительно уровня земли; 5) Map определяет ЦММ, используемую для визуализации SINR; 6) MaxRange определяет максимальное расстояние для расчета распределения SINR; 7) Resolution определяет плотность точек сетки на карте SINR, в которых выполняются вычисления; 8) Colormap определяет цветовую схему для контуров SINR на карте с возможностью использования предустановленных цветовых карт MATLAB; 9) Transparency регулирует прозрачность контуров SINR; 10) Values определяет диапазон возможных значений SINR [1].

Порядок и результаты моделирования

На рис. 1. представлен алгоритм модели расчета отношения сигнал-шум-интерференция с использованием функции sinr и конкретных параметров для анализа покрытия сети 5G. Параметры абонентских и базовых станций были заданы на основе таблицы 8-2 (b) стандарта IMT-2020.EVAL для планирования актуальных сетей мобильной связи пятого поколения [2].

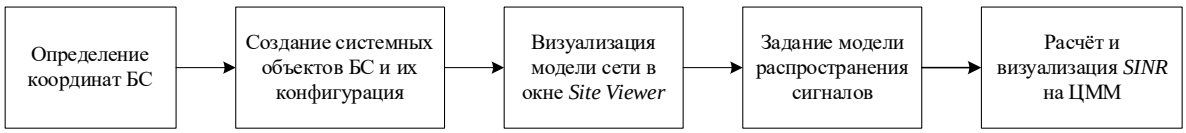


Рис. 1. Алгоритм модели расчета *SINR*

Определение координат базовых станций: первая часть кода задает координаты трех базовых станций в лесопарке Оккервиль. Широты и долготы для базовых станций определяются массивами lats и lons, которые позволяют точно задать местоположение каждой станции.

Создание базовых станций: станции создаются с использованием функции txsite, при этом задаются параметры latitude и longitude точного определения местоположения. В функции txsite по умолчанию используются изотропные антенны, которые подходят для первых этапов моделирования. Это обусловлено тем, что она

излучает сигнал равномерно во всех направлениях с одинаковой мощностью, что полезно для базового моделирования и расчетов, когда не требуется учитывать направленность сигнала. Пример диаграммы направленности изотропной антенны изображен на рис. 2. Высота антенны установлена на 25 метров, что характерно для базовых станции стандарта IMT-2020 и обеспечивает широкую зону покрытия. Частота передатчика установлена на 4 ГГц, что соответствует частотным диапазонам в сетях пятого поколения.

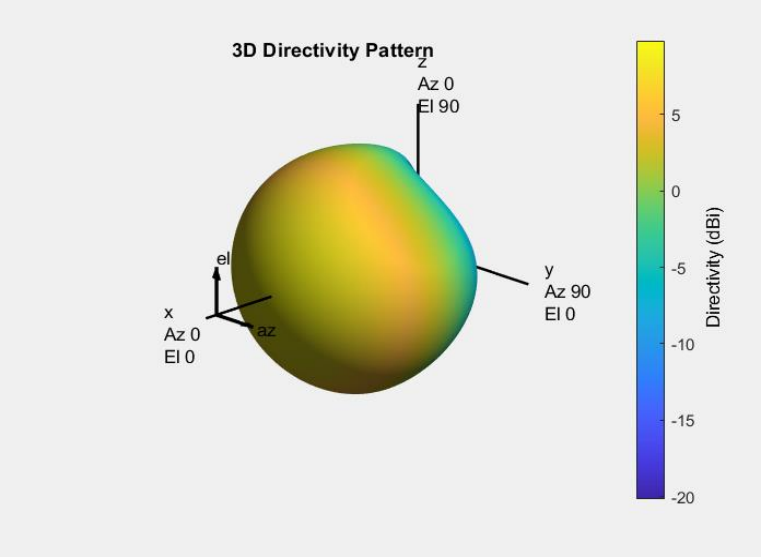


Рис. 2. Диаграмма направленности

Однако, на реальных сетях связи стандарта 5G используется технология MU-MIMO (Multiple User Multiple Input Multiple Output), которая предполагает использование направленной фазированной антенной решетки размерностью не менее 8x8 антенных элементов в антенно-фидерном тракте базовой станции [3]. Диаграмма направленности антенной решетки 8x8 показана на рис. 3.

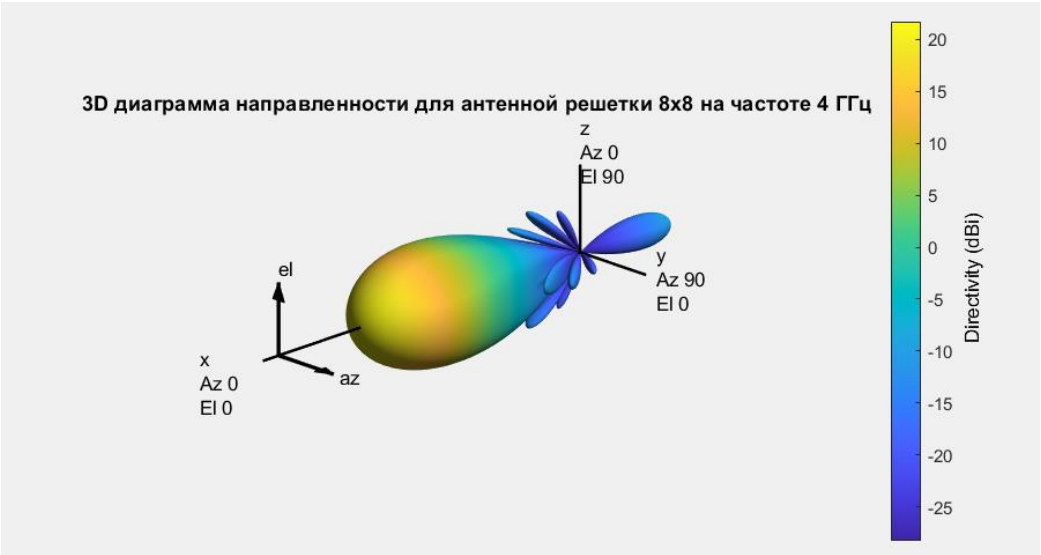


Рис. 3. Диаграмма направленности 8x8

Запуск Site Viewer с картой: параметры («Basemap», «satellite») запускают визуализацию покрытия на спутниковой карте, отображая местность, что полезно для визуального анализа размещения и зоны покрытия базовых станций.

Выбор модели распространения сигнала: переменная pm определяет модель распространения longley-rice. В качестве альтернативы можно использовать другие модели распространения, чтобы оценить, где значения SINR могут быть более благоприятными. Например, модель свободного пространства freespace или модель трассировки лучей raytracing.

Расчет SINR и его параметры: значение maxRange равно 300 метров для ограничения радиуса покрытия, что полезно для анализа областей вблизи станций; значение Resolution равно 10 метрам, что позволяет создать высокодетализированную расчетную сетку, обеспечивающую точное распределение SINR по интересующей области; ReceiverAntennaHeight составляет 1,5 метра, что характерно для мобильных устройств; a ReceiverNoisePower установлена на уровне –107 дБм, что соответствует стандартному уровню шума для приемника с полосой пропускания 1 МГц.

В результате работы алгоритма было проведено моделирование сети мобильной связи 5G в лесопарке «Оккервиль» города Кудрово, планирование представлено на рис. 4. Создана модель покрытия, размещено три передатчика в различных точках парка и выполнена оценка показателя уровня SINR (отношение сигнал-шум-интерференция) с использованием функции sinr в MATLAB. Данная визуализация позволила получить представление о качестве связи и распределении сигнала в зоне покрытия, выявив области с высоким и низким уровнем SINR.

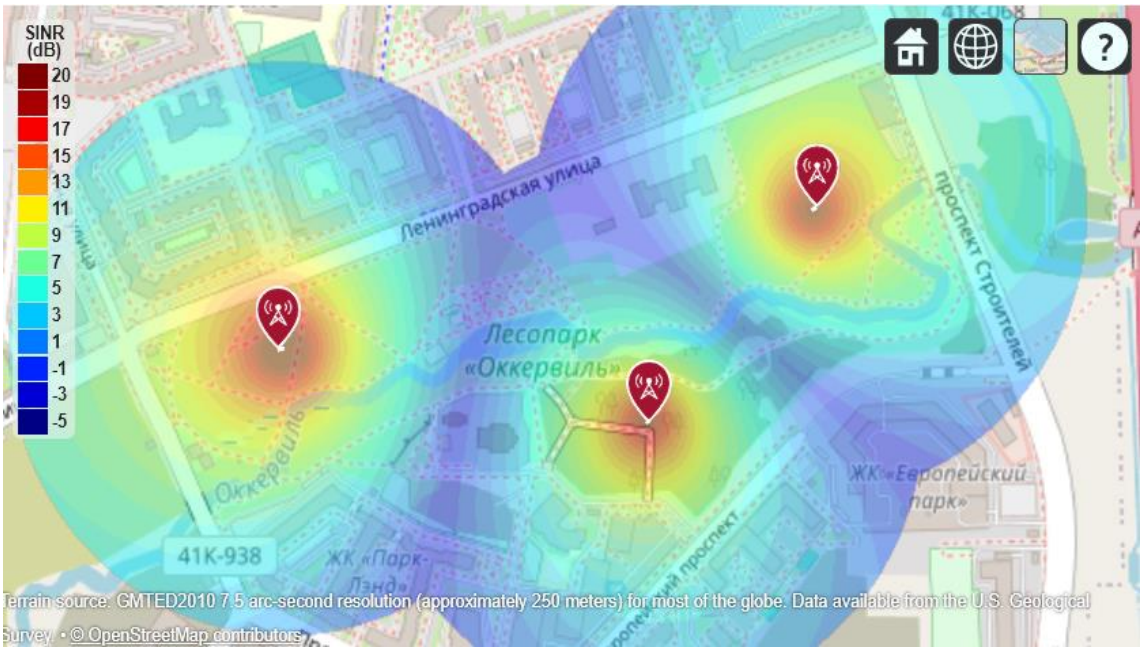


Рис. 4. Результат расчета карты SINR

Заключение

В данной работе проведено моделирование покрытия сети 5G в лесопарке «Оккервиль» с использованием MATLAB и функции sinr. Анализ показал, что оптимальное размещение базовых станций и настройка параметров передатчиков существенно влияют на уровень отношения сигнал-шум-интерференция, обеспечивая стабильное и качественное покрытие. Визуализация тепловой карты SINR позволила выявить зоны с высоким и низким качеством связи, что полезно для дальнейшего планирования сети. Результаты подтверждают, что MATLAB является эффективным инструментом для проектирования и оптимизации сетей 5G.

Список используемых источников

1. Функция sinr в среде Matlab. URL: https://www.mathworks.com/help/antenna/ref/txsite.sinr.html?searchHighlight=sinr&s_tid=srchtitle_support_results_1_sinr#d126e147419; (Дата обращения 12.11.2024).
2. Рекомендация ITU-R M.2412-0: "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020", Таблица 8-2(b). Женева: МСЭ, 2017.
3. Фокин Г. А. Оценка помех в сверхплотных сетях радиодоступа 5G с диаграммообразованием // Информационные технологии и телекоммуникации. 2020. Том 8. № 4. С. 35–59. DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-4-35-59.

Prilutskaya U. **INVESTIGATION OF THE CAPABILITIES OF THE MATLAB ENVIRONMENT IN THE TASKS OF PLANNING MOBILE NETWORKS OF THE 5G STANDARD.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Due to the widespread introduction of mobile communication networks of the 5G standard, the use of network planning tools of this standard becomes relevant. The special software used in the academic environment, designed for radio frequency planning, currently does not fully support the planning of 5G networks. One of the ways to solve the described problem is to use the MATLAB model-oriented design environment. As a result of this study, a simulation model for calculating the signal-to-noise-interference heat map for a 5G mobile network was developed. This work will be useful for specialists in the field of planning and optimization of current and promising mobile communication networks.

Key words: SINR, MATLAB, 5G, signal-to-noise-interference ratio.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 47.49.31

ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ В СЕТЯХ 5G

М. С. Рогова, А. С. Сомков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Актуальность создания моделей сетевого позиционирования высокой точности с каждым годом растет, это обусловлено рядом факторов. Во-первых, повышенный спрос на широкий спектр геоинформационных услуг. Во-вторых, позиционирование абонента в условиях плотной городской застройки. Сети пятого поколения обладают рядом возможностей для решения этой проблемы.

5G NR, PRS, MATLAB, позиционирование

Для позиционирования в сетях 5G NR используется разностно-дальномерный метод, известный в сетях LTE (Long-Term Evolution) как метод наблюдаемой разности времен прихода сигналов OTDOA (Observed Time Difference of Arrival) [1]. Идея которого заключается в определения точного местоположения пользовательского устройства на плоскости при помощи трех синхронизированных по времени базовых станций, две из которых соседние, а третья выступает в роли опорной. Такой сценарий позиционирования представлен на рисунке 1.

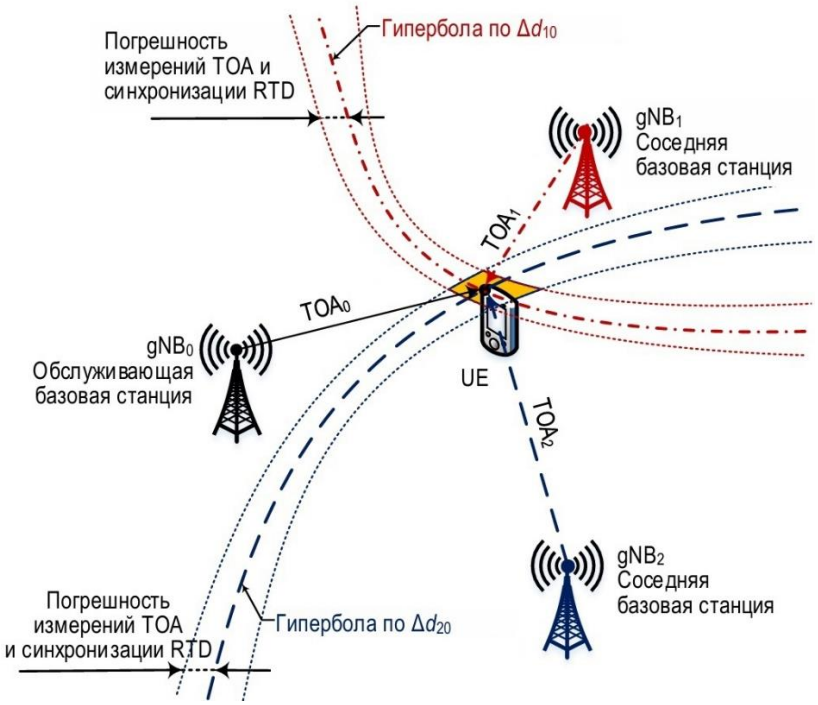


Рис. 1. Сценарий позиционирования в сетях стандарта 5G NR

В сетях 5 поколения введен специальный параметр RSTD (Reference Signal Time Difference), который определяется как разность моментов приема соседней и опорной БС. Далее происходит сбор первичной информации по сконфигурированным PRS сигналам и вторичная обработка по методу OTDOA.

Сети пятого поколения обладают рядом преимуществ для позиционирования по сравнению с предыдущими поколениями, такими как 4G. Это связано с рядом технологических улучшений, включая высокую пропускную способность, минимальные задержки и улучшенные возможности обработки сигналов [3].

Повышенная точность позиционирования

1. Снижение задержки. Одним из основных преимуществ 5G является значительное сокращение задержки передачи данных, которая может достигать 1 мс, в то время как в 4G задержка варьируется от 30 до 50 мс. Это позволяет более точно измерять расстояния и локализовать объекты с высокой степенью точности.

2. Более высокая пропускная способность. 5G поддерживает более высокую пропускную способность, что позволяет передавать больше данных с высокой частотой обновлений, улучшая точность и скорость позиционирования в реальном времени.

PRS сигнал В 5G используется PRS которая способствует точной синхронизации и измерению времени, что позволяет улучшить определение местоположения с использованием базовых станций. Конфигурация ресурсных элементов для сигналов PRS представлена на рисунке 2.

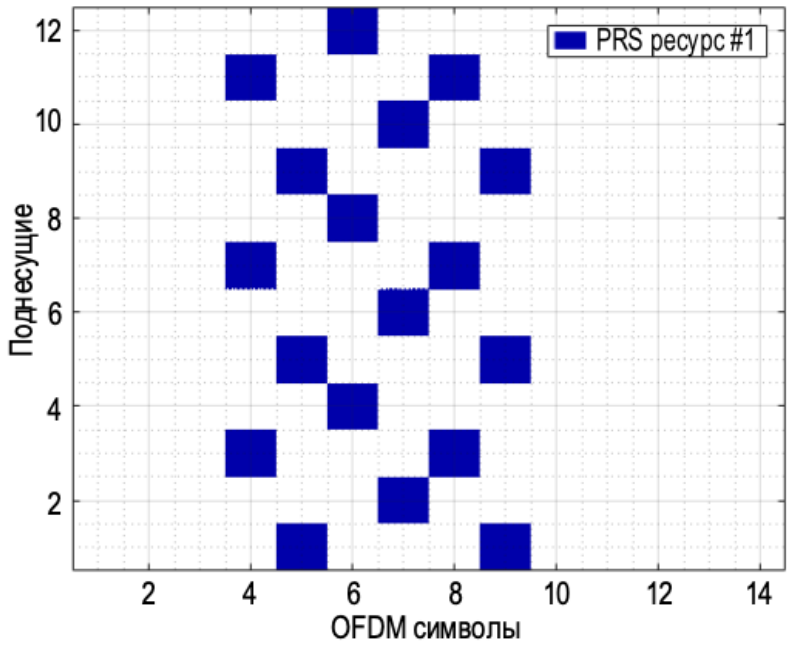


Рис. 2. Конфигурация ресурсных элементов для сигналов PRS

Новые возможности для позиционирования

1. Использование миллиметровых волн. 5G позволяет работать в миллиметровом диапазоне (24-100 ГГц), что открывает новые возможности для более точного позиционирования с использованием технологий.

2. Технология massive MIMO и beamforming в 5G позволяет значительно улучшить качество связи и точность локализации за счет возможности формирования направленных сигналов и лучей, что повышает чувствительность системы к изменениям в окружающей среде (рис 3, 4).



Рис. 3. Технология MIMO

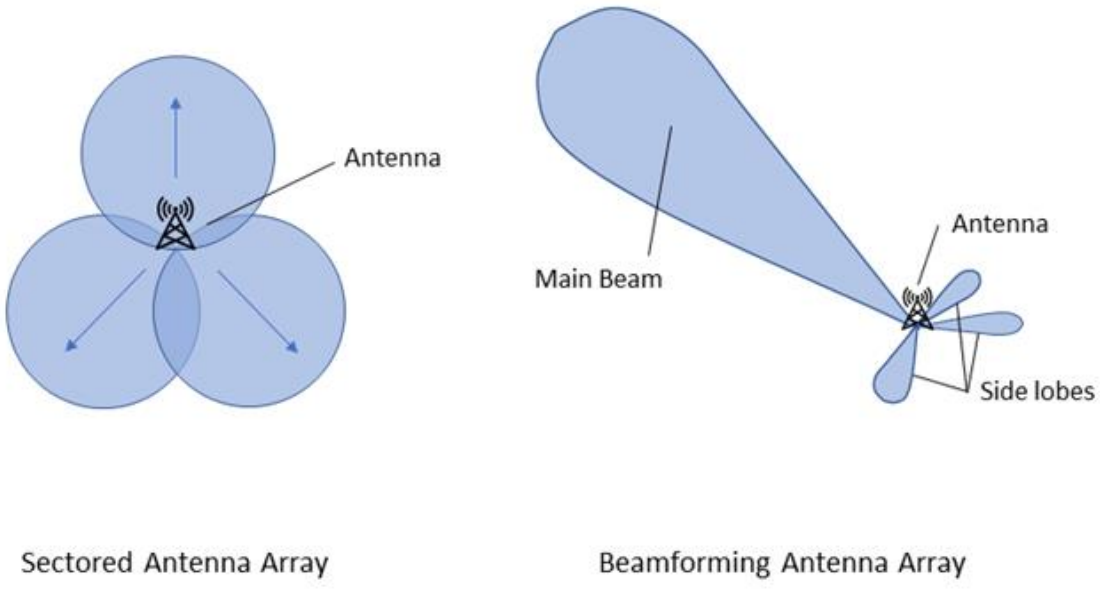


Рис. 4. Технология формирования луча (beamforming)

3. Позиционирование в закрытых помещениях. В отличие от 4G, 5G значительно улучшает возможность позиционирования в помещениях с низким уровнем сигнала.

4. Работа в городских условиях 5G предоставляет более высокую точность позиционирования в сложных городских условиях, где распространение сигнала подвержено различным помехам и многократным отражениям.

Поддержка мобильности и динамических изменений

1. Высокая скорость движения. 5G обеспечивает поддержку мобильных устройств на очень высоких скоростях, что имеет особое значение для позиционирования в транспорте, таких как поезда или автомобили, а также для самолетов. В 4G точность локализации в таких условиях ограничена.

2. Частые обновления. В 5G возможны более частые обновления данных о местоположении, что необходимо для приложений в реальном времени, таких как автономное вождение и дополненная реальность.

Интеграция с другими технологиями

1. Интернет вещей (IoT). 5G поддерживает большое количество подключенных устройств, что позволяет более точно отслеживать их местоположение, особенно в таких областях, как умные города, логистика и промышленность.

2. Комбинированные системы позиционирования. В 5G можно использовать в сочетании с другими технологиями, такими как GNSS, Wi-Fi, BLE и ультразвуковое позиционирование, для создания более гибких и точных решений.

Масштабируемость и доступность

1. *Широкий спектр частот 5G* работает на различных частотах, включая как низкие, так и высокие диапазоны, что позволяет улучшить покрытие и точность в условиях городской застройки, где сигнал может испытывать помехи.

2. Приватные сети. Возможность создания локальных частных сетей с использованием 5G позволяет более точно контролировать процесс позиционирования и улучшать безопасность и точность на ограниченных территориях, например, на складах или в производственных зонах.

Энергетическая эффективность

Меньшие энергозатраты. Устройства 5G потребляют меньше энергии [2], что особенно важно для долгосрочной работы датчиков и мобильных устройств, ак-

тивно использующих системы позиционирования. Это помогает увеличить срок службы батарей в устройствах.

Таким образом, сети 5G предоставляют значительные преимущества для различных технологий позиционирования, включая высокую точность, минимальные задержки, новые методы локализации, поддержку мобильности и динамических условий. Эти улучшения делают 5G более подходящей для использования в таких сферах, как автономный транспорт, умные города, дополненная реальность и логистика, по сравнению с ограничениями, которые существуют в сетях 4G.

Список используемых источников

1. Фокин Г. А. Модель технологии сетевого позиционирования метровой точности 5G NR. Часть 1. Конфигурация сигналов PRS // Труды учебных заведений связи, 2022. № 2. С. 48-63. DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-2-48-63.
2. Фокин Г. А. Технологии сетевого позиционирования, 2021 г. 456 с.
3. Фокин Г. А. Использование методов сетевого позиционирования в экосистеме 5G // Электросвязь, 2020. № 11. С. 29–37.

Rogova M., Somkov A. POSITIONING IN 5G NETWORKS.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The relevance of creating high-precision network positioning models is growing every year, this is due to a number of factors. Firstly, increased demand for a wide range of geographic information services. Secondly, the positioning of the subscriber in dense urban areas. Fifth generation networks have a number of capabilities to solve this problem.

Key words: 5G NR, PRS, MATLAB, positioning.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ УСЛУГ В СЕТЯХ 5G И 5G-ADVANCED

А. Н. Степутин, А. О. Тишков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Сети пятого поколения (5G) и их улучшенная версия 5G-Advanced предоставляют высокоскоростную связь, низкую задержку и широкий набор возможностей для различных приложений. Быстрый рост потребностей в надежной связи с высокой пропускной способностью и минимальной задержкой делает 5G и 5G-Advanced технологической основой для внедрения цифровых решений будущего в промышленности, транспорте, медицине.

Основные технологические особенности

Сети пятого поколения (5G) и их улучшенная версия 5G-Advanced играют ключевую роль в развитии цифровой экономики, предлагая высокую скорость передачи данных, низкую задержку и новые возможности для широкого спектра отраслей. Эти сети становятся основой для современных технологий, трансформируя различные сферы жизни и отрасли промышленности. На сегодняшний день сети 5G активно применяются в направлениях, указанных на рис. 1.



Рис. 1. Перспективные области применения мобильной связи 5G

Внедрение и эффективное использование сетей 5G требует технологических решений, которые могут обеспечить высокую пропускную способность, минимальные

задержки и масштабируемость сети. Развитие 5G и переход к 5G-Advanced сопровождаются реализацией новых технологий.

5G поддерживает широкие частотные диапазоны [1], включая низкочастотный спектр (до 6 ГГц) и миллиметровые волны (24 ГГц и выше). Низкочастотный спектр обеспечивает связь на большие расстояния и хорошее покрытие, тогда как миллиметровый диапазон дает высокую пропускную способность на ограниченных расстояниях. 5G-Advanced расширяет возможности поддержки спектра, включая еще более высокие частоты.

Сети 5G также построены на концепции плотного размещения базовых станций, что позволяет улучшить покрытие в густонаселенных районах. 5G-Advanced развивает эту архитектуру, активно применяя технологии управления лучами (Beamforming) и массивы антенн Massive MIMO, что увеличивает емкость сети и скорость передачи данных даже в условиях высокой загрузки.

Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output) и Beamforming уже являются основными элементами сетей 5G, предоставляя возможность использования множества антенн для повышения спектральной эффективности. В 5G-Advanced эти технологии развиваются, обеспечивая динамическое направленное формирование сигналов, что приводит к улучшению качества соединения и увеличению пропускной способности сети.

На рис. 2 представлена схема построения базовой станции Massive MIMO [2].

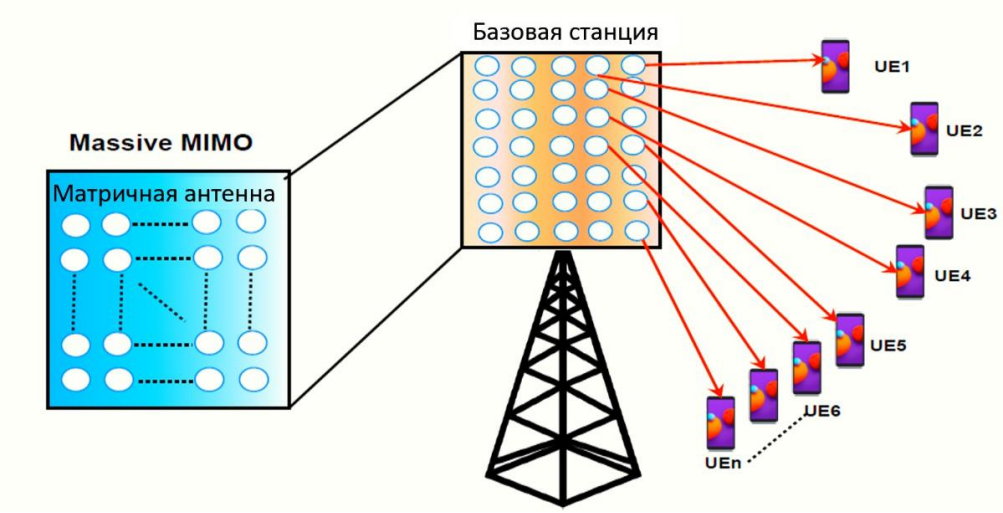


Рис. 2. Базовая станция с поддержкой Massive MIMO

URLLC – технология, используемая в сетях пятого поколения, которая обеспечивает надежную связь с минимальной задержкой, что в свою очередь необходимо для задач, связанных с удаленным управлением или применением беспилотных технологий [3].

5G-Advanced развивает технологию URLLC. Низкая задержка и повышенная надежность – основные аспекты URLLC подходящие для систем быстрого реагирования.

Кроме того, 5G поддерживает виртуализацию сети и вычисления на краю (Edge Computing), что позволяет обрабатывать данные ближе к пользователю и снижать задержку. В 5G-Advanced эта технология интегрируется глубже в систему, улучшая ее производительность. Приложения, требующие низкой задержки, обеспечиваются оперативной обработкой данных.

5G поддерживает Massive IoT (массовый IoT) с высокой энергоэффективностью, что позволяет подключать множество устройств и обеспечивает долговременную работу на одном заряде аккумуляторной батареи. 5G-Advanced развивает возможности IoT, позволяя использовать сеть в критически важных ситуациях.

Эволюция ядра сети, заложенная в 5G, использует облачную инфраструктуру и контейнерные решения, позволяющие гибко и быстро масштабировать сеть. 5G-Advanced делает инфраструктуру еще более адаптивной, позволяя сети подстраиваться под изменяющиеся условия нагрузки автоматически и повышая устойчивость к отказам.

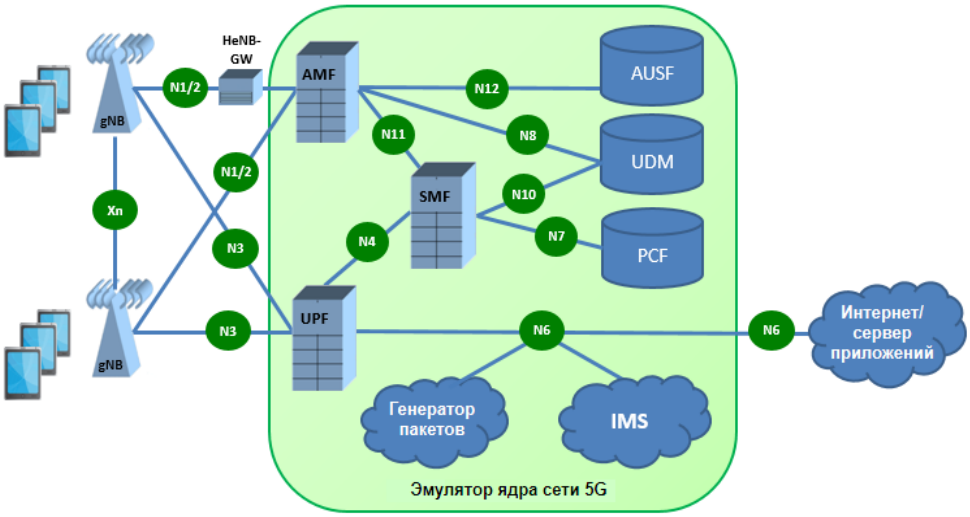


Рис. 3. Эмулятор ядра сети 5G

Эмуляция ядра сети 5G: ключ к успешному тестированию и внедрению. Развертывание сетей 5G – сложный и дорогостоящий процесс, требующий тщательного тестирования всех компонентов. Критичным этапом является проверка взаимодействия базовых станций (gNB) с ядром сети 5G, отвечающим за управление доступом, мобильностью, сессиями и аутентификацией абонентов. Для решения этой задачи широко используется эмуляция ядра сети 5G, позволяющая проводить комплексное тестирование в контролируемой среде, имитируя реальные условия эксплуатации.

Рассмотрим пример эмулятора ядра 5G, представленного на рис. 3 [4]. Этот эмулятор реализует ключевые функции ядра, включая:

1. AMF (Access & Mobility Function). Функция доступа и мобильности, отвечающая за управление доступом к сети, перемещением абонентов между ячейками и выполнением процедур переключения;

2. UPF (User Plane Function). Функция плоскости пользователя, осуществляющая маршрутизацию и обработку пользовательских данных. Она является центральным элементом для обеспечения QoS и управления трафиком;

3. SMF (Session Management Function). Функция управления сессиями, отвечающая за установление, управление и завершение сеансов связи между абонентом и приложениями;

4. AUSF (Authentication Server Function). Сервер аутентификации, обеспечивающий безопасный доступ к сети и аутентификацию абонентов;

5. UDM (User Data Management). Функция управления данными абонентов, хранящая информацию о пользователях и их профилях

6. PCF (Policy Control Function). Функция управления политиками, определяющая правила доступа к сети и QoS для различных пользователей и приложений.

Эффективность эмулятора обеспечивается за счет реализации внешних интерфейсов, соответствующих стандартам 5G:

1. N1/N2. Интерфейс плоскости управления между абонентским терминалом (UE), базовой станцией (gNB) и AMF. Он отвечает за сигнальные сообщения, необходимые для установления и поддержания связи;

2. N3. Интерфейс плоскости пользователя между UE/gNB и UPF. Через этот интерфейс передаются пользовательские данные;

3. N6. Интерфейс передачи пакетных данных между UPF и сервером приложений. Он обеспечивает связь между ядром сети и внешними сервисами.

Примечательной особенностью данного эмулятора является поддержка IMS (IP Multimedia Subsystem) и эмуляция голосовых вызовов через IMS. Это позволяет тестировать не только передачу данных, но и полноценные коммуникационные сценарии, включая голосовую связь.

В заключение, эмуляция ядра сети 5G – это незаменимый инструмент для разработчиков и операторов, обеспечивающий комплексное тестирование оборудования и программного обеспечения, а также способствующий успешному и быстрому внедрению сетей пятого поколения. Благодаря возможности моделирования различных сценариев работы, включая высокую нагрузку и внештатные ситуации, эмуляция позволяет минимизировать риски и обеспечить высокую надежность и качество работы будущей сети 5G.

Список используемых источников

1. Тихвинский В. О., Терентьев С. В., Коваль В. А. Сети мобильной связи 5G: технологии, архитектура и услуги. М.: Медиа Паблишер, 2019. 375 с.

2. 5G Massive MIMO. URL: https://shalaginov.com/2022/02/11/5g-massive-mimo/ (дата обращения 12.11.2024).

3. Красилов А. Н., Хоров Е. М., Царицын М. В. О емкости сети 5G для трафика URLLC // Информационные процессы, 2019. Т. 19. № 3. С. 231–237.

4. Применение и тестирование сетей 5G. URL: https://tf.zone/solutions/application-and-testing-of-5g-networks/ (дата обращения 12.11.2024).

Steputin A., Tishkov A. **TECHNOLOGICAL FEATURES OF SERVICE ORGANIZATION IN 5G AND 5G-ADVANCED NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

5G and their enhanced version, 5G-Advanced, provide high-speed connectivity, low latency, and a wide range of capabilities for various applications. The rapid growth in demand for reliable connectivity with high bandwidth and minimal delay makes 5G and 5G-Advanced a technological foundation for implementing the digital solutions of the future in industries, transportation, healthcare.

Key words: 5G, 5G-Advanced, technological features.

УДК 621.396.969
ГРНТИ 47.49.31

СРАВНЕНИЕ АРХИТЕКТУР HYBRID BEAMFORMING В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ MATLAB

Г. А. Сурков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современные мобильные сети, особенно 5G, предъявляют высокие требования к спектральной эффективности и пропускной способности, обусловленные стремительным ростом числа пользователей и объема данных. Технология Massive MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) позволяет базовой станции одновременно передавать данные нескольким пользователям, увеличивая емкость канала и улучшая устойчивость связи. Используя массивы из десятков и сотен антенн, Massive MIMO фокусирует сигналы, снижая интерференцию и повышая качество связи.

Massive MIMO, MATLAB, 5G, гибридное формирование луча

Hybrid Beamforming, архитектуры Massive MIMO

Hybrid Beamforming делится на два основных архитектурных подхода:

1. Полносвязная архитектура (Fully Connected). В этой архитектуре каждая RF-цепь подключена ко всем антеннам, что позволяет максимизировать точность формирования лучей [1]. Например, значение Error Vector Magnitude (EVM), измеряющее отклонение принимаемого сигнала от переданного, может быть минимизировано благодаря высокой точности полносвязной архитектуры. EVM определяется следующим образом:

$$EVM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}|x_i - y_i|^2}{\sum_{i=1}^{N}|x_i|^2}}$$

где x_i – передаваемый сигнал, y_i – принятый сигнал, и N – общее количество символов. Чем ниже значение EVM, тем выше качество сигнала.

2. Частично-связная архитектура (Partially Connected). Каждая RF-цепь подключена только к подгруппе антенн, что снижает сложность и энергозатраты [2]. Этот подход подходит для крупных массивов антенн, обеспечивая приемлемую точность и производительность. Частично-связная архитектура также оптимизирует показатель Bit Error Rate (BER) – вероятность ошибки в передаче битов данных, которая может быть оценена через отношение сигнал/шум (SNR):

$$BER \approx Q\left(\sqrt{2 \cdot SNR}\right)$$

где Q(x) – функция ошибок. При более высоких значениях SNR показатель BER снижается, что свидетельствует о меньшем уровне ошибок в передаче. Для моделирования Hybrid Beamforming в MATLAB можно использовать разные подходы, включая полносвязную и частично-связную архитектуры. Рассмотрим сравнение этих моделей в MATLAB:

1. Полносвязная модель. В MATLAB можно реализовать полносвязную модель, где каждая RF-цепь подключена ко всем антеннам, что позволяет более точно настраивать направление лучей. Однако эта модель потребляет больше энергии и требует большего числа компонентов, что увеличивает стоимость. Результаты моделирования показывают, что полносвязная модель имеет более низкие значения EVM и BER благодаря точной направленности, но ее реализация становится сложной и дорогой при увеличении числа антенн.

2. Частично-связная модель. В частично-связной модели каждая RF-цепь подключена только к подгруппе антенн, что снижает сложность системы и энергопотребление. Моделирование показывает, что частично-связная модель обеспечивает приемлемую производительность с точки зрения EVM и BER, но при этом является более энергоэффективной. Она особенно эффективна в системах с большим количеством антенн, так как снижает количество RF-цепей и потребление энергии, что является важным фактором для широкомасштабных сетей.

После выполнения моделирования можно оценить производительность обеих моделей. В MATLAB результаты моделирования могут быть представлены в виде графиков зависимости EVM и BER от SNR, что позволяет наглядно сравнить эффективность разных архитектур гибридного Beamforming.

Пример анализа на основе моделирования:

– полносвязная модель показала лучшие результаты по EVM и BER, особенно при высоком уровне SNR, что делает ее более подходящей для приложений, требующих высокой точности [3];

– частично-связная модель продемонстрировала хорошие показатели при умеренном уровне SNR, обеспечивая при этом значительно более низкое энергопотребление и меньшие аппаратные затраты [3]. Это делает ее предпочтительным выбором для масштабных сетей с большим числом пользователей.

Графики зависимости на рис. 1 BER и EVM от SNR позволяют получить более глубокое понимание характеристик разных архитектур.

Этот подход к моделированию и анализу гибридного Beamforming в Massive MIMO в MATLAB позволяет выбрать оптимальную архитектуру в зависимости от условий использования, сбалансировав стоимость, энергопотребление и качество связи [4].

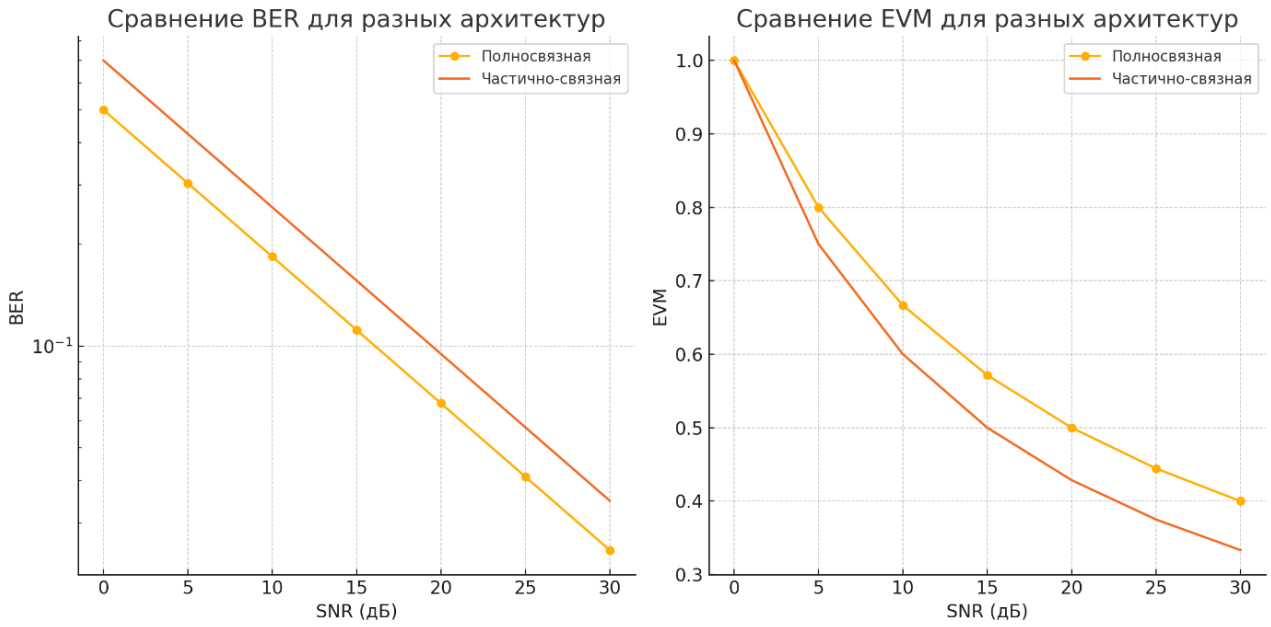


Рис. 1. Графики зависимости BER и EVM от SNR для разных архитектур Hybrid Beamforming

Заключение

Гибридное Beamforming в Massive MIMO-системах представляет собой одно из самых перспективных решений для сетей нового поколения. Оно позволяет достичь высокого качества и стабильности соединения в многопользовательских системах, значительно снижая энергопотребление и аппаратные затраты. Тестирование различных архитектур и моделей в MATLAB демонстрирует, что гибридное Beamforming, особенно с использованием частично-связной архитектуры, является оптимальным решением для плотных многопользовательских сред, так как балансирует между стоимостью и производительностью.

Список используемых источников

1. MathWorks. Massive MIMO Hybrid Beamforming. The MathWorks, Inc., 1994-2025. URL: https://www.mathworks.com/help/phased/ug/massive-mimo-hybrid-beamforming.html (дата обращения 15.10.2024).
2. Phased Array System Toolbox. MATLAB & Simulink. The MathWorks, Inc., 1994-2025. URL: https://www.mathworks.com/products/phased-array.html (дата обращения 15.10.2024).
3. Hybrid Beamforming for Massive MIMO Systems. The MathWorks, Inc., 1994-2025. URL: https://www.mathworks.com/help/phased/ug/massive-mimo-hybrid-beamforming.html (дата обращения 15.10.2024).
4. MATLAB and Simulink Training and Courses. 5G Wireless Communications. The MathWorks, Inc., 1994-2025. URL: https://www.mathworks.com/solutions/wireless-communications/5g.html (дата обращения 15.10.2024).

Surkov G. **COMPARISON OF HYBRID BEAMFORMING ARCHITECTURES IN THE MATLAB MODELING ENVIRONMENT.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Modern mobile networks, especially 5G, impose high demands on spectral efficiency and throughput due to the rapid growth in the number of users and data volumes. The Massive MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) technology enables a base station to simultaneously transmit data to multiple users, increasing channel capacity and improving connection reliability. By utilizing arrays of tens or even hundreds of antennas, Massive MIMO focuses signals, reducing interference and enhancing communication quality.

Key words: Massive MIMO, MATLAB, 5G, Hybrid Beamforming.

УДК 621.396
ГРНТИ 49.43.29

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕБУЕМОГО РАДИОПОКРЫТИЯ С УЧЕТОМ СХЕМЫ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТ ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМНОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СМЕЖНЫХ СОТ СЕТИ LTE

Т. А. Чичко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассмотрены основные проблемы планирования сети LTE для городской местности для исследования возможности улучшения интерференционной картины и увеличения спектральной эффективности смежных сот с помощью схем повторного использования частот FRF. С помощью анализа внешних факторов, влияющих на показатели радиосигнала RSRP и SINR, рассмотрения схем SFR и FFR для границ сот, произведено моделирование в среде MATLAB для анализа тепловой карты SINR. Теоретически схемы FRF позволяют уменьшить интерференционное влияние сот, но моделирование показывает, что для городской местности из-за многолучевого распространения радиоволн подобный метод показывает низкую эффективность и данная схема может подойти для других сценариев. Использование схем повторного использования частот FRF позволяет уменьшить интерференцию и улучшить качество радиосигнала.

LTE, радиопокрытие, интерференция, SINR, мобильные сети, MATLAB

Основной задачей планирования сети мобильной связи стандарта LTE (Long-Term Evolution) является обеспечение высокого уровня радиопокрытия территории в зоне действия базовой станцией (БС). Качество предоставляемых услуг LTE, таких как голосовая связь и передача данных, зависит от многих факторов: близости к сотовой вышке; исправность оборудования БС; погодные условия; физические преграды (горы, здания, деревья); расположение других БС и излучаемые ими радиосигналы.

Чтобы определить мощность и качество принятого сотового сигнала, используются различные параметры, такие как RSSI (Received Signal Strength Indicator), RSRP (Reference Signal Received Power), RSRQ (Reference Signal Received Quality) и SINR (Signal to Interference + Noise Ratio).

Поскольку в России стандарт LTE работает в разных диапазонах частот (800 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 2100 МГц, 2300 МГц, 2600 МГц), то при планировании покрытия необходимо учитывать как физическое свойство радиоволн по дальности распространения и отражениям, зависящих от роста частоты, так и планируемое месторасположение БС от типа застройки (городской, сельской). Таким образом, появляется задача планирования местоположения строительства БС, а также задача опре-

деления диапазонов, которые можно использовать на БС. Для качественного покрытия необходимо регулировать мощность излучения передатчиков сот для обеспечения низкого интерференционного влияния.

Взаимное интерференционное влияние смежных сот рассчитывается по формуле (1):

$$SINR = \frac{P_{\text{сигнала}}}{P_{\text{интерференции}} + P_{\text{шума}}}, \quad (1)$$

где Pсигнала – мощность полезного сигнала от базовой станции (БС), Pинтерференции – суммарная мощность интерференционных сигналов от других БС или других источников шума, Pшума – мощность теплового шума

Как было сказано выше, LTE поддерживает работу в широком диапазоне частот, где возможно использование нескольких независимых несущих. Для многосотовых OFDMA-сетей были разработаны схемы повторного использования частот FRF (Fractional Frequency Factor), которые позволяют распределять ортогональные подмножества подканалов между сотами, увеличить спектральную эффективность и снизить помехи. Основные подходы к повторному использованию частот включают жесткое, мягкое и дробное повторное использование (HFR (Hard Frequency Reuse), SFR (Soft Frequency Reuse), FFR (Fractional Frequency Reuse)) [1]. При использовании меньшего коэффициента повтора частоты K спектральная эффективность растет. Схемы FRF представлены на рис. 1.

Жесткое повторное использование частот делит полосу на поддиапазоны для разных сот, что снижает помехи, но уступает в спектральной эффективности. Поэтому далее рассмотрим методы SFR и FFR.

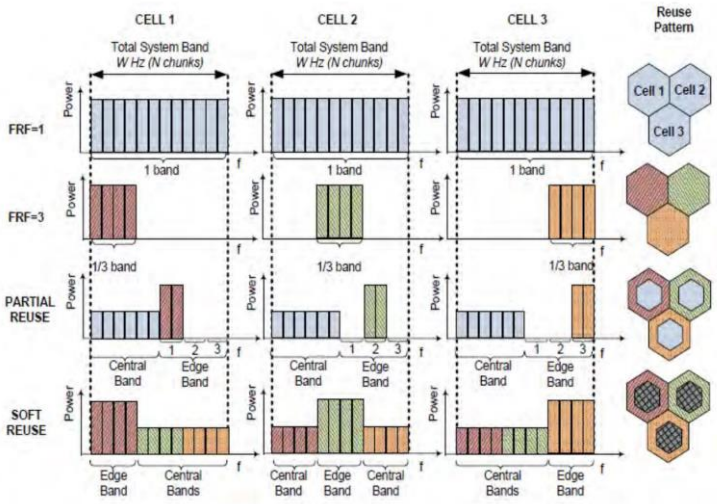


Рис. 1. Схемы частотного планирования для радиоинтерфейсов OFDMA [2]

Схема SFR использует коэффициент повторного использования частоты (FRF), равный единице, для центральных пользователей соты и FRF, равный трем, для

пользователей на границе соты. Однако, только треть полосы пропускания, доступна для пользователей на границе соты, и на этих подканалах пакеты передаются с повышенной мощностью. Чтобы снизить межсотовые помехи для этих пользователей, основные подканалы соседних сот назначаются ортогонально.

Схема FFR является компромиссом между жестким и мягким повторным использованием частоты, деля полосу на внутреннюю и внешнюю зоны: внутренняя зона с FRF = 1 предназначена для ближайших пользователей и используется всеми базовыми станциями, а внешняя зона выделяется для дальних пользователей с FRF > 1, как показано на рисунке 2.

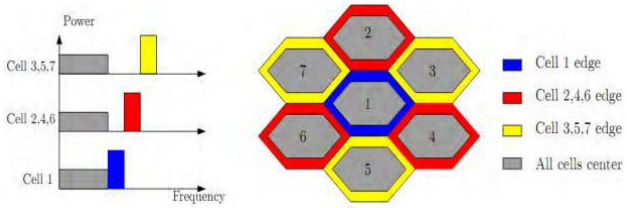


Рис. 2. FFR в LTE, FRF = 3 [1]

Так как при FFR поддиапазоны соседних сот ортогональны, то устраняется интерференция для пользователей на краю сот.

Для оценки взаимной интерференции и SINR на границе смежных сот смоделируем участок сети в среде MATLAB.

Описание сценария моделирования: 1) Планирование производится с использованием цифровой карты местности, учитывающей рельеф и здания. Выбран участок в городе Санкт-Петербург, имеющий как места с плотной застройкой, так и открытый участок местности; 2) Расстановка двух базовых станций выполнено по координатам действующих БС, информацию о высота и азимутах антенн взяты из интернет-ресурса CellMapper. 3) Были созданы передатчики с работой в диапазонах 1800 МГц и 2600 МГц, так данные частоты являются наиболее востребованными у операторов мобильной связи; 4) В моделировании используется сценарий дробного повторного использования частоты FFR, так как теоретически он имеет самую высокую спектральную эффективность; 5) В моделировании используется модель распространения радиосигнала с учетом трассировки лучей, так как данная модель способна показать наиболее приближенные к реальности параметры радиопокрытия в плотной городской застройке; 6) Первым результатом моделирования будет являться тепловая карта покрытия уровней радиосигнала RSRP, значения которого находятся в диапазоне от -5 до -120 дБм. Зоной расчета покрытия можно управлять, в данной работе будет рассмотрен открытый участок на перекрестке; 7) Вторым результатом моделирования будет являться тепловая карта покрытия SINR, значения которого находятся в диапазоне от -5 до 20 дБ. Произведется оценка взаимного вли-

яния сот с одинаковыми частотами на БС, с разными частотами на БС и для сценария со схемой FFR.

На рис. 3 представлены результаты расчета тепловой карты покрытия RSRP для диапазонов LTE 1800 МГц и LTE 2600 МГц. Из рисунков видно, что покрытие обеспечивается с высокими уровнями для двух диапазонов в среднем от -40 до -80 дБм.

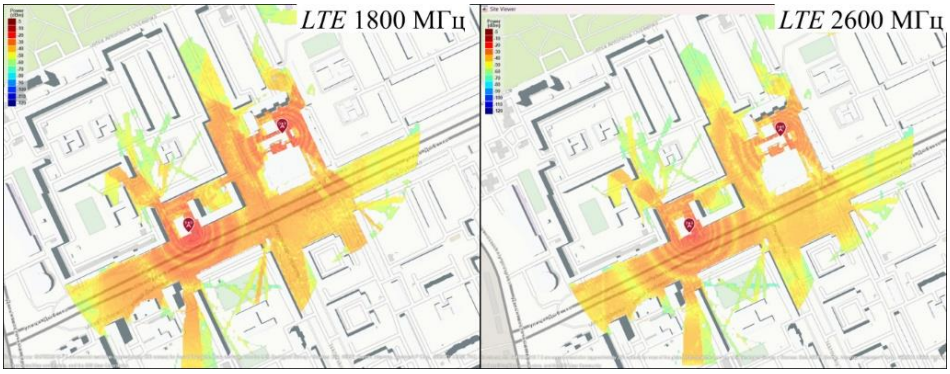


Рис. 3. Тепловые карты RSRP LTE 1800 МГц и LTE 1800

На рис. 4 представлены результаты расчета тепловой карты покрытия SINR для диапазонов LTE 1800 МГц и LTE 2600 МГц. Из рисунков видно, что покрытие SINR на границе сот имеет низкие уровни и в среднем составляют от 3 до 5 дБ.

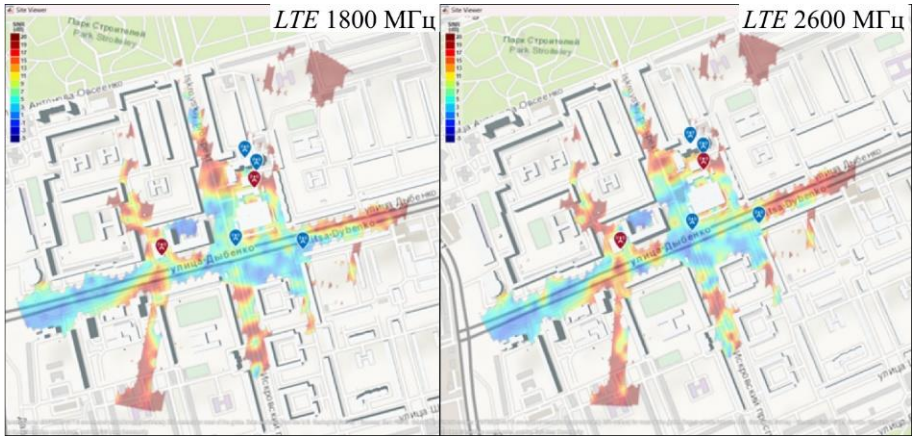


Рис. 4. Тепловые карты SINR LTE 1800 МГц и LTE 2600 МГц

На рис. 5 проиллюстрированы результаты расчета покрытия SINR для случая, когда на первой (БС1) работает только диапазон LTE 1800, а на второй (БС2) – только диапазон LTE 2600. Анализ рис. 5 показывает, что два разных диапазона LTE не интерферируют, таким образом на границе сот значение SINR составляет от 13 до 20 дБ. Также на рис. 5 проиллюстрированы результаты расчета покрытия SINR для случая, когда на двух базовых станциях работает два диапазона частот. Анализ рис. 5 показывает, что интерференция на границе сот слабо изменилась и принимает значения от 3 до 11 дБ.

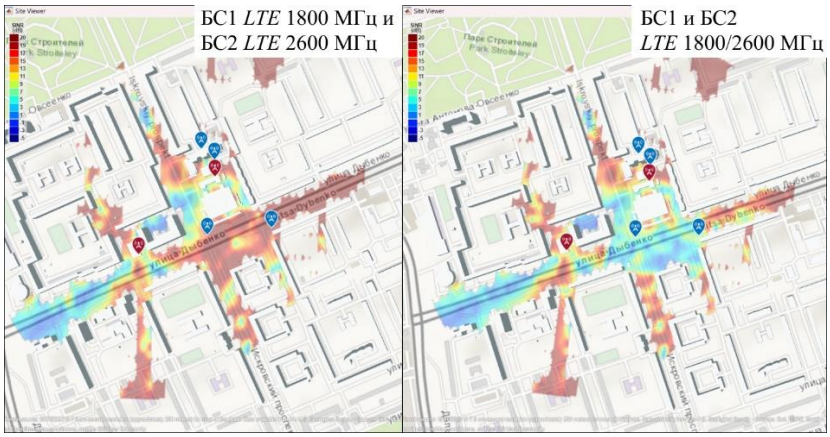


Рис. 5. Тепловые карты SINR LTE

Таким образом можно сделать вывод, что схема FFR не оказывает существенного влияния на межсекторную интерференцию сот. Причинами этого служит как малое расстояние между БС, так и плотная городская застройка, из-за которой возникает многолучевое распространение радиосигнала. Несмотря на рост спектральной эффективности и емкости базовых станций при использовании схемы FFR, ее применение будет усложнять планирование покрытия, так как возникнет необходимость учитывать частотно-территориальный план, чтобы избежать «белых пятен» радиопокрытия.

Список используемых источников

1. Fractional Frequency Reuse and Interference Suppression for OFDMA Networks // Rizwan Ghaffar and Raymond Knopp. Apr. 2009, IEEE press. P. 5.
2. Álvarez F. B. Contribution to Dynamic Spectrum Assignment in Multicell OFDMA Networks. Spain: University of Catalonia, April 2010.

Chichko T. **MODELING REQUIRED RADIO COVERAGE CONSIDERING INTER-CELL INTERFERENCE IN LTE NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article addresses key challenges in LTE network planning for urban areas, focusing on the potential for improving inter-cell interference management and enhancing the spectral efficiency of neighboring cells through frequency reuse schemes (FRF). By analyzing external factors affecting radio signal metrics, such as RSRP and SINR, and exploring SFR and FFR schemes at cell edges, MATLAB-based modeling was conducted to assess the SINR heat map. Although FRF theoretically reduces inter-cell interference, modeling reveals that in urban environments, due to multipath signal propagation, this method proves to be less effective, suggesting that the scheme might be more suitable for other scenarios. Implementing FRF frequency reuse schemes can reduce interference and improve radio signal quality.

Key words: Radio coverage, interference, SINR, LTE, mobile networks, MATLAB.

Интернет вещей и гетерогенные сети

УДК 621.396.932
ГРНТИ 49.33.29

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СЕТИ «КОСМОС-ВОЗДУХ-ЗЕМЛЯ-МОРЕ»

Н. С. Баталин, Д. С. Кукунин, Г. А. Переверзева, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Сети SpaceAir-Ground (SAG) - многообещающее решение для связи в удаленных регионах, включая острова и сельские районы. В данной статье рассмотрена архитектура интегрированных сетей «космос-воздух-земля-море» на базе SAG, предполагающая использование различных типов ретрансляторов, таких как наземные станции, привязные воздушные шары, высотные платформы и спутники. Данный подход призван обеспечить связь между пользователями в точках океана, значительно удаленных от береговой линии.

интегрированные сети космос-воздух-земля-море, морская связь, стохастическая геометрия, вероятность покрытия

Введение

Современные технологии беспроводной связи, включая сети пятого поколения (5G), не в состоянии обеспечить достаточное покрытие для удаленных районов, в том числе обширных морских пространств. Спутники на низкой околоземной орбите (LEO), несмотря на глобальное покрытие, страдают от низкой скорости передачи данных, высокой задержки и нестабильного соединения. Эти недостатки препятствуют развитию приложений, требующих высокоскоростной и стабильной связи в океане, таких как мониторинг морской среды, подводная коммуникация, исследования и картографирование морского дна [1].

Интегрированные сети

Решение этой проблемы кроется в новой концепции – интегрированных сетях Космос-Воздух-Земля-Море (SAGSINs – Space-air-ground-sea integrated network).

Интегрированные сети SAGSINs предлагают уникальный подход, объединяющий различные типы ретрансляторов для обеспечения надежного покрытия и бесперебойной связи в удаленных районах океана (рисунок 1).

Выбор ретрансляторов в SAGSINs зависит от расстояния до берега, что оптимизирует качество сигнала. Анализ вероятности покрытия пользователей показывает, что интегрированная система SAGSINs значительно превосходит системы, использующие только один тип ретранслятора.

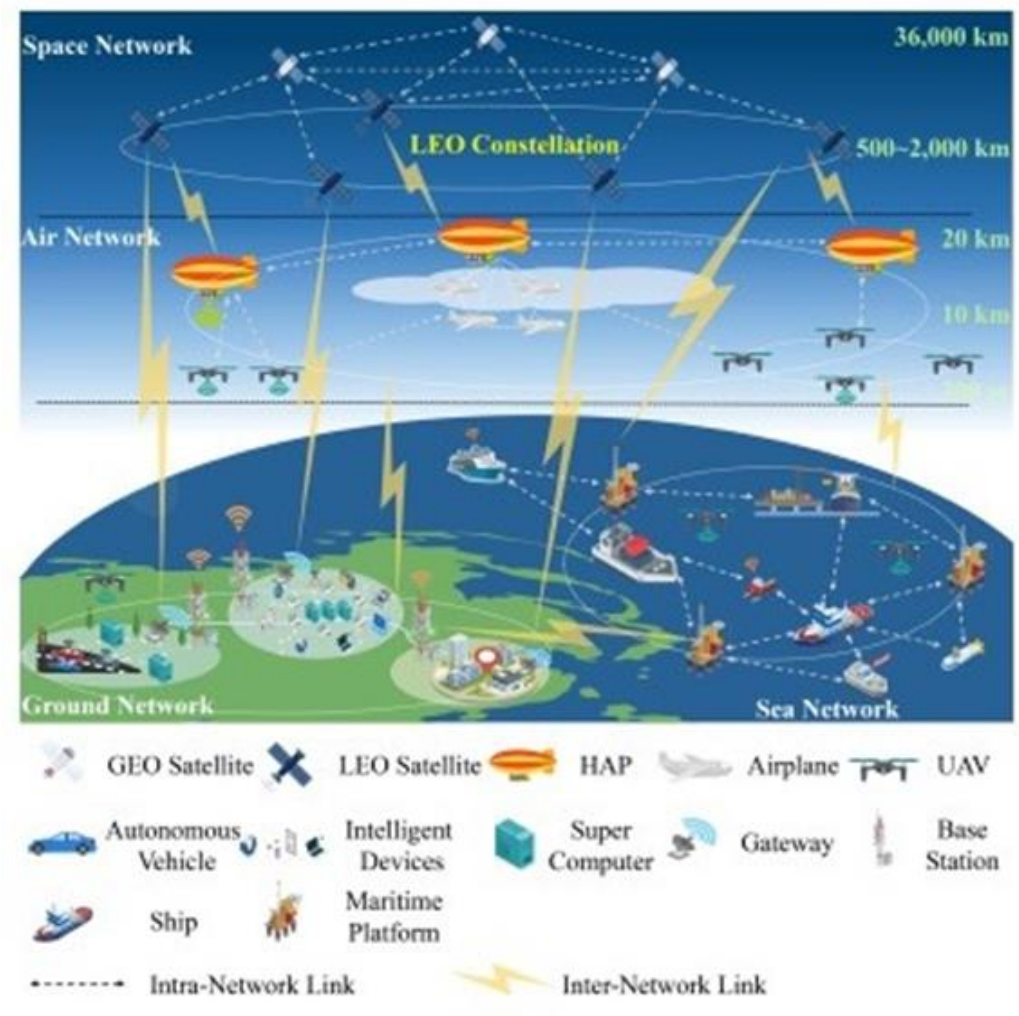


Рис. 1. Архитектура SAGSIN

Как видно из рисунка 1, SAGSINs объединяют традиционные наземные станции (OS), которые обладают высокой пропускной способностью и низкой задержкой, но ограничены радиусом действия, с привязными воздушными шарами (TB), которые предлагают более широкий охват, но ограничены мобильностью и погодными условиями. К ним добавляются высотные платформы (HAP) – беспилотные летательные аппараты, которые могут летать на высотах от 17 до 20 километров, отличающиеся более широким охватом, высокой пропускной способностью и низкой задержкой, но ограниченные временем полета и требующие регулярного обслуживания [2].

И, наконец, в систему включаются спутники (SAT), обеспечивающие глобальное покрытие, но страдающие от низкой скорости передачи данных, высокой задержки и нестабильного соединения.

Интеграция этих различных типов ретрансляторов в SAGSINs позволяет преодолеть недостатки каждого из них, создавая систему с расширенным покрытием, улучшенной пропускной способностью и сниженной задержкой, что важно для критически важных приложений.

Таким образом, SAGSINs обеспечивают:

– расширенное покрытие. SAGSINs обеспечивают связь в удаленных районах океана, недоступных для традиционных сетей;

– улучшенная пропускная способность. Интеграция различных типов ретрансляторов увеличивает общую пропускную способность сети, позволяя передавать большие объемы данных [3];

– сниженная задержка. SAGSINs оптимизируют маршруты передачи данных, минимизируя время задержки, что важно для критически важных приложений.

Архитектура SAGSINs

Архитектура SAGSINs может быть представлена в виде многоуровневой системы, где каждый уровень отвечает за определенный тип связи:

– уровень 1 (наземный). Состоит из наземных станций (OS), которые обеспечивают высокоскоростную связь с ограниченным радиусом действия.

– уровень 2 (воздушный). Включает в себя привязные воздушные шары (TB) и высотные платформы (HAP), расширяющие охват сети и обеспечивающие связь с удаленными районами.

– уровень 3 (космический). Представлен спутниковой сетью (SAT), обеспечивающей глобальное покрытие, но с низкой скоростью передачи данных и высокой задержкой.

В SAGSINs используются различные механизмы связи, включая:

– микроволновая связь. Используется для передачи данных между наземными станциями (OS) и привязными воздушными шарами (TB) и высотными платформами (HAP) [4];

– оптическая связь. Обеспечивает высокоскоростную передачу данных между наземными станциями (OS) и высотными платформами (HAP);

– спутниковая связь. используется для передачи данных между наземными станциями (OS), высотными платформами (HAP) и спутниками (SAT) [5].

Применения SAGSINs

SAGSINs открывают новые возможности для различных приложений, таких как:

– подводная коммуникация. SAGSINs могут использоваться для связи с подводными аппаратами, морскими роботами и научными исследовательскими станциями [6].

– мониторинг морской среды. SAGSINs позволяют собирать данные о состоянии океана, мониторить популяции морских животных, изучать изменения климата.

– морские исследования. SAGSINs обеспечивают связь для исследовательских судов, разведывательных платформ и других морских объектов.

– морское рыболовство. SAGSINs позволяют улучшить связь с рыболовецкими судами, обеспечить безопасность и эффективность рыболовства.

Заключение

Таким образом, SAGSINs – это перспективная технология, которая может революционизировать связь в океане. Несмотря на ряд вызовов, SAGSINs обещают открыть новые возможности для развития морских исследований, морского транспорта, мониторинга морской среды, подводной связи и других областей, связанных с океаном.

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

Список используемых источников

1. Seamless Connectivity for the Ocean: Leveraging Integrated Space-Air-Ground-Sea Networks (SAGSINs) // IEEE Journal on Oceanic Engineering, 2023. Т. 48. №. 4. PP. 1234–1245.
2. SAGSINs: Enabling Next-Generation Maritime Communication and Applications // Proceedings of the 2024 IEEE International Conference on Communications (ICC), 2024. PP. 123–128.
3. Шумаков В. В. Моделирование интегрированных сетей связи / В. В. Шумаков. М.: Наука, 2017. 320 с. ISBN 978-5-02-038634-6.
4. Гудков В. И. Интегрированные системы связи и навигации в условиях «Космос-воздух-земля-море» / В. И. Гудков. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 456 с. ISBN 978-5-9775-1554-2.
5. Иванов С. И., Петров И. И. Моделирование покрытия интегрированных сетей связи «Космос-воздух-земля-море» / С. И. Иванов, И. И. Петров // Вестник связи, 2020. Т. 45, № 3. С. 112–121. DOI: 10.31835/2324-1933.2020.03.16.
5. Орлов П. В., Смирнов А. М. Анализ покрытия интегрированных сетей связи в условиях динамичных и изменяющихся факторов / П. В. Орлов, А. М. Смирнов // Журнал радиотехники и связи, 2021. Т. 38, № 2. С. 67–74. DOI: 10.3103/S1064216821020049.

Batalin N., Kukunin D., Pereverzeva G., Podaiko S. **INTEGRATED «SPACE-AIR-LAND-SEA» NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Space Air-Ground (SAG) networks are a promising solution for communication in remote regions, including islands and rural areas. This article examines the architecture of integrated space-air-land-sea networks based on SAG, involving the use of various types of repeaters, such as ground stations, tethered balloons, high-altitude platforms and satellites. This approach is designed to provide communication between users at points in the ocean that are significantly remote from the coastline.

Key words: integrated space-air-land-sea networks, marine communications, stochastic geometry, coverage probability.

УДК 512.55
ГРНТИ 27.17.19

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБРАТНОГО ЭЛЕМЕНТА В КОЛЬЦЕ ДЛЯ АЛГОРИТМА RSA

Н. С. Баталин, Д. С. Кукунин, Г. А. Переверзева, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматриваются различные методы вычисления обратного элемента в кольце целых чисел по модулю φ(n), где n является произведением двух простых чисел, используемых в алгоритме RSA. В статье рассматриваются методы нахождения обратного элемента в кольце с точки зрения применимости в современных криптографических системах.

алгоритм RSA, обратный элемент, кольцо, расширенный алгоритм Евклида

Введение

В современных криптографических системах алгоритм RSA является одним из часто применяемых методов асимметричного шифрования, которые гарантируют безопасную работу сервисов. Одним из этапов построения алгоритма является нахождение секретного ключа d, вычисление которого требует эффективный алгоритм нахождения обратного элемента в кольца.

Обратный элемент в кольце

Обратный элемент в кольце чисел Z_n по модулю n появляется, когда число и модуль взаимно просты. В алгоритме RSA требуется найти такой элемент для числа e (открытая экспонента), чтобы выполнено было условие

$$e \cdot d = 1\big(mod\ \varphi(n)\big), \tag{1}$$

где $\varphi(n)$ – функция Эйлера от n. В криптографических системах применяются различные методы для более результативного вычисления [1]. В данной работе проводится сравнительный анализ распространенных методов нахождения обратного элемента, таких как метод Евклида, расширенный алгоритм Евклида, а также китайская теорема об остатках [2].

Алгоритм RSA включает в себя три базовых этапа: генерирование ключей, шифрование и расшифрование сообщений. Во время генерации ключей необходимо вычислить два числа p и q, которые являются простыми, а произведение которых описывает выражение,

$$n = p \cdot q \tag{2}$$

которое принято называть модулем.

Затем находится значение функции Эйлера

$$\varphi(n) = (p-1)\cdot(q-1), \quad (3)$$

после чего выбирается открытая экспонента *e*, взаимно простая с φ*(n)*, и на основе нее вычисляется закрытая экспонента *d*, являющаяся обратным элементом по модулю φ*(n) [3]*.

Метод простого перебора является наиболее тривиальным методом решения поставленной задачи. Метод предполагает проверку поочередной подстановки чисел натурального ряда в формулу (1), пока не будет найдено число *d*, удовлетворяющее сравнению. Данный метод наиболее прост в реализации и может оказаться эффективным при небольших значениях модуля.

Расширенный алгоритм Евклида является модификацией классического алгоритма Евклида. Он позволяет не только вычислять НОД двух чисел, но и находить коэффициенты Безу, которые и являются искомыми числами для уравнения [6]. Таким образом, алгоритм требует нахождения таких чисел d и k, которые удовлетворяют выражению вида

$$e \cdot d + \varphi(n) \cdot \mathrm{k} = 1. \quad (4)$$

Алгоритм состоит из следующих этапов:

– использование стандартного алгоритма Евклида для определения НОД *e* и φ*(n)*.

– обратный ход, который помогает определить коэффициенты Безу, с помощью которых производится решение уравнения.

Данный метод включает в себя временную сложность *O(logn)*, а также является стандартом для решений в алгоритме *RSA*.

Также существует метод, основанный на теореме Эйлера, согласно которой, если числа *e* и *n* взаимно просты, то

$$e^{\varphi(n)} = 1\ (mod\ n). \quad (5)$$

Из (5) следует, что обратный элемент к числу *e* по модулю *n* может быть найден как

$$e \cdot e^{\varphi(n)-1} = 1\ (mod\ n). \quad (6)$$

Тогда искомое значение *d* будет равно

$$d = e^{\varphi(\varphi(n))-1}\ (mod\ \varphi(n)). \quad (7)$$

Данный алгоритм требует нахождения функции Эйлера от заданного значения модуля. Функцию Эйлера удобнее всего найти зная простые сомножители аргумента. Задача факторизации модуля может оказаться вычислительно трудной зада-

чей. Однако если простые сомножители модуля известны, то данный метод является наиболее быстрым.

Обобщенные характеристики перечислены методов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ методов нахождения обратного элемента

Метод	Комментарий
Метод простого перебора	Простота реализации, быстро деградирует с увеличением модуля
Расширенный алгоритм Евклида	Алгоритм предполагает вычисление коэффициентов Безу. Сложнее в реализации
Свойство теоремы Эйлера	Требует нахождения функции Эйлера от заданного значения модуля

Заключение

Для обеспечения криптографической стойкости требования к длине модуля n постоянно увеличиваются. С увеличением длины числа n значительно увеличивается время формирования секретного ключа d. На сегодняшний день наиболее эффективным методом нахождения обратного элемента в криптосистеме RSA до сих пор является расширенный алгоритм Евклида.

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

Список используемых источников

1. Виноградов И. М. Введение в теорию чисел / И. М. Виноградов. 5-е изд. М.: Наука, 1983. 576 с.
2. Сталяр Д. Ф. Алгоритмы и структуры данных / Д. Ф. Сталяр. 3-е изд. СПб.: Питер, 2011. 448 с.
3. Кнут Д. Искусство программирования / Д. Кнут. 3-е изд. М.: Мир, 2000. 832 с.
4. Ривест Р. Л., Шамиар А., Адлеман Л. Алгоритм RSA и его применение в криптографии. [Текст] / Р. Л. Ривест, А. Шамиар, Л. Адлеман. М.: Наука, 1991. 320 с.
5. Танг Х., Ган Ч. Криптография: Теория и практика / Х. Танг, Ч. Ган. 2-е изд. М.: Вильямс, 2006. 528 с.
6. Чернышов В. Я. Криптография и защита информации / В. Я. Чернышов. М.: Горячая линия – Телеком, 2014. 416 с.

Batalin N., Kukunin D., Pereverzeva G., Podaiko S. **COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR CALCULATING THE INVERSE ELEMENT IN THE RING FOR THE RSA ALGORITHM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article discusses various methods for calculating the inverse element in a ring of integers modulo n, where n is the product of two primes used in the RSA algorithm. The paper discusses the methods of finding the inverse element in the ring from the point of view of applicability in modern cryptographic systems.

Keywords: RSA algorithm, inverse element, ring, extended Euclid algorithm.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ УСЛУГ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

М. А. Маколкина, А. Д. Стерликов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Анализ и исследование внедрения услуг дополненной реальности. В работе представлен анализ текущей сетевой модели и даны рекомендации по планированию услуг дополненной реальности.

математическое моделирование, интернет вещей, модель сети

Дополненная реальность (AR) представляет собой технологию, которая интегрирует цифровую информацию с реальным миром, создавая уникальный опыт взаимодействия пользователя с окружающей средой. В последние годы AR находит все большее применение в различных сферах, включая образование, медицину, розничную торговлю и развлечения. Данная статья посвящена анализу и исследованию реализации услуг дополненной реальности, а также их влиянию на бизнес-процессы и пользовательский опыт.

Дополненная реальность – это технология, которая накладывает цифровые элементы (изображения, текст, видео) на реальные объекты, воспринимаемые пользователем через экран устройства (смартфона, планшета или специальных очков). AR отличается от виртуальной реальности (VR), которая создает полностью искусственную среду.

В образовательной сфере AR позволяет создавать интерактивные учебные материалы, которые могут значительно улучшить процесс обучения. Например, студенты могут взаимодействовать с трехмерными моделями анатомии человека или историческими артефактами, что делает изучение более увлекательным и эффективным [1].

В ритейле AR используется для улучшения покупательского опыта. Приложения, позволяющие «примерить» одежду или аксессуары виртуально, помогают покупателям принимать решения о покупке. Например, такие технологии активно применяются в магазинах косметики и одежды.

В медицинской практике AR может использоваться для визуализации внутренних органов во время операций или для обучения студентов-медиков. Это позволяет врачам лучше понимать анатомию пациента и повышает точность хирургических вмешательств.

Игровая индустрия активно использует AR для создания захватывающих игр, где пользователи могут взаимодействовать с виртуальными персонажами в реальном мире. Это открывает новые горизонты и вовлечения пользователей.

Реализация услуг дополненной реальности требует наличия специального аппаратного обеспечения, такого как камеры, датчики и процессоры, способные обрабатывать большие объемы данных в реальном времени.

Для разработки AR-приложений используются различные платформы и инструменты. Эти инструменты позволяют разработчикам создавать высококачественные приложения с поддержкой AR [2].

Успешная реализация AR-услуг также зависит от удобства пользовательского интерфейса. Эффективный дизайн UI/UX позволяет пользователям легко взаимодействовать с виртуальными элементами и получать необходимую информацию без лишних усилий.

Несмотря на значительные преимущества, реализация услуг дополненной реальности сталкивается с рядом проблем. Технические ограничения состоят в том, что ее все устройства поддерживают AR-технологии, что ограничивает доступность. Сбор данных о пользователях для персонализации контента может вызывать опасения по поводу конфиденциальности. На данный момент не существует единых стандартов для разработки AR-приложений, что может привести к несовместимости между различными платформами.

С развитием технологий и увеличением вычислительных мощностей можно ожидать, что дополненная реальность станет более доступной и разнообразной. Возможности интеграции AR с искусственным интеллектом (AI) откроют новые горизонты для персонализации пользовательского опыта и улучшения взаимодействия с окружающим миром. Дополненная реальность представляет собой перспективное направление, которое уже сейчас оказывает значительное влияние на различные сферы жизни. Проведение дальнейших исследований в области реализации AR-услуг позволит выявить новые возможности и преодолеть существующие вызовы, что приведет к более широкому внедрению этой технологии в повседневную практику [3].

Список используемых источников

1. Росляков А. В. Сети фиксированной связи пятого поколения. М.: Мир, 2024. 232 с.
2. Росляков А. В., Ваняшин С. В., Гребешков А. Ю. Интернет вещей. М.: Мир, 2015. 200 с.
3. Росляков А. В., Ваняшин С. В. Будущие сети. М.: Мир, 2015. 274 с.

Makolkina M., Sterlikov A. **MODERN MODELS OF TELETRAFFIC.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Analysis and research of the implementation augmented reality services. The report presents an analysis of the current network model and provides recommendations for planning augmented reality services.

Key words: Internet of Things, network model, mathematical modeling.

Мультисервисные телекоммуникационные системы и технологии

УДК 654.078
ГРНТИ 49.01.11

БАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОНОМНЫХ СЕТЕЙ

Я. Д. Арешин, В. С. Елагин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современные телекоммуникационные технологии стремительно развиваются, что, в свою очередь, создает новые вызовы и возможности для обеспечения связи в различных сферах жизнедеятельности. Одним из самых актуальных направлений в этой области является создание автономных сетей. Возрастающая необходимость в эффективных системах связи, способных функционировать автономно, актуализирует изучение особенностей функционирования таких сетей, их архитектуры, компонентов и возможных методов моделирования.

телекоммуникации, автономная сеть, структура, цикл, механизм намерений

Эволюция сетевых операций должна поддерживать следующие четыре технических требования:

1. Автономные домены являются ключевой концепцией для обеспечения гибкости за счет отделения проблем (особенно «что» от «как») при создании и развитии автономных сетевых систем и для обеспечения их надзора со стороны операторов;

2. Механизм намерений. Само «намерение» представляет собой некоторое ожидание, желаемый результат от автономного домена – а не на раскрытии деталей «как» настроить ресурсы в домене АС;

3. Замкнутые контуры управления выполняют функцию оптимизации клиентских услуг. Несколько контуров управления могут использоваться для оптимизации в разных временных масштабах. Поставщик услуг и сама услуга, которая является намерением арендатора, устанавливают цели для закрытых элементов управления, в свою очередь CSP устанавливает цели для совокупного операционного поведения автономной услуги клиента домена;

4. Текущие API имеют очень скудный набор услуг из-за того, что имеют точную и конечную информацию о типе каждой из услуг. Чтобы сократить отклонение оказания услуг нужно добавить в архитектуру разъединенные операционные уровни, поддерживающие эксплуатационную гибкость.

Структура автономных сетей определяет три уровня и четыре замкнутых цикла обратной связи (рис. 1).



Рис. 1. Общая структура автономной сети

Три уровня представляют собой:

1. Уровень эксплуатации сетевых ресурсов, который предоставляет сетевые ресурсы и автоматизацию на каждом уровне автономного домена;

2. Уровень эксплуатации (операций) услуг сети, обеспечивающий сетевое планирование, проектирование, развертывание, поддержку и оптимизацию эксплуатации автономных доменов;

3. Уровень бизнес-операций, предоставляющий возможности и бизнес-логику для клиентов, экосистем и партнеров.

В случае автономных сетей возникает потребность в замкнутых циклах. Автоматизация по замкнутому циклу является решающим требованием для реализации целей поставщика услуг по построению автономных сетей. В прошлом эти контуры управления были в основном ограничены одним уровнем (например, бизнес-уровень или уровень услуг сети). Однако для обеспечения автоматизации, которая будет соответствовать последнему уровню автономности, требуется, чтобы замкнутые контуры взаимодействовали со всеми уровнями, данная особенность продемонстрирована на рис. 1 красными стрелками, в дополнение к замкнутому циклу каждого отдельного уровня (красные овалы). Ради взаимодействия внутри уровней и между ними замкнутые циклы включают в себя:

1. Замкнутый цикл сетевых ресурсов, модернизирующий сеть от фрагментированной и разрозненной интеграции до замкнутого цикла автономных сетевых доменов на основе упрощенной сетевой архитектуры;

2. Замкнутый цикл сетевых услуг, модернизирующий операции с устаревшего проектно-ориентированного подхода к полной автоматизации жизненного цикла;

3. Замкнутый цикл бизнес-операций, модернизирующий операции с изолированного бизнеса до автоматизированного бизнес-сотрудничества экосистем;

4. Замкнутый цикл межуровневого обслуживания пользователей, который использует все замкнутые циклы и остальные уровни для поддержки выполнения сквозного жизненного цикла пользовательских услуг.

Рисунок 1 демонстрирует взаимосвязь и взаимодействие между замкнутыми контурами разных уровней. Цикл, инициируемый пользователем, служит связующим звеном для замкнутых циклов бизнеса/услуг/ресурсов, в то время как каждый замкнутый цикл бизнеса/услуг/ресурсов обеспечивает взаимодействие между соседними уровнями. Взаимодействие между соседними уровнями является простым, ориентированным на бизнес и независимым от технологий/реализации, то есть оно основано на общении и выполнении намерений (бизнес/услуги/ресурсы), а не на технологически ориентированных командах на основе механизмов и интерфейсов намерений. Различные намерения используются для взаимодействия разных уровней, например, бизнес-намерения, сервисные намерения и ресурсные намерения.

Автономные сети отходят от жестких моделей сетевой интеграции прошлого, где внутренние детали реализации сети раскрываются арендатору / потребителю. Эти существующие модели предотвращают и препятствуют бизнес-возможностям Self-X, создавая высокий уровень связи между представлением арендатора / потребителя и реализацией. Автономные домены являются ключевой концепцией для обеспечения гибкости за счет отделения проблем (особенно «что» от «как») при создании и развитии автономных сетевых систем и для обеспечения их надзора со стороны операторов.

Основным результатом работы были рассмотрены фундаментальные компоненты автономных сетей – упрощенная инфраструктура; автономные домены; взаимодействие, управляемое намерениями; замкнутые контуры. Данные компоненты автономной инфокоммуникационный сети являются базовыми, благодаря которым достигается тот уровень автономности, который отличает данные сети от других.

Список используемых источников

1. Autonomous Network. Exploring the Evolution – from Level 0 to level 5. Report.pdf. URL: www.Inform.tmforum.org. 2021.
2. Ahmed A. A.; Alzahrani A. A. A comprehensive survey on handover management for vehicular ad hoc network based on 5G mobile networks technology. Trans. Emerg. Telecommun. Technol. 2019, 30, e3546.
3. Tran T. X. Collaborative mobile edge computing in 5G networks: new paradigms, scenarios, and challenges / T. X. Tran, A. Hajisami, P. Pandey, D. Pompili // IEEE Communications Magazine, 2017. Vol. 55, Issue 4. PP. 54–61.
4. Ramaswamy V. A business case for autonomous networks. URL: www.Inform.tmforum.org. 2019.

Areshin Y., Elagin V. **BASIC CHARACTERISTICS OF AUTONOMOUS NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Modern telecommunication technologies are developing rapidly, which in turn creates new challenges and opportunities for communication in various spheres of life. One of the most relevant areas in this area is the creation of autonomous networks. The increasing need for effective communication systems capable of functioning autonomously actualizes the study of the functioning of such networks, their architecture, components and possible modeling methods.

Key words: telecommunications, autonomous network, structure, cycle, mechanism of intentions.

УДК 65.011.56
ГРНТИ 50.41.25

АДАПТАЦИЯ ТЕОРИИ ИГР И АЛГОРИТМА GTPSO ДЛЯ ТУМАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

К. В. Белозеров, С. В. Кисляков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе предложена модификация алгоритма оптимизации роя частиц с теоретико-игровыми компонентами для применения в туманных вычислениях. Итоговая концепция учитывает иерархическую особенность туманных вычислений и обеспечивает более эффективное распределение ресурсов, снижая задержки и энергопотребление по сравнению с исходным алгоритмом.

туманные вычисления, оптимизация роя частиц, теория игр, распределение ресурсов, энергопотребление, задержки

Туманные вычисления представляют собой распределенную архитектуру, расширяющую возможности облачных технологий путем перемещения части вычислительных ресурсов и сервисов ближе к источникам данных. В отличие от пограничных вычислений (Edge Computing), которые фокусируются на обработке данных непосредственно на устройствах или их ближайших узлах, туманные вычисления предлагают многоуровневую иерархию узлов [1, 2].

В туманных вычислениях применение теории игр приобретает особое значение из-за гетерогенности узлов, которые могут существенно различаться по вычислительным возможностям, энергопотреблению и сетевым характеристикам. Динамические условия сети, обусловленные изменениями в нагрузке, подвижностью устройств и вариабельностью соединений, требуют адаптивных стратегий, способных быстро реагировать на изменения. Многоуровневая иерархия туманных вычислений добавляет дополнительную сложность, так как необходимо учитывать взаимодействие между узлами на разных уровнях – от устройств пользователя до облачных серверов.

Цель данной работы состоит в разработке и обосновании модификации алгоритма «game-theory-based particle swarm optimization» (GTPSO) для туманных вычислений, учитывающей специфические характеристики туманной архитектуры.

Туманные вычисления представляют собой распределенную вычислительную платформу, основанную на многоуровневой иерархии узлов [1, 2]:

– устройства пользователей (Loc) – различные мобильные и IoT-устройства, такие как смартфоны, датчики, генерирующие данные и запросы на обработку;

– туманные узлы (Fog) располагаются близко к устройствам пользователей и могут быть представлены роутерами, базовыми станциями или локальными серверами;

– облачные серверы (Cloud) – централизованные центры обработки данных с высокой вычислительной мощностью и емкостью хранилищ.

Рассмотрим пользователя i, который имеет задачу для выполнения. Задача характеризуется объемом данных D_i и требуемым количеством вычислений C_i. Пользователь может выбрать один из трех вариантов ее обработки [3, 4]:

1. Loc – задача обрабатывается на устройстве пользователя;
2. Fog – задача выгружается на ближайший туманный узел;
3. Cloud – задача передается в облако через туманный узел.

Ключевыми элементами модели являются следующие компоненты:

1. Игроки – множество пользователей N = {1, 2, ..., N};
2. Стратегии – набор возможных действий s_i для каждого игрока, включающий выбор места обработки задачи (Loc, Fog, Cloud).

Алгоритм GTPSO объединяет методы теории игр и оптимизации на основе роя частиц (PSO) для решения задач распределения ресурсов в облачно-пограничных системах. В этом алгоритме каждая частица представляет потенциальное решение задачи распределения задач между узлами [5, 6].

В классическом алгоритме PSO каждая частица i характеризуется позицией x_i и скоростью v_i. Обновление скорости частиц происходит по следующему правилу:

$$v_i(t+1) = \omega v_i(t) + c_1 r_1(t)\left(p_i^{best} - x_i(t)\right) + c_2 r_2(t)(g^{best} - x_i(t)),$$

где ω – коэффициент инерции, отвечающий за сохранение предыдущей скорости;

c_1 и c_2 – коэффициенты обучения (когнитивный и социальный компоненты);

$r_1(t)$ и $r_2(t)$ – случайные числа, равномерно распределенные в интервале [0, 1];

p_i^{best} – лучшая позиция частицы i (личный опыт);

g^{best} – лучшая позиция среди всех частиц (глобальный опыт).

Обновление позиции происходит по следующему правилу:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1),$$

где $x_i(t)$ – текущая позиция частицы i;

$v_i(t+1)$ – новая скорость частицы i.

Далее в алгоритме GTPSO вводится игровой компонент, позволяющий учитывать взаимодействие между частицами, основанный на лучшей стратегии из игровой модели [5, 6]:

$$v_i(t+1) = \omega v_i(t) + c_1 r_1(t)\left(p_i^{best} - x_i(t)\right) + c_2 r_2(t)\left(g^{best} - x_i(t)\right) + c_3 r_3(t)\left(s_i{}^{gt-best} - x_i(t)\right),$$

где c_3 – коэффициент обучения игрового компонента;

$r_3(t)$ – случайное число в интервале [0,1];

$s_i^{gt-best}$ – лучшая стратегия для частицы i, определенная на основе игровой модели.

Лучшая стратегия $s_i^{gt-best}$ определяется путем анализа игры [5, 6]:

1. Определить функции полезности (функции, оценивающие эффективность стратегий каждой частицы на основе времени выполнения, энергопотребления и взаимодействия с действиями других частиц) для всех частиц с учетом стратегий других игроков;

2. Построить матрицы выплат для всех комбинаций стратегий;

3. Найти равновесия Нэша, определить стратегии, при которых ни один игрок не может улучшить свою полезность, изменив только свою стратегию;

4. Выбрать $s_i^{gt-best}$ – стратегия, максимизирующая полезность частицы i в текущей ситуации.

Предложим новый алгоритм FGTPSO, который является модифицированной версией GTPSO, разработанной специально для туманных вычислений. Модификация направлена на учет многоуровневой структуры туманной архитектуры, гетерогенности узлов и динамических условий сети.

Основные идеи:

– учитывается возможность выбора между несколькими уровнями узлов (Loc, Fog, Cloud);

– в модели включаются задержки и энергопотребление на каждом уровне и этапы передачи данных между ними;

– стратегии частиц обновляются с учетом действий других пользователей, что отражает конкуренцию за ресурсы.

Для различения компонентов алгоритмов GTPSO и FGTPSO вводятся разные обозначения для лучших стратегий:

– GTPSO: использует $s_i^{gt-best}$;

– FGTPSO: использует $s_i^{fog-best}$.

Таким образом формула обновления скорости для FGTPSO будет выглядеть следующим образом (модифицированный алгоритм):

$$v_i(t+1) = \omega v_i(t) + c_1 r_1(t)\left(p_i^{best} - x_i(t)\right) + c_2 r_2(t)\left(g^{best} - x_i(t)\right) + c_4 r_4(t)\left(s_i^{fog-best} - x_i(t)\right),$$

где c_4 – коэффициент обучения игрового компонента в FGTPSO;

$r_4(t)$ – случайное число в интервале [0, 1];

$s_i^{fog-best}$ – лучшая стратегия для частицы i в FGTPSO, определенная на основе игровой модели, адаптированной для туманных вычислений.

Добавление компонента $c_4 r_4(t)\left({s_i}^{fog-best} - x_i(t)\right)$ позволяет учитывать стратегическое взаимодействие между пользователями с учетом специфики туманных вычислений. Это обеспечивает более адаптивное поведение частиц и способствует нахождению глобального оптимума, учитывая конкуренцию за ресурсы туманных узлов и облачных серверов.

Лучшая стратегия ${s_i}^{fog-best}$ определяется путем анализа игры между частицами с учетом многоуровневой структуры туманных вычислений:

1. Определить функции полезности для всех частиц с учетом стратегий других игроков и специфики туманной архитектуры;

2. Построить матрицу выплат для всех комбинаций стратегий, учитывая возможные маршруты передачи данных и обработки на различных уровнях;

3. Определить стратегии, при которых ни один игрок не может улучшить свою полезность, изменив только свою стратегию;

4. Выбрать ${s_i}^{fog-best}$ – стратегия, максимизирующая полезность частицы *i* в текущей ситуации.

Сам процесс вычисления ${s_i}^{fog-best}$ строится следующим образом:

1. Для каждой частицы определяется набор возможных стратегий обработки задачи (Loc, Fog, Cloud);

2. Для каждой комбинации стратегий вычисляется функция полезности, учитывая время и энергопотребление;

3. Используя методы теории игр, такие как поиск равновесия Нэша, определяется оптимальная стратегия для каждой частицы;

4. Частица обновляет свою стратегию на основе найденного равновесия, выбирая наиболее выгодное распределение задач.

По итогу каждая частица стремится оптимизировать свое распределение задач, учитывая не только стратегии других пользователей, но и уровень обработки данных, что решает проблему иерархической структуры туманных вычислений.

В связи с этим, в данной работе была рассмотрена возможность адаптации теории игр и алгоритма GTPSO для туманных вычислений. На основе этого был предложен модифицированный алгоритм FGTPSO, объединяющий методы теории игр и оптимизации на основе роя частиц.

Применение разработанного подхода может способствовать повышению эффективности и надежности туманных вычислений, что является актуальным в условиях растущих требований к обработке данных в реальном времени в современных сетях связи.

Список используемых источников

1. Гельфанд А. М., Казанцев А. А., Красов А. В., Уляшева В. Р. Интернет вещей (IoT): угрозы безопасности и конфиденциальности // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. X Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2021. С. 215–220.
2. Мельник Э. В., Иванов Д. Я., Гандурин В. А. Применение концепции туманных вычислений в распределенных информационно-управляющих системах с децентрализованным диспетчированием. Десятая Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2017): материалы 10-й Всероссийской мультиконференции: в 3 томах. Дивноморское: Южный федеральный университет, 2017. Том 3. С. 100–102.
3. Куприянов М. С., Холод И. И., Шоров А. В. Нечеткая кластеризация на основе облачных и туманных вычислений. Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям, 2019. Т. 1. С. 170–175.
4. Черепенин В. А., Воробьев С. П., Синявцев В. В. Отличия и перспективы развития технологий облачных, туманных и граничных вычислений. Инженерный вестник Дона, 2023. № 11 (107). С. 47–56.
5. Сопов А. Е., Сопов Е. А. Анализ и сравнение эффективности дифференциальной эволюции и метода роя частиц. Решетневские чтения: Материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, 2023. С. 116–118.
6. Макеенко М. В. Алгоритм применения PSO – метода. Россия и Санкт-Петербург: экономика и образование в XXI веке: Научная сессия профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по итогам НИР за 2010 год: сборник лучших докладов, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов, 2011. С. 55–57.

Belozerov K., Kislyakov S. **ADAPTATION OF GAME THEORY AND GTPSO ALGORITHM FOR FOGGY COMPUTING.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications

In this article, a modification of the particle swarm optimization algorithm with game-theoretic components is proposed for use in nebular computing. The final concept takes into account the hierarchical feature of foggy computing and provides a more efficient allocation of resources, reducing latency and power consumption compared to the original algorithm.

Key words: fog computing, particle swarm optimization, game theory, resource allocation, power consumption, delays.

УДК 004.6
ГРНТИ 49.03.05

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО АНАЛИЗА ПАКЕТОВ (DPI) ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАШИФРОВАННОГО СЕТЕВОГО ТРАФИКА

А. А. Борисов, Е. Б. Воинков, В. С. Елагин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматриваются современные подходы к классификации зашифрованного сетевого трафика с использованием методов глубокого анализа пакетов. Анализируются особенности трафика мессенджеров и VPN-сервисов. Представлены преимущества и ограничения существующих методов, а также перспективы их применения для повышения безопасности и оптимизации сетей в условиях растущей популярности шифрования.

DPI, машинное обучение, классификация трафика, зашифрованный трафик, мессенджеры, VPN, сетевой трафик, метаданные, статистический анализ, шифрование, сетевое поведение

Введение

В последние годы наблюдается значительный рост использования шифрования в сетевом трафике. Протоколы шифрования, такие как SSL, TLS и технологии сквозного шифрования (E2EE), стали стандартом для обеспечения конфиденциальности данных пользователей. Однако широкое применение шифрования создает значительные затруднения для анализа сетевого трафика, особенно в задачах классификации и выявления угроз.

Глубокий анализ пакетов (Deep Packet Inspection, DPI) традиционно применялся для анализа и контроля трафика на уровне приложений. DPI позволяет исследовать содержимое пакетов, извлекая важные данные, такие как заголовки, полезная нагрузка и последовательность передачи данных. Однако в условиях полного шифрования содержимое пакетов становится недоступным для анализа, что ограничивает применение классических методов DPI.

Тем не менее, DPI остается важным инструментом, который может быть адаптирован для анализа зашифрованного трафика. Вместо исследования содержимого пакетов современные подходы DPI сосредотачиваются на анализе метаданных, таких как размер, временные интервалы, последовательность пакетов и другие статистические характеристики. Эти данные могут быть использованы для построения моделей машинного обучения, способных классифицировать трафик даже в условиях полного шифрования.

Цель данной статьи – исследовать возможности и ограничения применения методов DPI для классификации зашифрованного сетевого трафика. В рамках работы будет рассмотрено, как DPI можно использовать для анализа трафика популярных приложений, таких как мессенджеры, и технологий, обеспечивающих анонимность и конфиденциальность, например VPN-сервисы. Обсуждаются как традиционные подходы, так и современные решения, основанные на машинном обучении, которые усиливают возможности DPI в условиях возрастающей сложности сетевого трафика.

Теоретические основы DPI и шифрования

DPI – это технология, предназначенная для анализа сетевого трафика на уровне пакетов. В отличие от простого мониторинга заголовков сетевых протоколов, DPI позволяет исследовать содержимое пакетов, включая данные приложений. Это делает DPI мощным инструментом для задач контроля трафика, обеспечения безопасности и выявления аномалий.

Шифрование трафика значительно ограничивает возможности DPI. Современные протоколы, такие как TLS, используют алгоритмы шифрования, которые скрывают содержимое пакетов. Основные препятствия включают:

– отсутствие доступа к полезной нагрузке: данные внутри пакетов становятся недоступными для анализа;

– идентификация шифрованных протоколов: такие протоколы, как HTTPS или VPN, маскируют исходное приложение [1];

– сквозное шифрование (E2EE): полностью исключает возможность анализа на промежуточных узлах.

В условиях полного шифрования DPI адаптируется к новым реалиям, концентрируясь на анализе метаданных и статистических характеристик трафика таких как размер пакетов, интервалы временных промежутков между последовательными пакетами, оценка характера обмена.

Шифрование, особенно в VPN или мессенджерах с E2EE, применяется для обеспечения конфиденциальности данных. В основном используются алгоритмы ассиметричного и симметричного шифрования и протоколы туннелирования.

С каждым годом уровень использования шифрования растет, что требует от методов DPI внедрения дополнительных технологий, таких как машинное обучение [2], для анализа статистических данных и классификации зашифрованного трафика.

Подходы к классификации зашифрованного трафика

В условиях широкого использования методов шифрования задача классификации трафика становится особенно сложной. Основная проблема заключается в недоступности содержимого пакетов, что делает традиционные методы анализа мало-

эффективными. Современные подходы направлены на использование метаданных трафика, глубокого анализа пакетов (DPI) и методов машинного обучения для выявления закономерностей и классификации.

Несмотря на шифрование содержимого, метаданные трафика остаются доступными для анализа. Они включают размеры пакетов, интервалы времени между их передачей, частоту и направление передачи данных. Например, потоки, генерируемые мессенджерами, имеют характерные паттерны – короткие всплески, связанные с передачей текстовых сообщений, и более продолжительные последовательности для отправки мультимедийных файлов.

VPN-сервисы, напротив, стремятся выровнять данные, создавая постоянные объемы передаваемой информации. Это делает их трафик более однородным, что затрудняет классификацию, но не делает ее невозможной.

Глубокий анализ пакетов (DPI) не ограничивается анализом содержимого. В современных условиях он сосредоточен на изучении заголовков пакетов, характеристик протоколов и особенностей потоков. Например, DPI может определить, какой туннельный протокол используется в VPN (OpenVPN, WireGuard) или какие порты задействованы мессенджером.

Статистический анализ трафика становится одним из ключевых инструментов. Например, исследование длины сессии или частоты отправки данных может выявить тип приложения, даже если содержимое зашифровано.

Методы машинного обучения [3] играют центральную роль в классификации зашифрованного трафика. В зависимости от задачи используются разные подходы:

– обучение с учителем позволяет классифицировать известные типы трафика, такие как конкретные мессенджеры или VPN-протоколы. Алгоритмы, такие как Random Forest или нейронные сети, обучаются на заранее размеченных наборах данных;

– обучение без учителя используется для выявления новых типов трафика или аномальных потоков. Например, кластеризация K-Means помогает сгруппировать данные, не имея заранее известной классификации;

– глубокое обучение (Deep Learning) применяется для анализа временных и пространственных паттернов в трафике. Рекуррентные сети (LSTM) могут быть полезны для изучения последовательностей пакетов, а сверточные сети (CNN) – для работы с распределением данных.

Наибольшей точности удается достичь при интеграции методов DPI и ML. Например, DPI извлекает ключевые признаки трафика (такие как размер пакетов и временные интервалы), а ML использует эти признаки для построения модели классификации. Такой подход позволяет объединить преимущества обеих технологий.

Мессенджеры генерируют разнообразные потоки данных, которые зависят от типа передаваемой информации. Это дает возможность выделить уникальные пат-

терны для каждого приложения. VPN, напротив, стремятся скрыть любые особенности, делая свой трафик максимально однородным. Это требует использования методов глубокого анализа, таких как статистический и поведенческий анализ, в сочетании с ML.

Примеры применения: мессенджеры и VPN

Применение методов глубокого анализа пакетов (DPI) для классификации зашифрованного трафика имеет свои особенности в зависимости от типа приложений. Рассмотрим особенности трафика мессенджеров и VPN, а также подходы, которые могут быть применены для их анализа и классификации.

Современные мессенджеры, такие как WhatsApp, Telegram, Signal, и другие, широко используют шифрование для защиты данных. Основные характеристики их трафика:

– большинство мессенджеров устанавливают кратковременные соединения для передачи сообщений;

– соединения часто инициируются push-уведомлениями;

– передача небольших пакетов (текстовые сообщения) с периодическими всплесками больших объемов данных (передача файлов, голосовые сообщения);

– некоторые мессенджеры используют собственные протоколы и инфраструктуру для передачи данных;

– данные могут передаваться как мгновенно, так и с задержкой, в зависимости от доступности сети.

Исследование специфичных паттернов передачи голосовых сообщений в мессенджерах. Голосовые сообщения, как правило, генерируют средние по размеру пакеты в большом количестве, что отличает их от передачи текстовых данных. DPI позволяет выделить эти характеристики для дальнейшей классификации.

– VPN-сервисы (например, OpenVPN, WireGuard, IKEv2/IPSec) направлены на обеспечение анонимности и конфиденциальности за счет шифрования и туннелирования всего трафика. Основные характеристики:

– все данные проходят через зашифрованный туннель, скрывая исходное приложение;

– OpenVPN, WireGuard, L2TP/IPSec используют определенные порты и сигнатуры, которые могут быть выявлены с помощью DPI;

– VPN поддерживает стабильное соединение для всех типов трафика;

– за счет шифрования данные могут быть выровнены по объему, чтобы скрыть исходные размеры пакетов.

Распознавание трафика VPN для разделения на категории: корпоративные VPN, коммерческие сервисы или индивидуально настроенные VPN. DPI позволяет идентифицировать используемый протокол, а машинное обучение помогает классифи-

цировать трафик в зависимости от его характеристик. Обобщенное сравнение паттернов трафика мессенджеров и VPN представлено на рис. 1.

Характеристика	Мессенджеры	VPN
Тип соединения	Краткосрочные, асинхронные	Долгосрочные, постоянные
Размер пакетов	Мелкие (текст) или средние (файлы, голос)	Равномерные из-за шифрования
Протоколы	Протоколы приложений (MTProto, HTTPS)	Туннельные (OpenVPN, WireGuard)
Временные паттерны	Периодические всплески	Стабильные передачи

Рис. 1. Сравнение паттернов трафика мессенджеров и VPN

Применение методов DPI к трафику мессенджеров и VPN позволяет эффективно решать задачи классификации, даже в условиях полного шифрования. Однако каждый тип трафика требует использования специфических подходов и инструментов, что подчеркивает важность гибридных методов, объединяющих DPI и машинное обучение.

Список используемых источников

1. Верещагин К. В. Защита корпоративных сетей от DDoS-атак: современные методы и тенденции // Научный лидер, 2023. № 47. С. 18–24.
2. Введение в машинное обучение. URL: https://www.trendmicro.com/ru_ru/what-is/machine-learning.html (дата обращения 13.11.2024).
3. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение 2018. 164 с.

Borisov A., Voinkov E., Elagin V. **USING DEEP PACKET ANALYSIS (DPI) TECHNIQUES TO CLASSIFY ENCRYPTED NETWORK TRAFFIC.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses modern approaches to classifying encrypted network traffic using deep packet analysis methods. The features of the traffic of messengers and VPN services are analyzed. The advantages and limitations of existing methods are presented, as well as the prospects for their application to improve security and optimize networks in the context of the growing popularity of encryption.

Key words: DPI, machine learning, traffic classification, encrypted traffic, messengers, VPN, network traffic, metadata, statistical analysis, encryption, network behavior.

УДК 004.056
ГРНТИ 81.93.29

ТЕОРИЯ ХАОСА В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ

Р. Р. Зайдуллин, С. В. Кисляков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматривается применение теории хаоса в области инфокоммуникаций. Анализируются основные понятия теории хаоса и их применение в безопасной передаче данных, обработке сигналов и криптографии. Приводятся математические модели, иллюстрирующие эффективность использования хаотических систем в инфокоммуникационных технологиях.

теория хаоса, инфокоммуникации, хаотические системы, криптография, хаотическое модулирование

Теория хаоса является разделом математики и физики, изучающим поведение динамических систем, чувствительных к начальным условиям. Малейшие изменения в исходных данных могут привести к значительно различающимся результатам в будущем развитии системы. В инфокоммуникациях это свойство используется для разработки новых методов передачи и обработки информации, обеспечивающих высокую степень безопасности и эффективности [1, 2].

Хаотические системы характеризуются нелинейностью и непредсказуемостью, несмотря на их детерминированную природу. Одним из ключевых понятий является странный аттрактор – множество состояний системы, к которым она стремится при длительной эволюции [3-5].

Математически хаотические системы описываются нелинейными дифференциальными уравнениями. Классическим примером является система уравнений Лоренца [3-5]:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \sigma(y - x) \\ \frac{dy}{dt} = x(\rho - z) - y \\ \frac{dz}{dt} = xy - \beta z \end{cases},$$

где x, y, z – переменные состояния системы, отражающие физические параметры (например, скорость конвекции и температурные градиенты), а σ, ρ, β – положительные параметры, определяющие поведение системы.

При определенных значениях параметров система демонстрирует хаотическое поведение. Это означает, что траектории системы в фазовом пространстве никогда не повторяются и обладают фрактальной структурой.

Одним из практических применений теории хаоса является безопасная передача данных. Хаотические сигналы используются для маскирования информационного сообщения, делая его недоступным для несанкционированного перехвата.

Исходное сообщение $m(t)$ комбинируется с хаотическим сигналом $c(t)$, генерируемым хаотической системой [3-5]:

$$s(t) = m(t) + c(t),$$

где $s(t)$ – передаваемый сигнал. На приемной стороне, зная параметры и начальные условия хаотической системы, можно сгенерировать тот же сигнал $c(t)$ и восстановить сообщение:

$$m(t) = s(t) - c(t)$$

Без знания параметров хаотической системы восстановить $m(t)$ практически невозможно из-за чувствительности системы к начальным условиям.

В области обработки сигналов хаотические системы применяются для генерации широкополосных сигналов с высокой спектральной плотностью энергии. Такие сигналы устойчивы к помехам и могут использоваться в системах связи.

Примером генерации хаотической последовательности является логистическое отображение [3-5]:

$$x_{n+1} = r x_n (1 - x_n),$$

где $x_n \in (0,1)$ – значение в n-й итерации, r – параметр системы. При $r \in (3.57, 4]$ система ведет себя хаотически. Полученная последовательность $\{x_n\}$ обладает свойствами случайности и может использоваться для модуляции сигналов.

В криптографии хаотические системы используются для создания стойких алгоритмов шифрования. Из-за непредсказуемости хаотических систем и их чувствительности к начальным условиям, они подходят для генерации криптографических ключей.

Процесс шифрования может быть следующим [6, 7]:

1. Генерируется хаотическая последовательность $\{x_n\}$ с помощью логистического отображения;

2. Исходное сообщение m_n преобразуется в двоичный код;

3. Проводится шифрование с использованием операции исключающего ИЛИ ($\oplus$):

$$c_n = m_n \oplus k_n,$$

где c_n – зашифрованный бит, $k_n = \lfloor x_n \times 10^d \rfloor \bmod 2$, d – число знаков после запятой, $\lfloor \cdot \rfloor$ – целая часть.

Для успешного использования хаотических систем в инфокоммуникациях необходимо обеспечить синхронизацию хаотических генераторов на передающей и приемной сторонах. Это достигается с помощью схемы синхронизации Пекоры-Кэрролла.

Динамика передатчика описывается уравнением [6, 7]:

$$\frac{dx_t}{dt} = f(x_t),$$

а приемника:

$$\frac{dx_r}{dt} = f(x_r) + k(x_t - x_r),$$

где x_t и x_r – состояния передатчика и приемника, $f(x)$ – нелинейная функция, k – коэффициент синхронизации. При достаточном значении k разность $x_t - x_r$ стремится к нулю при $t \to \infty$, обеспечивая синхронизацию систем.

Модуляция параметров хаотической системы позволяет передавать информацию путем изменения динамики системы. Например, параметр r логистического отображения модифицируется в соответствии с сообщением $m(t)$ [6, 7]:

$$r(t) = r_0 + \Delta r \cdot m(t),$$

где r_0 – базовое значение параметра, Δr – амплитуда модуляции. Изменение $r(t)$ влияет на хаотическую последовательность $\{x_n\}$, что может быть обнаружено на приемной стороне и использовано для восстановления $m(t)$.

Теория хаоса предоставляет новые инструменты для решения задач в области инфокоммуникаций. Хаотические системы позволяют повысить безопасность передачи данных, улучшить качество сигналов и разработать новые методы криптографической защиты. Дальнейшее изучение хаотических систем и их применение может привести к значительному прогрессу в сфере информационных технологий и коммуникаций.

Список используемых источников

1. Красов А. В. Земцов Д. С. Криптографические Средства защиты информации // Инновации. Наука. Образование, 2021. № 48. С. 1629–1632.

2. Гордиенко В. В., Довгаль В. М. Обнаружение и аннуляция критических значений в числовых рядах, генерируемых с помощью дискретного отображения Лоренца при криптографии и стеганографии // Auditorium, 2018. № 3 (19). С. 36–41.

3. Колесников А. А. Проблема управления нелинейными объектами с хаотической динамикой. Известия ЮФУ // Технические науки, 2012. № 4 (129). С. 146–156.

4. Исаев И. А., Ячинова С. Н. Математические аспекты теории хаоса // Образование и наука в современном мире. Инновации, 2024. № 3 (52). С. 211–218.
5. Щербаков А. В., Гладких О. Б., Петрова С. Н., Воронцова В. Л. Качественные свойства конечномерных нелинейных динамических моделей // Нелинейный мир, 2020. Т. 18. № 4. С. 15–23.
6. Алферов Ю. В., Семенюк А. В., Сычев И. В., Минаков С. Н., Громов Ю. Ю. Моделирование стахостических и хаотических колебаний для создания скрытых каналов передачи данных // Труды международного симпозиума "Надежность и качество", 2020. Т. 1. С. 97–101.
7. Левин Я. Я. Моделирование телекоммуникационных систем передачи информации с использованием псевдослучайных колебаний // Успехи современной радиоэлектроники, 2023. Т. 77. № 8. С. 66–76.

Zaidullin R., Kislyakov S. **CHAOS THEORY IN INFOCOMMUNICATIONS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications

This article discusses the application of chaos theory in the field of infocommunications. The basic concepts of chaos theory and their application in secure data transmission, signal processing and cryptography are analyzed. Mathematical models illustrating the effectiveness of using chaotic systems in information and communication technologies are presented.

Key words: chaos theory, infocommunications, chaotic systems, cryptography, chaotic modeling.

УДК 65.011.56
ГРНТИ 49.03.11

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ОБЛАЧНЫХ И ПЕРИФЕРИЙНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

С. В. Кисляков[1,2], С. Ю. Кудряшов[1]
[1] Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
[2] НТЦ АРГУС

В статье рассматривается применение цифровых двойников для управления взаимодействием между облачными и периферийными вычислительными узлами в современных инфокоммуникационных системах. Основное внимание уделено исследованию гибридной архитектуры сети, обеспечивающей баланс между централизованной обработкой данных в облаке и локальными вычислениями на периферии.

цифровой двойник, облачные вычисления, периферийные вычисления, гибридная архитектура, управление сетью

В связи с развитием информационных технологий, в частности, Интернета вещей (IoT) и стремительным внедрением в индустрии управление гибридными вычислительными системами, объединяющими облачные и периферийные ресурсы, становится все более актуальной задачей. Эти системы требуют обеспечения баланса между централизованной обработкой данных, предоставляемой облаком, и локальной обработкой, реализуемой периферийными устройствами. Цифровые двойники, представляющие собой виртуальные аналоги физических объектов, процессов или систем, предлагают эффективный инструмент для решения этой задачи, позволяя оптимизировать взаимодействие между облачными и периферийными компонентами.

Целью данной работы является исследование возможностей применения цифровых двойников в гибридных вычислительных системах, а также формулирование методологических подходов и практических рекомендаций для их использования.

Анализ требований к цифровым двойникам

Для обеспечения эффективного управления взаимодействием облачных и периферийных систем необходимо учитывать их различия в приоритетах и ограничениях. Исходя из концепции взаимодействия и аспектов работы, представленных на рис. 1, можно сделать несколько заключений. Облачные вычисления характеризуются высокой производительностью, масштабируемостью и возможностью центра-

лизованной обработки больших объемов данных. Эти свойства особенно важны для задач долгосрочного хранения, аналитики и интеграции данных от множества периферийных узлов.

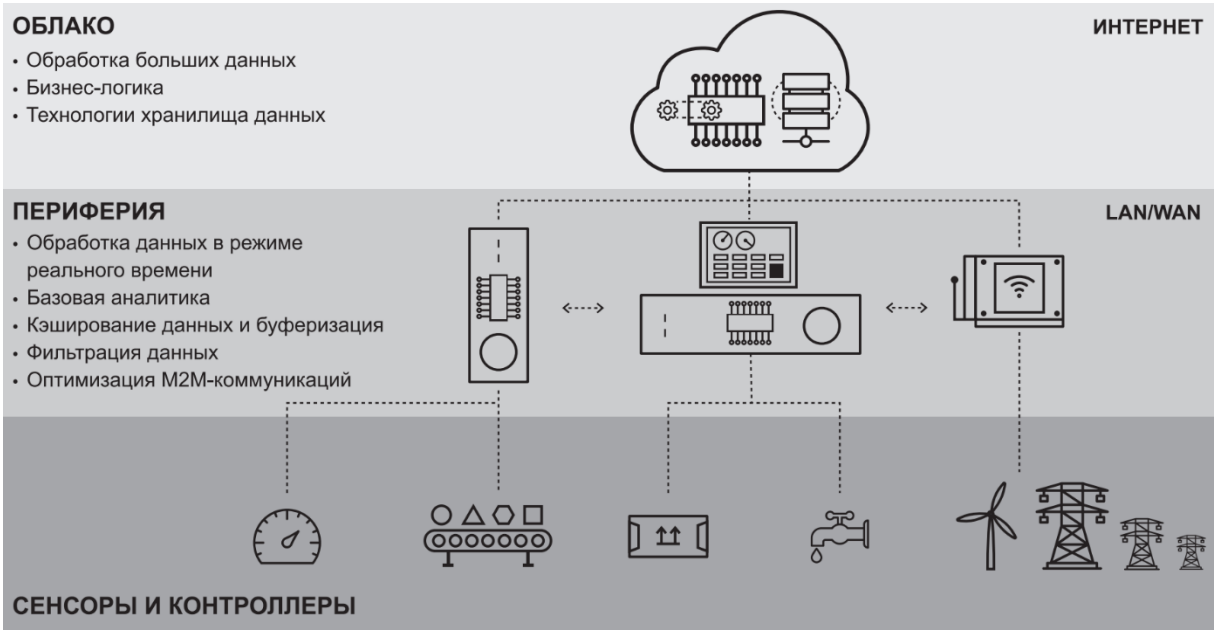


Рис. 1. Схема концепции взаимодействия периферийных и облачных вычислений [1]

С другой стороны, периферийные узлы стремятся минимизировать задержки обработки данных и энергопотребление, что продиктовано ограниченными вычислительными и энергетическими ресурсами. В отличие от облака, периферийные устройства должны обеспечивать работу в реальном времени, что делает критически важным автономное функционирование в условиях ограниченного или прерванного соединения с облаком [1].

Эти требования зачастую оказываются несовместимыми. Например, потребность периферийных узлов в быстрой обработке данных может вступать в конфликт с высокой вычислительной сложностью алгоритмов, реализуемых в облаке. Решение данной проблемы лежит в области создания цифровых двойников, которые выступают связующим звеном между облаком и периферией, выполняя функции координации, адаптации и прогнозирования.

Методология оптимизации взаимодействия облака и периферии

Оптимизация взаимодействия облачных и периферийных вычислений с использованием цифровых двойников начинается с построения их виртуальной модели. На этом этапе осуществляется сбор информации о текущей структуре сети, характеристиках периферийных узлов, пропускной способности каналов связи и вычислительных возможностях облака. На основе полученных данных формируется базовая модель, которая позволяет понять, как ресурсы распределяются в системе, и выявить потенциальные узкие места [2, 3].

Следующим ключевым этапом является мониторинг системы в реальном времени: цифровой двойник постоянно собирает данные о текущей загрузке узлов, времени отклика и изменениях в состоянии сети. Этот процесс позволяет не только фиксировать текущие параметры системы, но и своевременно реагировать на возникающие проблемы, такие как перегрузка периферийного узла или увеличение задержек передачи данных [4].

На основе собранной информации цифровой двойник выполняет адаптивное управление системой. Он перераспределяет задачи между облаком и периферией в зависимости от текущей ситуации, например, если периферийный узел перегружен или близок к исчерпанию своих энергетических ресурсов, ЦД может перенаправить часть задач на облако. В случаях, когда задержка передачи данных становится критичной, система предпочитает выполнять обработку данных на локальном уровне, минимизируя необходимость взаимодействия с облаком [5].

Прогнозирование нагрузки играет важную роль в обеспечении стабильной работы системы. Используя исторические данные и алгоритмы машинного обучения, цифровой двойник предсказывает возможные пики нагрузки или снижение доступности отдельных узлов. Эти прогнозы позволяют системе заранее подготовиться к изменениям, например, перераспределив ресурсы или активировав резервные мощности [6, 7].

Финальная фаза связана с обеспечением безопасности и устойчивости системы. Применяя концепции из исследования [7], цифровой двойник реализует механизмы защиты данных, включая шифрование, управление доступом и защиту от атак на физическом уровне. Это особенно важно в системах, использующих IoT-устройства, которые часто являются уязвимыми точками сети [8].

Рекомендации для внедрения цифровых двойников

Для успешной интеграции цифровых двойников в гибридные вычислительные системы необходимо учитывать несколько аспектов. Прежде всего, важно определить ключевые цели внедрения. Если основная задача заключается в минимизации задержек, то акцент следует сделать на моделировании сети и адаптивном управлении задачами. Если же приоритетом является снижение энергопотребления, то необходимо разработать стратегии распределения вычислительных ресурсов, которые учитывают ограничения периферийных узлов.

Также необходимо позаботиться о безопасности данных, так как цифровые двойники работают с большими объемами информации, включая данные от периферийных устройств, что требует надежной защиты на всех этапах обработки. Интеграция ЦД должна проводиться поэтапно: начиная с тестирования на отдельных узлах, чтобы минимизировать риски, связанные с возможными ошибками в настройке или несовместимостью оборудования.

Кроме того, успех внедрения будет зависеть от готовности инфраструктуры. Необходимо убедиться, что используемые устройства совместимы с алгоритмами цифровых двойников, а сеть имеет достаточную пропускную способность для их корректной работы.

Возможные сценарии применения цифровых двойников

Цифровые двойники, применяемые для управления взаимодействием облачных и периферийных вычислений, находят свое место в различных областях, требующих высокой эффективности сетевых решений. Одним из ключевых сценариев является их использование в сетях следующего поколения (5G и 6G). Например, в рамках периферийных сетей цифровые двойники могут моделировать и прогнозировать состояние узлов, оптимизировать маршруты передачи данных и предотвращать перегрузку сети. Это особенно важно для обеспечения ультранизкой задержки и высокой пропускной способности в таких приложениях, как дополненная реальность, нейрокомпьютерные интерфейсы и голографическое телеприсутствие [9].

В интеллектуальных городах цифровые двойники интегрируются с сетями IoT для управления распределенными ресурсами, такими как энергосистемы или системы водоснабжения. В этих сценариях ЦД анализируют данные от сенсоров в реальном времени, оптимизируют использование ресурсов и повышают надежность работы критической инфраструктуры.

Заключение

Цифровые двойники представляют собой перспективное решение для управления гибридными вычислительными системами, которые сочетают облачные и периферийные ресурсы. Их применение позволяет эффективно адаптировать архитектуру сети к изменениям нагрузки, снижать задержки, оптимизировать энергопотребление и повышать надежность.

Разработанные в статье подходы и рекомендации могут служить основой для внедрения цифровых двойников в различных сферах, включая умные города, промышленное производство, логистику и здравоохранение. В перспективе дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование методов прогнозирования, повышение безопасности и разработку стандартов для внедрения цифровых двойников в гибридные системы.

Список используемых источников

1. Прохоров А., Лысачев М. Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с. ISBN 978-5-98094-008-9

2. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. Springer. 2017.
3. Lee J., Bagheri B., & Kao H. A. A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. Manufacturing Letters, 2015.
4. Uhlemann T. H.-J., Lehmann C., Steinhilper R. The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry 4.0. Procedia CIRP, 2017.
5. ETSI. Multi-access Edge Computing (MEC): Framework and Reference Architecture. ETSI GS MEC 003. 2019.
6. Wang Y., Zhang L., Ma H. A Digital Twin-Based Framework for Edge-Cloud Collaboration in Smart Cities. IEEE Access, 10, 34217–34229. 2022.
7. Sadeghi A. R., Wachsmann C., & Waidner, M. Security and Privacy Challenges in Industrial Internet of Things. ACM/IEEE Design Automation Conference, 1–6. 2015.
8. NIST. Cyber-Physical Systems: Working Group Reports. National Institute of Standards and Technology. 2018.
9. Chen Z., Yi W., Nallanathan A., Chambers J. A. Distributed Digital Twin Migration in Multi-Tier Computing Systems // IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2024. Vol. 18. № 1. PP. 109–123.

***Kislyakov S.*[1,2], *Kudryashov S.*[1]** **APPLICATION OF DIGITAL TWINS FOR MANAGING INTERACTIONS BETWEEN CLOUD AND EDGE COMPUTING.**

[1] *The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications*
[2] *STC ARGUS*

This paper examines the application of digital twins to manage interactions between cloud and edge computing nodes in modern infocommunication systems. The focus is on exploring a hybrid network architecture that ensures a balance between centralized data processing in the cloud and local computations at the edge.

Keywords: digital twin, cloud computing, edge computing, hybrid architecture, network management.

6УДК 65.011.56
ГРНТИ 50.41.25

ПРИМЕНЕНИЕ СОБЫТИЙНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ OSS-РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ODA

С. В. Кисляков [1,2], Е. А. Лочкарев [1]

[1] Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
[2] НТЦ АРГУС

Событийно-ориентированная архитектура (Event-Driven Architecture, EDA) – это подход к проектированию систем, в котором взаимодействие между компонентами системы организовано вокруг событий. В такой архитектуре компоненты системы реагируют на события, которые могут инициировать изменения в состоянии данных или запуск определенных бизнес-процессов. В данной статье рассмотрено, как реализована данная архитектура в новой концепции открытой цифровой архитектуры (ODA), смоделирован вариант операционного процесса при участии компонента TMFC046 Workforce Management.

EDA, Event, Open Digital Architecture, OSS/BSS, ODA-компоненты, Workforce Management, Open API

Событийно-ориентированная архитектура в ODA

Функциональная архитектура ODA (ODA Functional Architecture) смоделирована для представления бизнес-функций предприятия и соответствующих взаимодействий и состоит из различных блоков – Engagement Management отвечающим за графический интерфейс (GUI), и другие блоки ODA, отвечающие за слои процессов.

В Open Digital Architecture выделен новый функциональный блок – ODA Canvas Operators. Данный блок состоит из трех компонентов (TMFC017 API Management, TMFC018 Enterprise Integration и TMFC019 Event Management) и отвечает за управление потоками событий и организацию операционных процессов внутри среды выполнения компонентов ODA Canvas.

Каждый ODA-компонент обладает перечнем событий Event. Список Event – это раздел, в котором перечислены события, которые компонент может генерировать, а также список событий, на которые он может реагировать. Каждое определенное событие может иметь несколько источников и событий.

Для интеграции и координации между блоком Engagement Management, ответственным за графический интерфейс и взаимодействие с пользователями, и блоками, реализующие слои процессов и отвечающие за логику и выполнение операций, были определены два API [1]:

– TMF701 Process Flow Management – управляет процессами и потоком задач между различными блоками. Этот API позволяет корректно распределять запросы между слоями процессов и управлять их последовательностью. Он помогает инициировать и отслеживать под-процессы, обеспечивая их согласованность и соответствие бизнес-логике [2];

– TMF688 Event Management – обрабатывает события и передает их между различными компонентами ODA. Этот API обеспечивает связь между компонентами на базе событий, что позволяет слоям взаимодействовать и реагировать на изменения в режиме реального времени [3].

Эти два новых API позволяют разделить процессы, которые управляются различными блоками ODA, и управлять полным бизнес-процессом без необходимости повторения процессов, бизнес-правил или информации.

Операционные процессы при участии компонента TMFC046 Workforce Management

В рамках данной работы для моделирования операционных процессов, проходящих в ИТ-ландшафте поставщика цифровых услуг, построенном на основе ODA с EDA, был выбран компонент TMFC046 Workforce Management.

ТАБЛИЦА 1. Компонент TMFC046 Workforce Management.

Имя компонента	ID	Описание	Функциональный блок ODA
Workforce Management	TMFC046	Предоставляет возможности для описания команд, организаций, навыков и доступности технических специалистов. Позволяет резервировать временные слоты для выполнения назначенных задач (как внутренних, так и ориентированных на клиента). Система также поддерживает бронирование, обновление и перенос встреч и мероприятий [4]	Production

Одна из основных функций TMFC046 – это управление графиком выездных специалистов, назначение встреч с клиентом и бронирование временных интервалов. В рамках данной работы было выбрано бронирование временных интервалов.

На рисунке 1 изображен операционный процесс бронирования временного интервала для технических специалистов. Здесь описано как события запускают определенные процессы внутри системы. На данном рисунке отображены процессы не внутри компонентов, а в рамках всей инфраструктуры. В обработке данной операции, помимо TMFC046, были задействованы компоненты TMFC035 Party Roles &

Permissions Management, выполняющий функции по управлению и предоставлению доступа к ролям и связанным с ними разрешениям [5], и TMFC019 Event Management, который отвечает за обработку событий по мере их возникновения из компонентов. На рисунке 2 представлено, как компоненты взаимодействуют друг с другом посредством программных интерфейсов.

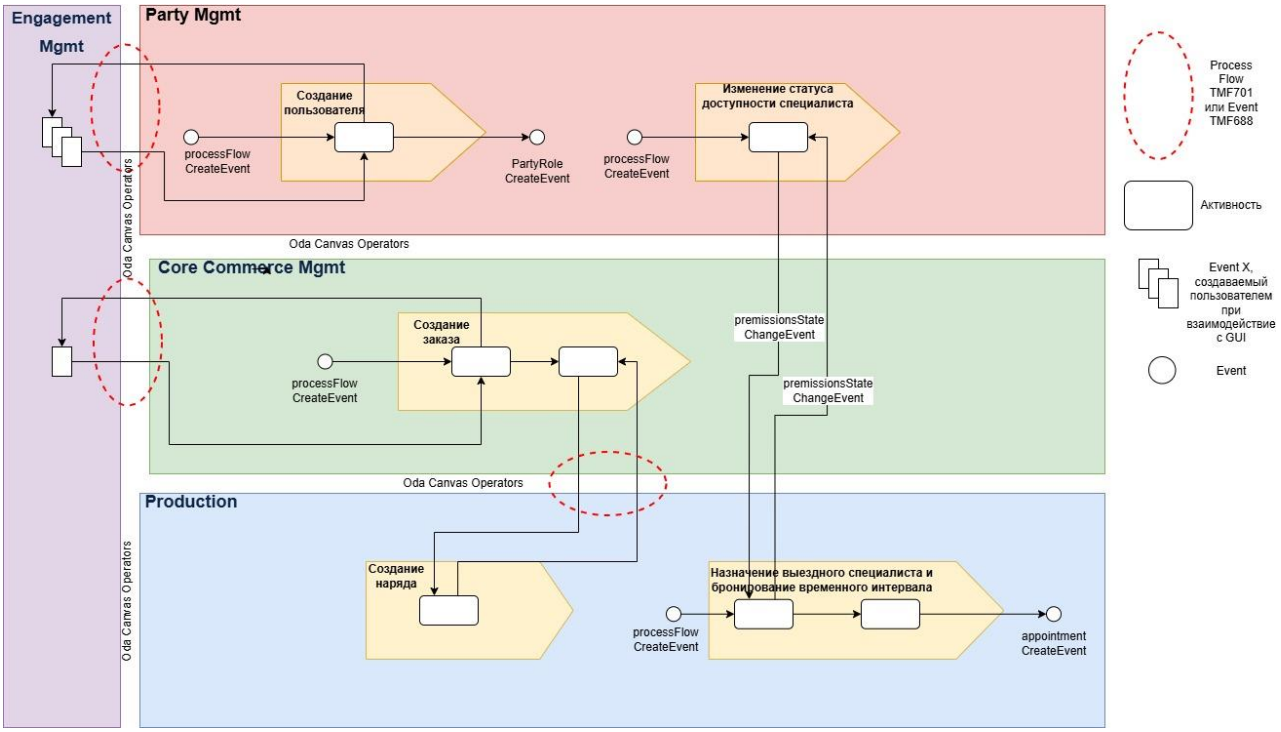


Рис. 1. Обработка операционных процессов на функциональной архитектуре ODA

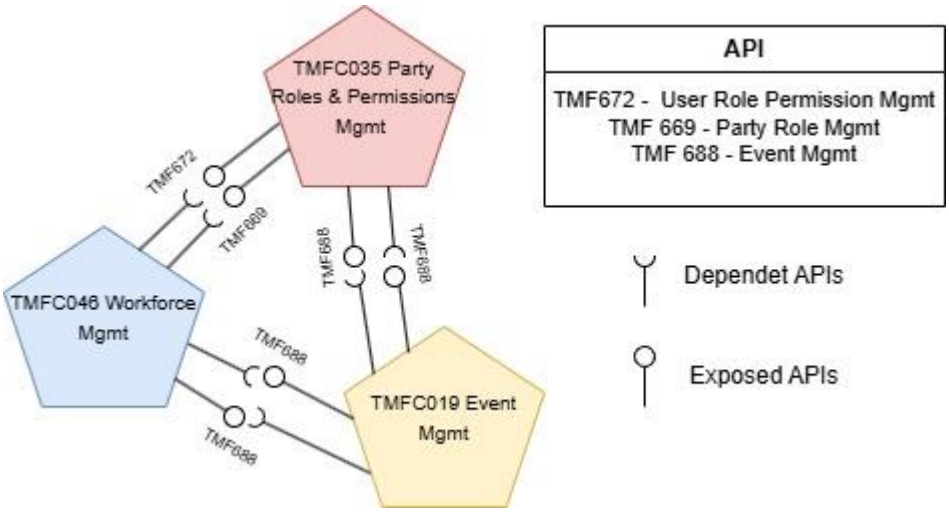


Рис. 2. Взаимодействие ODA-компонентов при помощи API

Каждый компонент имеет список Event, которые он может потреблять и генерировать, и поэтому он обрабатывает только те события и процессы, которые входят в рамки его задач.

Далее представлен сценарий, описывающий, какие события и процессы запускаются при бронировании временного интервала. В этот сценарий также включено взаимодействие между компонентами посредством API, обмен информацией между ними при обработке процесса.

Кейс:

– клиент заключает договор с поставщиком на оказание услуг. В системе создается новый пользователь;

– клиент заказывает услугу. В системе создается наряд, проверятся доступность технических специалистов;

– система назначает специалиста, бронирует временной интервал.

Процесс 1. Создание нового пользователя:

1. Система определяет статус клиента. Возможны два варианта:

а) пользователь – новый клиент (тогда система генерирует событие PartyRoleCreateEvent (создание новой роли));

б) пользователь – существующий клиент (тогда генерируется событие processFlowCreateEvent (Событие создания потока процессов)).

2. В рамках данного кейса обращение идет в первый раз. Тогда для клиента создается пользовательская роль, и TMFC035 генерирует событие PartyRoleCreateEvent.

3. TMFC019 обрабатывает PartyRoleCreateEvent и генерирует событие TopicCreateEvent (создание новой темы), тем самым запуская логику, связанную с обработкой нового топика.

Результат: создан новый пользователь в системе.

Процесс 2. Создание наряда и проверка доступности технических специалистов:

1. Пользователь заказывают услугу. Компонент, отвечающий за управление заказами, генерирует событие processFlowCreateEvent.

2. TMFC046 берет в работу через API TMF701 созданное событие, на основе которого запускает процесс назначения наряда по данной услуге.

3. Workforce Management определяет доступность технических специалистов на основе информации, предоставляемой компонентом Party Roles & Permissions Management – каждый раз при изменении статуса доступности специалиста ODA-компонент генерирует событие permissionStateChangeEvent.

Результат: внутри системы создан наряд на новую услугу. Определен доступный технический специалист.

Процесс 3. Назначение технического специалиста и бронирование временного интервала:

1. Внутри компонента TMFC046 Workforce Management назначается выездной специалист на ранее запланированный наряд.

2. Для проведения работ бронируется временной интервал, и TMFC046 генерирует событие appointmentCreateEvent (создание нового назначения), которое, аналогично первому процессу, обрабатывается в ODA-компоненте Event Management.

Результат: назначен выездной специалист, забронирован временной интервал для встречи. В систему добавлено уведомление о новом топике, и другие компоненты с помощью API TMF646 Appointment Management могут взять в обработку созданное событие.

Заключение

В данной работе авторами было разобрано применение событийно-ориентированной архитектуры в концепции Open Digital Architecture. В ODA реализованы все ключевые составляющие EDA:

1. События, являющиеся центральным элементом и характеризующие собой изменения состояния и действия;

2. Производители и потребители событий, то есть ODA-компоненты, которые создают и публикуют события.

3. Обработка событий. События могут обрабатываться моментально (real-time) или по расписанию, в зависимости от требований бизнеса.

4. Доменные события, которые в данном случае реализованы в виде функциональных блоков ODA Functional Architecture. Использование концепций доменной модели для аккумулирования и обработки бизнес-событий, что позволяет улучшить моделирование бизнес-процессов.

Смоделированный операционный процесс позволяет наглядно увидеть реализацию подхода Event-Driven, как события обрабатываются в программных блоках, передаются между различными доменами. Данный подход способствует более эффективному взаимодействию между модулями системы, делая ИТ-ландшафт более гибким и масштабируем.

Список используемых источников

1. IG1167 ODA Functional Architecture Exploratory Report v6.0.0 // tmforum.org URL: https://www.tmforum.org/resources/standard/ig1167-oda-functional-architecture-exploratory-report-v6-0-0/ (дата обращения: 01.11.2024).
2. TMF701 Process Flow Management API REST Specification v4.1.0 // tmforum.org URL: tmforum.org URL: https://www.tmforum.org/resources/guidebook/tmf701-process-flow-api-user-guide-v4-1-0/ /// (дата обращения 09.11.2024).
3. TMFC019 Event Management // tmforum.org URL: https://oda-directory.labs.tmforum.org/component-map/decoupling-and-integration/TMFC019 (дата обращения: 02.11.2024).
4. TMFC046 Workforce Management v1.0.0 // tmforum.org URL: https://projects.tmforum.org/wiki/display/PUB/TMFC046+Workforce+Management+v1.0.0 (дата обращения: 02.11.2024).

5. TMFC035 Permissions Management v1.1.0 // tmforum.org URL: https://projects.tmforum.org/wiki/display/PUB/TMFC035+Permissions+Management+v1.1.0 (дата обращения: 03.11.2024).

Kislyakov S., Lochkarev E. **APPLICATION OF EVENT-ORIENTED ARCHITECTURE IN THE DESIGN OF OSS SOLUTIONS BASED ON ODA.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Event-Driven Architecture (EDA) is an approach to designing systems in which interactions between system components are organized around events. In such an architecture, system components respond to events that can initiate changes in the state of data or launch certain business processes. This article discusses how this architecture is used in the new concept of open digital architecture (ODA), and a variant of the operational process is modeled with the participation of the TMFC046 Workforce Management component.

Key words: EDA, Event, Open Digital Architecture, OSS/BSS, ODA Components, Workforce Management, Open API.

УДК 65.011.56
ГРНТИ 50.41.25

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ EVENT-DRIVEN ПОДХОДА В ОТКРЫТОЙ ЦИФРОВОЙ АРХИТЕКТУРЕ ОТ TM FORUM

[1,2] С. В. Кисляков, [1] Д. И. Сухомлинов
[1] Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
[2] НТЦ АРГУС

Современные поставщики цифровых услуг активно трансформируют свои ИТ-ландшафты, отказываясь от монолитных систем в пользу систем, построенных на основе микросервисной архитектуры. Открытая цифровая архитектура – фремворк, предложенный организацией TM Forum – включает в себя ряд стандартных компонентов для разработки микросервисов.

В работе обсуждается поддержка Event-Driven подхода в Открытой цифровой архитектуре.

Open Digital Architecture, Event-Driven Architecture, OSS/BSS, ODA-компоненты, Network Resource Inventory, Open API

Система «АРГУС NRI» предназначена для автоматизации процессов управления, обработки и анализа данных, связанных с линейными техническими объектами, сооружениями и услугами, используя новейшие информационные технологии [1].

Перевод «АРГУС NRI» к открытой цифровой архитектуре представляет собой модульную систему, состоящую из независимых компонентов, позволяющую поставщикам цифровых услуг ускорить разработку и развертывание новых функциональных возможностей, улучшить управляемость систем и повысить их устойчивость к отказам.

Для системы «АРГУС NRI» были выделены следующие компоненты: Service Inventory, Resource Inventory, Location Management и Service Order Management [2]. ODA-компоненты могут взаимодействовать друг с другом, но оставаться независимыми элементами ИТ-ландшафта. У каждого компонента есть:

1. Функциональные возможности. Каждый компонент выполняет строго определенные задачи или бизнес-функции, обеспечивая четкое разграничение обязанностей между различными частями системы;

2. Прикладные программные интерфейсы (API). Каждый компонент предоставляет стандартизированные API для связи с другими компонентами, что позволяет другим модулям системы взаимодействовать с компонентом;

3. Перечень Event (События). Каждый компонент может генерировать события, фиксирующие значимые изменения или действия, которые могут быть полезны для других частей системы.

В ODA-компонентах перечень событий публикуется (обрабатывается) в режиме реального времени и позволяет компонентам реагировать на изменения асинхронно, что соответствует принципу работы событийно-ориентированной архитектуры (Event-Driven Architecture – EDA). EDA – это подход, при котором возникает отслеживание происходящих событий и реакция на них. Событие может быть любым действием пользователя в системе, например, нажатие на кнопку или ввод текста в поле.

Для обеспечения поэтапной обработки событий компонентом и разделения их на логические группы были выделены два специальных программных интерфейса, поддерживаемые всеми ODA-компонентами, представленные в таблице 1:

– TMF688 Event Management;

– TMF701 Process Flow Management.

ТАБЛИЦА 1. Описание программных интерфейсов для управления событиями ODA-компонентов

TM Forum Open APIs	Краткое описание
TMF688 Event Management	API управления событиями предоставляет стандартизированный клиентский интерфейс к системе управления корпоративными событиями для создания, управления и получения событий, связанных с обслуживанием, для управления рабочими процессами автоматизации, уведомления других поставщиков услуг о перебоях в обслуживании и нарушениях SLA, запуска создания заявок на устранение неполадок и включения более сложных сценариев взаимодействия между системами управления. API управления событиями также можно использовать для передачи событий бизнес-уровня в поддержку других процессов [3]
TMF701 Process Flow Management	Позволяет управлять бизнес-процессами. Он предоставляет всю необходимую информацию для решения бизнес-задачи, требующей ручного действия [4]

Эти API позволяют компоненту не только управлять событиями поочередно, в правильном порядке, избегая одновременной обработки всех событий, но и разделять процессы, которыми управляют различные блоки ODA, обеспечивая контроль над полным бизнес-процессом, что повышает гибкость и эффективность работы системы.

В силу ограниченности объема в качестве примера будет детально рассмотрен перечень Event для API TMF701 Process Flow Management одного из основных компонентов системы «АРГУС NRI» – TMFC012 Resource Inventory. Для этого API определено 9 Events [5], представленных на рис. 1:

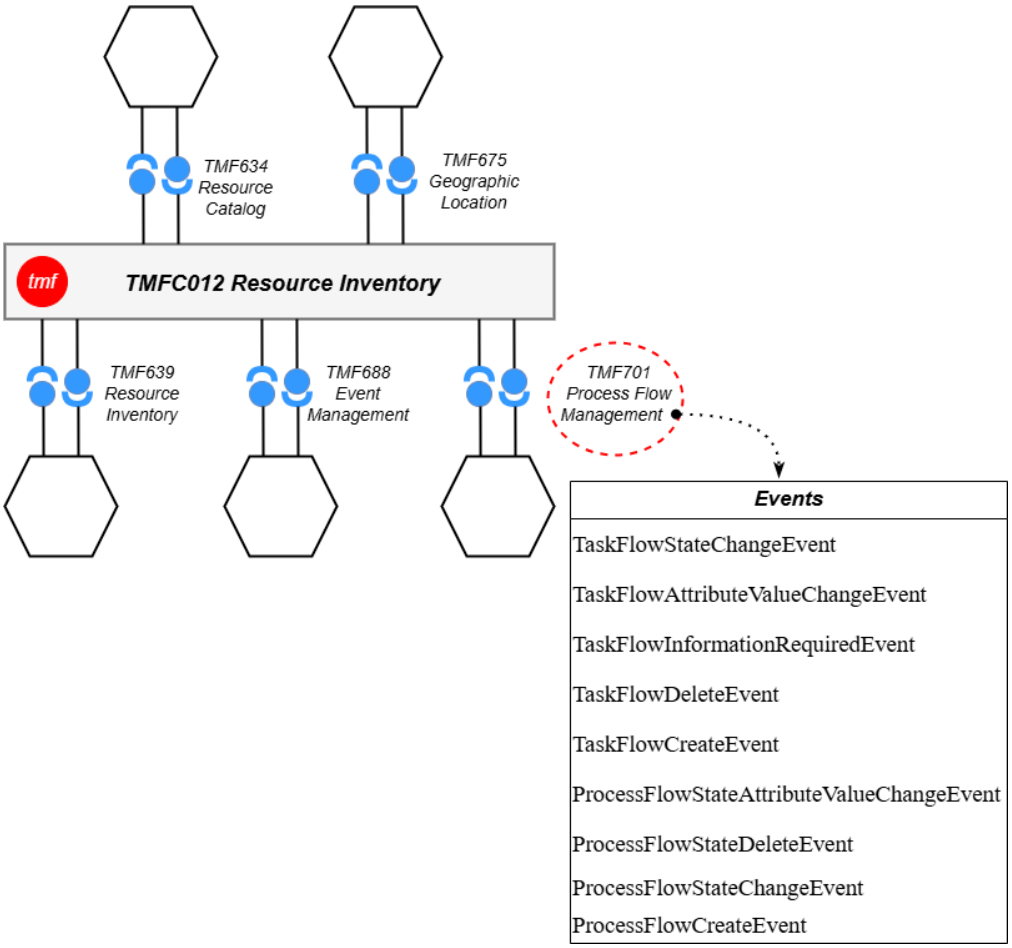


Рис. 1. Events компонента Resource Inventory для API Process Flow Management

1. ProcessFlowCreateEvent – представляет собой событие, инициирующее новый процессный поток для выполнения задач, связанных с управлением активами;

2. ProcessFlowStateChangeEvent – указывает на изменение состояния процессного потока, связанного с управлением активами;

3. ProcessFlowStateDeleteEvent – фиксирует завершение или отмену выполнения процесса;

4. ProcessFlowStateAttributeValueChangeEvent – фиксирует обновления в определенных параметрах или свойствах активного процесса, связанных с его выполнением или состоянием;

5. TaskFlowCreateEvent – инициирует конкретную задачу в процессе, связанную с управлением техническими объектами;

6. TaskFlowStateChangeEvent – указывает на изменение состояния задачи в рамках ее жизненного цикла, фиксирует переход задачи между статусами;

7. TaskFlowDeleteEvent – указывает на завершение или удаление рабочей задачи процесса;

8. TaskFlowAttributeValueChangeEvent – фиксирует, что один из параметров или характеристик задачи или процесса был изменен;

9. TaskFlowInformationRequiredEvent – указывает на задачу, которая не может быть завершена из-за отсутствия необходимых данных или информации.

Каждое событие в компонентах выполняется строго в свою очередь, что обеспечивает последовательное и управляемое выполнение задач в рамках архитектуры. Благодаря этому принципу, каждый процессный поток и задача обрабатываются пошагово, что минимизирует риски конфликтов и обеспечивает согласованность данных.

Событийно-ориентированный подход применяется и в новой разработке TM Forum – открытой цифровой архитектуре. Благодаря применению принципов EDA, каждый компонент ODA может отправлять и получать события независимо, что облегчает взаимодействие между различными модулями и позволяет адаптировать систему к различным бизнес-требованиям. Архитектура Event-Driven особенно ценна в условиях высокой динамичности современных цифровых услуг, где требуется быстрая реакция на изменения и легкость интеграции новых функций.

В статье были рассмотрены события компонента TMFC012 Resource Inventory для API TMF701 Process Flow Management, играющих ключевую роль в архитектуре управления и учета ресурсов в «АРГУС NRI». Было описано, как такие события, как ProcessFlowCreateEvent, TaskFlowCreateEvent и другие, обеспечивают эффективное взаимодействие между различными модулями системы, поддерживая согласованность данных и упрощая управление процессами.

Список используемых источников

1. Продукты и решения // argustelecom URL: https://argustelecom.ru/ (дата обращения: 10.11.2024).
2. Кисляков С. В., Сухомлинов Д. И. Выделение ODA-компонентов для систем учета сетевых ресурсов Network Resource Inventory // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2023. Том 1. С. 623–627. URL: https://apino.sut.ru/ media/pages/works/2023/a30acd54a2-1688560048/apino-2023.-sbornik-nauchnyh-statey.-t.-1.-plenarnoe-zasedanie.-infokommunikcionnye-seti-i-sistemy.pdf (дата обращения 05.11.2024).
3. TMF688 Event Management API User Guide v4.0.0. tmforum.org. URL: https://www.tmforum.org/ resources/standard/tmf688-event-management-api-user-guide-v4-0-0 (дата обращения 09.11.2024).
4. TMF701 Process Flow API User Guide v4.1.0. tmforum.org. URL: https://www.tmforum.org/ resources/guidebook/tmf701-process-flow-api-user-guide-v4-1-0/ /// (дата обращения 09.11.2024).
5. TMFC012 Resource Inventory v2.0.0. tmforum.org. URL: https://www.tmforum.org/ resources/technical-specification/tmfc012-resource-inventory-v2-0-0// /// (дата обращения 12.11.2024).

Kislyakov S., Sukhomlinov D. **ANALYSIS OF EVENT-DRIVEN APPROACH IMPLEMENTATION IN OPEN DIGITAL ARCHITECTURE FROM TM FORUM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Today's digital service providers are actively transforming their IT landscapes, abandoning monolithic systems in favor of systems based on microservice architecture. Open Digital Architecture, a framework proposed by the TM Forum organization, includes a number of standard components for microservice development.

The paper discusses the support of Event-Driven approach in the Open Digital Architecture.

Key words: Open Digital Architecture, Event-Driven Architecture, OSS/BSS, ODA-components, Network Resource Inventory, Open API.

УДК 004.9
ГРНТИ 50.53.17

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПЛАТФОРМЫ MLOPS ДЛЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ OPENSTACK

Д. А. Коничев, В. А. Лошкарев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В последние годы потребность в машинном обучении и искусственном интеллекте стремительно растет, и вместе с этим усложняется процесс их разработки и внедрения в промышленное использование. Здесь на помощь приходит MLOps (Machine Learning Operations) – практический подход, который объединяет методологии DevOps и Data Science, обеспечивая управляемость, автоматизацию и масштабируемость жизненного цикла моделей машинного обучения. MLOps помогает командам решать ключевые проблемы, такие как управление большими объемами данных, координация работы с моделями и их развертывание в production-среде. Этот подход позволяет ускорить процесс от разработки до внедрения, снизить ошибки и повысить надежность моделей, что особенно важно в условиях динамичных требований бизнеса и постоянного роста объемов данных.

MLOps, машинное обучение, Data Science, искусственный интеллект, OpenStack, виртуализация, облачная инфраструктура, CI/CD

MLOps берет на себя задачи, связанные с подготовкой данных, обучением моделей, тестированием, мониторингом и развертыванием. Процесс MLOps строится вокруг нескольких основных компонентов: CI/CD (непрерывная интеграция и развертывание), управление версиями моделей и данных [1]. Управление версиями моделей и данных позволяет отслеживать и контролировать изменения в данных и параметрах, что помогает улучшить воспроизводимость и управляемость. Эти компоненты тесно связаны между собой и формируют непрерывный цикл разработки и поддержки моделей, что позволяет командам быстро адаптироваться к новым данным и требованиям.

Построение эффективного MLOps-процесса требует решения ряда технических и организационных моментов. Во-первых, масштабирование обработки и хранения данных – важная проблема для большинства компаний, так как модели машинного обучения зависят от большого объема данных. Во-вторых, автоматизация всего жизненного цикла требует сложной интеграции множества инструментов и платформ. Кроме того, важен контроль качества и воспроизводимости: нужно не только гарантировать, что модель работает корректно, но и быть в состоянии восстановить ре-

зультаты обучения и его конфигурации. В-третьих, важен контроль версий данных и моделей, что позволяет командам видеть все изменения и откатывать их при необходимости.

OpenStack предоставляет мощные и гибкие инструменты для создания облачной инфраструктуры с минимальными затратами [2]. Будучи платформой с открытым исходным кодом, OpenStack позволяет избежать затрат на лицензии и привязки к конкретному поставщику, что особенно важно для стартапов с ограниченным бюджетом. OpenStack гибко настраивается, поддерживает автоматизацию и может масштабироваться по мере роста проекта, обеспечивая при этом полную изоляцию и безопасность данных. Кроме того, OpenStack позволяет внедрять MLOps-практики, что упрощает работу с моделями машинного обучения и их развертывание в production.

OpenStack развернут на физической машине с адресным пространством сети 10.0.0.0/8. Трафик из внешней сети поступает через маршрутизатор GW по VPN тунелю, обеспечивая доступ к инфраструктуре OpenStack, а также возможность контролируемого доступа из интернета к внутренним ресурсам. Архитектура сети OpenStack включает несколько логических подсетей, каждая из которых соответствует определенному проекту, рис. 1. Все виртуальные машины создаются в пределах отдельных подсетей, что позволяет обеспечить логическое разделение и изоляцию ресурсов от других проектов, а также гибкий и безопасный доступ участников к нужным ресурсам. Внутренний трафик в подсетях маршрутизируется с использованием виртуальных коммутаторов Open vSwitch (OVS).

Проекты OpenStack разделяются на следующие группы:

– Core – основной компонент инфраструктуры проекта, предоставляющий необходимые инструменты для организации работы команды, включая системы контроля версий и управления проектами, такие как GitLab, OpenProject, TeamCity и другие;

– MLOps – проект, предназначенный для работы и развертывания моделей искусственного интеллекта (ИИ);

– Web – проект для работы и развертывания сервисов, связанных с веб-разработкой и поддержкой веб-приложений;

– IoT – проект, ориентированный на работу и развертывание сервисов, связанных с Интернетом вещей (IoT).

Для обучения моделей ИИ необходимы большие объемы данных, которые должны постоянно обновляться. Эти данные можно собирать из открытых источников с помощью парсеров – программ, автоматически извлекающих информацию с веб-сайтов и других ресурсов. Парсеры помогают поддерживать актуальность данных, что критично для создания точных моделей.

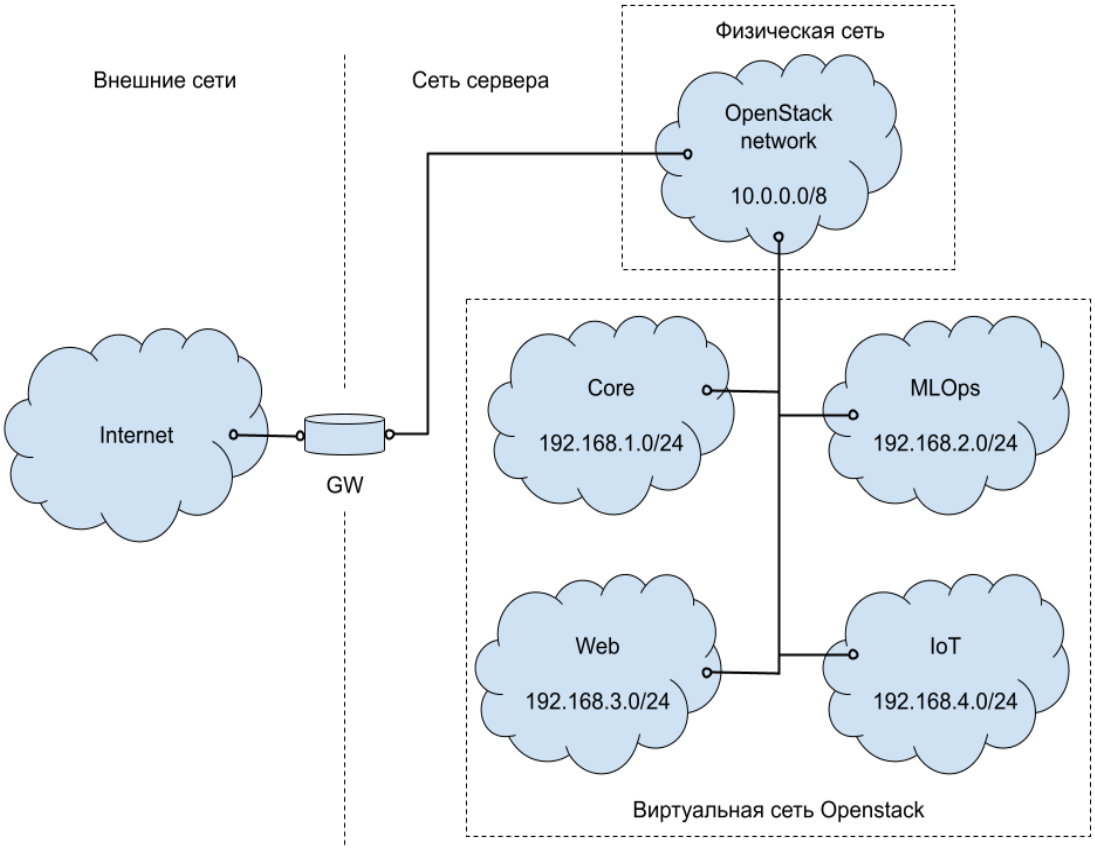


Рис. 1. Схема сети Openstack

Для эффективного хранения и обработки данных используются базы данных (СУБД) [3]. Реляционные и нереляционные базы обеспечивают быстрый доступ и масштабируемость, а облачные решения позволяют работать с большими объемами информации для обучения моделей. Для автоматизированного сбора данных через API (программный интерфейс, необходимый для аутентификации и доступа к данным) [4] требуется подготовка баз данных.

Для работы с таблицами используется язык SQL. В проекте для взаимодействия с PostgreSQL [5] применяется библиотека psycopg2 [6] для Python. Создан отдельный пользовательский профиль в PostgreSQL с необходимыми правами, что обеспечивает управление доступом и повышает безопасность.

```
cur = connection.cursor()
create_user_query = sql.SQL("CREATE USER {} WITH PASSWORD %s;").format(sql.Identfier(user))
cursor.execute(create_user_query, (npassword,))
grant_privileges_query = sql.SQL("ALTER USER {} CREATEDB;").format(sql.Identifier(user))
cursor.execute(grant_privileges_query)
```

Для создания таблицы выполняется SQL-запрос с указанием названия таблицы, имен и типов столбцов и других характеристик:

```
cur.execute('''CREATE TABLE parser (id serial PRIMARY KEY, unix_time INT, ...);
```

Остальные параметры для работы ИИ будут предоставлены в аналогичном формате, основываясь на данных, полученных из API.

Пример запроса к сервису API для получения информации включает следующие параметры:

– units: метрика, предпочитаемая метрическая система измерений;

– lang: предпочитаемый язык (английский);

– APPID: ключ для аутентификации.

Запрос выполняется с помощью метода requests.get, который возвращает ответ в формате JSON с данными от сервиса. Каждый элемент из полученного массива присваивается переменным для последующего анализа и использования. После сбора данных и формирования таблицы осуществляется перенос информации в соответствующие столбцы. Каждый элемент связывается с нужным столбцом, что гарантирует правильное размещение.

Сначала устанавливаем соединение с базой данных PostgreSQL, указывая параметры: хост, порт, имя базы данных, пользователя и пароль. Затем создаем объект курсора для выполнения SQL-запросов [5]:

```
connection = psycopg2.connect(
    host=host,
    user=user,
    password=password,
    database=database,
    port=port
)
cur = connection.cursor()
```

Во время обработки данных из API используются SQL-запросы INSERT INTO для вставки информации в таблицу. Запросы формируются с подстановкой значений параметров, после записи данных соединение с базой данных завершается для освобождения ресурсов:

```
cur.execute(
    '''INSERT INTO parser (coord_lat, coord_lon, unix_time,...)
    VALUES (%s, %s, %s, ...);''',
    (coord_lat, coord_lon, unix_time,...)
)
connection.commit()
```

Библиотека schedule[6] позволяет автоматизировать запуск нужных функций для сбора данных и их записей в таблицы в определенное время. Пример запуска задачи в начале каждого часа:

```
schedule.every().hour.at(":00").do(function)
```

Автоматизация сбора данных обеспечивает регулярное обновление информации без ручного вмешательства. Это особенно важно для поддержания актуальности

данных и их использования в реальном времени для обучения моделей искусственного интеллекта.

Список используемых источников

1. Что такое MLOps? Теоретический аспект. selectel.ru. URL: https://selectel.ru/blog/what-is-mlops/ (дата обращения 15.11.2024).
2. Документация OpenStack. wiki.openstack.org. URL: https://wiki.openstack.org/wiki/Main_Page (дата обращения 15.11.2024).
3. Реляционные СУБД: история появления, эволюция и перспективы. itnan.ru., 2023. URL: https://itnan.ru/post.php?c=1&p=582136 (дата обращения 15.11.2024).
4. Что такое API? // aws.amazon.com., 2023. URL: https://aws.amazon.com/ru/what-is/api/ (дата обращения 15.11.2024).
5. Настройка и начало работы с PostgreSQL // learn.coderslang.com., 2023. URL: https://learn.coderslang.com/ru/0119-setting-upand-getting-started-with-postgresql/ (дата обращения 15.11.2024).
6. Документация по библиотекам Python. pythonru.com., 2023. URL: https://pythonru.com/biblioteki (дата обращения: 15.11.2024)

Konichev D. Loshkarev V. **DEVELOPING MLOPS PLATFORM ARCHITECTURE FOR MACHINE LEARNING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPENSTACK CLOUD INFRASTRUCTURE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In recent years, the need for machine learning and artificial intelligence has grown rapidly, and with it the process of developing and implementing them in industrial use has become more complex. This is where MLOps (Machine Learning Operations) comes in – a practical approach that combines DevOps and Data Science methodologies to provide manageability, automation, and scalability for the lifecycle of machine learning models. MLOps helps teams solve key problems such as managing large volumes of data, coordinating work with models, and deploying them to production. This approach allows for faster development to deployment, reduced errors, and increased reliability of models, which is especially important in the context of dynamic business requirements and constantly growing data volumes.

Key words: MLOps, Machine Learning, Data Science, Artificial Intelligence, OpenStack, Virtualization, Cloud Infrastructure, CI/CD.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.06

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ «АНТИФРОД» У ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Д. А. Можайский
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

В современном мире, где мобильная связь стала неотъемлемой частью жизни, операторы сталкиваются с растущей угрозой мошенничества. Для борьбы с этой проблемой многие операторы внедряют системы "Антифрод", способные обнаруживать и предотвращать мошеннические действия. Внедрение таких систем требует комплексного подхода, включающего в себя выбор оптимальных технических решений, а также интеграцию с существующей инфраструктурой.

система «Антифрод», SMS, сбор данных, модель расчета, узел верификации

Основные задачи системы «Антифрод» заключаются в:

1. Обнаружении мошеннических действий. Анализ трафика для выявления подозрительной активности, например, массовой отправки SMS, попыток клонирования SIM-карт, мошеннических платежей и т.д.;

2. Предотвращении мошенничества. Блокировка подозрительных операций в реальном времени, например отправка SMS-сообщений с подтверждением операции, ограничение количества звонков на определенные номера и т.д.;

3. Сборе и анализе данных. Создание базы данных о мошеннических действиях, анализ тенденций и разработка новых правил для более эффективной борьбы с мошенничеством.

Внедрение системы «Антифрод» требует специализированного программного обеспечения и аппаратных решений. Вендоры, специализирующиеся на безопасности и анализе данных, предлагают различные решения, которые отличаются функционалом, стоимостью и уровнем сложности внедрения.

Ключевые критерии выбора решений заключаются в точности детектирования мошенничества, важной характеристикой системы является ее способность точно выявлять мошеннические действия и минимизировать количество ложных отрицательных и ложных положительных результатов.

Следующий критерий – масштабируемость. Система должна быть способна обрабатывать огромные объемы данных, что характерно для современных мобильных сетей [1].

В реальном времени необходимо анализировать данные и принимать решения о блокировке подозрительных действий – за это отвечает критерий скорости обработки.

Также должна быть интеграция с существующей инфраструктурой. Система должна без проблем интегрироваться с существующими системами оператора, такими как биллинг и SMS шлюзы.

И подытоживает критерии выбора решений простота использования, так как система должна быть интуитивно понятной для администраторов и специалистов по безопасности.

Система «Антифрод» состоит из следующих узлов:

1. Центральная система управления. Центральная система находится в зоне ответственности Главного радиочастотного центра. Основными функциями центральной системы управления являются:

– управление и каталогизация реестров;

– обработка инцидентов Узлов верификации;

– обработка статистических параметров работы Узлов верификации;

– обработка и анализ информации о нарушениях;

– контроль и функционирование всех компонентов системы;

– предоставление доступа к хранящейся в системе информации органам, осуществляющим оперативно-розыскную деятельность [2].

2. Узел верификации оператора связи. Это узел, который выполняет функцию верификации вызовов. Основные функции:

– верификация входящих вызовов;

– обработка входящих запросов верификации;

– обеспечение хранения ретроспективной информации [2].

3. Узел взаимодействия. Это узел, который предназначен для организации взаимодействия между узлом верификации, поддерживающими работу с использованием стандартных протоколов верификации. Основные функции:

– подключение региональных и малых операторов связи к системе «Антифрод»;

– получение от узлов верификации или других узлов взаимодействия запросов на подтверждение подлинности абонентского номера;

– маршрутизация запросов на подтверждение подлинности абонентского номера вызывающего абонента к другим узлам взаимодействия или узлам верификации;

– краткосрочное хранение информации о транзакциях, обработанных узлом взаимодействия, с предоставлением соответствующей информации по запросу центральной системы управления [2].

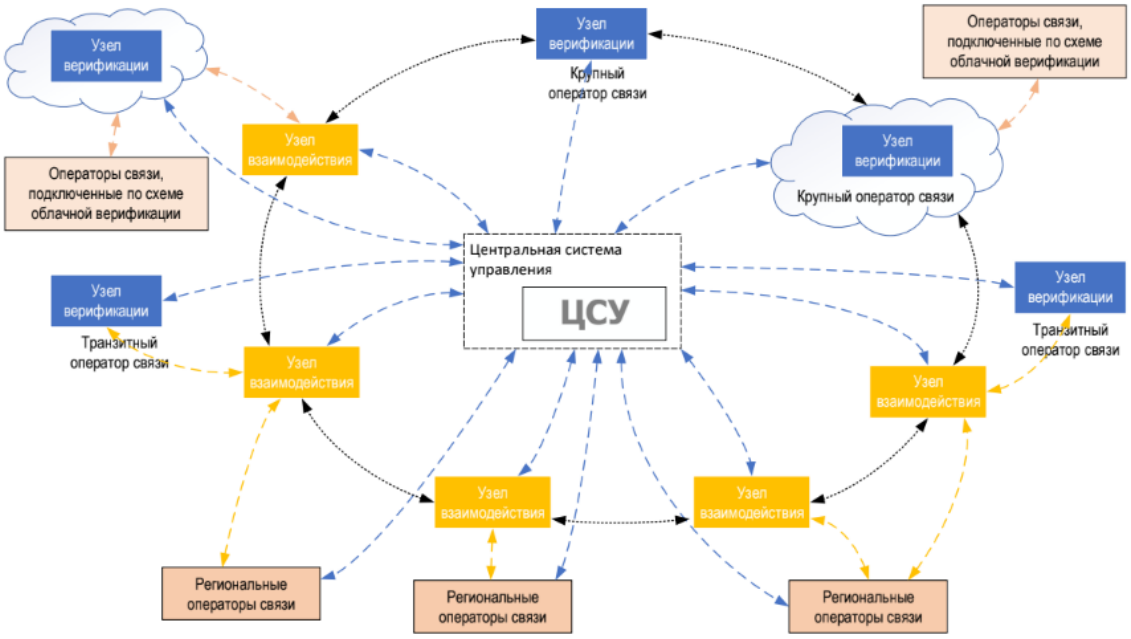


Рис. 1. Архитектура системы «Антифрод»

Система «Антифрод» основана на сборе данных, аналитической платформе, системе управления данными, интеграцией с другими системами и инструментами мониторинга.

Системы для сбора данных о трафике сети (например CDR, SMS, данные о платежах) и анализа пользовательских профилей.

Аналитическая платформа представляет собой серверы и программное обеспечение для анализа данных в реальном времени и выявлении мошеннических действий.

В системы управления правилами входят инструменты для создания и редактирования правил детектирования мошенничества.

Интеграция с системами биллинг, SMS шлюзы, системы управления SIM-картами и т.д.

Инструменты мониторинга подразумевают собой модули для отслеживания работы системы, анализа данных и отчетов.

Разработка модели расчета сетевых устройств для подключения системы «Антифрод» – это задача, требующая комплексного подхода и учета множества факторов. Ключевыми моментами здесь являются:

1. Определение потребностей и сценариев для понимания, какие типы мошеннических действий наиболее распространены в сети оператора, как они реализуются, и какие данные необходимо анализировать для их обнаружения. Эта информация позволит определить необходимые ресурсы и параметры системы;

2. Анализ существующей инфраструктуры. Необходимо оценить пропускную способность сети, задержку передачи данных, надежность связи и другие ключевые параметры, которые могут влиять на работу системы «Антифрод»;

3. Выбор сетевых устройств. На основе анализа потребностей и существующей инфраструктуры необходимо выбрать оптимальные сетевые устройства, такие как маршрутизаторы, коммутаторы, серверы и т.д., обеспечивающие необходимую пропускну способность, надежность и безопасность;

4. Разработка модели расчета. Создается модель, которая использует математические и логические методы для определения количества типов сетевых устройств, необходимых для подключения систем «Антифрод». Моделирование позволяет провести виртуальное тестирование системы и определить оптимальные конфигурации и параметры;

5. Тестирование и оптимизация. Разработанная модель должна быть тестирована на реальных данных и сценариях для проверки ее эффективности и точности. В процессе тестирования модель может быть оптимизирована с учетом полученных результатов [3].

Выбор технического решения для подключения системы «Антифрод» является важным шагом для операторов мобильной связи, чтобы обеспечить безопасность клиентов и предотвратить финансовые потери. Разработка модели расчета сетевых устройств будет играть ключевую роль в обеспечении бесперебойной и эффективной работы системы «Антифрод», защищая пользователей от мошенничества и создавая доверие к мобильной сети.

Список используемых источников

1. Жукова А. И., Проблемы безопасности в современных мобильных сетях // Вестник Новосибирского государственного университета, 2022. Т. 21. № 3. С. 55–67.
2. Павлов С. М., Применение технологий машинного обучения для борьбы с мошенничеством в мобильной связи // Информационные технологии и системы, 2023. Т. 48. № 2. С. 88–99.
3. Калашников А. И., Модели и алгоритмы для защиты от мошенничества в сетях связи // М.: ЭКСМО, 2019. 220 с.

Mozhaiskiy D. **DEVELOPMENT OF A MODEL FOR CALCULATING NETWORK DEVICE PARAMETERS FOR SYSTEM IMPLEMENTATION “ANTI-FRAUD” FROM A MOBILE OPERATOR.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In today's world, where mobile communications have become an integral part of life, operators face a growing threat of fraud. To combat this problem, many operators are implementing “Anti-fraud” systems capable of detecting and preventing fraudulent activities. The implementation of such systems requires an integrated approach, including the selection of optimal technical solutions, as well as integration with existing infrastructure.

Key words: “Anti-fraud” system, SMS, data collection, calculation model, verification node.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

ОБЗОР МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ ТРАФИКА

М. П. Серикова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В последние годы тенденции изменения сетевого трафика, рост скорости передачи данных и увеличение числа классов трафика требуют появления новых подходов к его классификации. Различные подходы, включая традиционные методы на основе изменения схемы TCP/IP, портов и глубокой проверки пакетов, сталкиваются с ограничениями при работе с новыми характеристиками трафика, такими как динамическое распределение портов, туннелирование и шифрование. Напротив, методы на основе машинного обучения (ML) эффективно адаптируются к типу устройства и действиям пользователя, что позволяет более точно и быстро классифицировать трафик. Данный обзор охватывает эти подходы, раскрывая их возможности, преимущества и недостатки, а также анализирует существующие исследования, направленные на развитие методов классификации трафика с использованием ML.

машинное обучение, сетевой трафик, методы классификации

В современных компьютерных сетях наблюдается быстрый рост объема и разнообразия трафика, что требует эффективных методов его классификации. Основной задачей процесса классификации является идентификация и категоризация неизвестных классов трафика, что жизненно важно для сетевой безопасности, управления доступом, и обеспечения качества обслуживания (Quality of Service, QoS). Сложность классификации сетевого трафика значительно возросла в последние два десятилетия с увеличением числа приложений, а также с переходом к использованию шифрования и динамических портов. Традиционные методы, такие как классификация на основе номеров портов и анализа содержимого пакетов, уже не всегда справляются с задачей точной идентификации приложений. В ответ на это разработаны более сложные подходы, использующие статистические методы и машинное обучение, которые позволяют адаптироваться к новым типам данных и увеличивать точность классификации.

Данная статья рассматривает основные методы классификации сетевого трафика, метод на основе портов, Deep Packet Inspection (DPI) подход, основанный на глубоком анализе полезной нагрузки, а также методы машинного обучения (Machine learning, ML).

1. Методы классификации отдельных типов трафика

Классификация сетевого трафика – это процесс идентификации приложений или протоколов, используемых в сети, который стал особенно актуален за последние два десятилетия. Для этой цели были предложены различные подходы, включая методы на основе портов, полезной нагрузки и машинного обучения.

Метод основанный на портах

Традиционный подход к классификации сетевых приложений основан на использовании известных номеров портов, таких как порты UDP и TCP, назначенные Internet Assigned Numbers Authority (IANA). Это позволяет настраивать правила для идентификации приложений по их номерам портов. Однако этот метод имеет значительные недостатки.

Во-первых, он неэффективен для классификации зашифрованного трафика, так как требует дорогостоящего оборудования, способного проводить анализ содержимого пакетов. Во-вторых, использование статических номеров портов не всегда обеспечивает точность: многие современные приложения используют динамические порты, чтобы избежать обнаружения и обходить ограничения брандмауэров [1].

Кроме того, необходимость в постоянных обновлениях шаблонов сигнатур для новых приложений снижает практическую применимость метода.

Метод глубокой проверки пакетов

Метод глубокой проверки пакетов (Deep Packet Inspection, DPI) представляет собой методику анализа сетевого трафика, в которой содержимое пакетов проверяется на наличие уникальных строк (сигнатур) свойственных для определенных сетевых протоколов и приложений, что позволяет классифицировать трафик на основе его содержимого, а не портов [1].

DPI изначально был разработан как альтернатива традиционному методу классификации на основе портов, который не справляется с динамическими номерами портов, часто используемыми в приложениях Peer-to-Peer (P2P).

Это делает DPI высокоточным методом классификации, который позволяет эффективно распознавать и классифицировать пакеты на основе шаблонов коммуникации в полезной нагрузке, если полезная нагрузка не зашифрована.

Однако DPI сталкивается с несколькими значительными проблемами:

1. Высокие требования к вычислительным ресурсам. Для анализа шаблонов в полезной нагрузке требуется мощное оборудование, особенно с учетом необходимости регулярного обновления сигнатур приложений [3];

2. Неэффективность с зашифрованными данными. DPI не может анализировать и классифицировать зашифрованные пакеты, так как полезная нагрузка становится недоступной для анализа;

3. Проблемы конфиденциальности. Во многих странах проверка содержимого пакетов для защиты личной информации пользователей запрещена законодательством.

Несмотря на свои преимущества в точности и гибкости, DPI требует дальнейших исследований для преодоления этих ограничений и улучшения его применимости в условиях современной зашифрованной сети [2].

Метод статистической классификация

Из-за ограничений традиционных методов классификации трафика, таких как анализ на основе портов и полезной нагрузки, современные исследования сосредотачиваются на использовании статистических характеристик транспортного и потокового уровней. Этот подход применяет машинное обучение для анализа поведенческих шаблонов трафика, таких как длина пакета, время прибытия между пакетами, флаги TCP и IP, а также контрольные суммы.

Основной задачей этого метода является группировка трафика с похожими характеристиками или классификация трафика по индивидуальным приложениям [3]. Используя наборы образцов трассировки трафика, этот метод обучает механизм классификации, чтобы распознавать будущий трафик на основе выявленных поведенческих закономерностей.

Хотя статистический подход обладает потенциалом для работы с зашифрованным трафиком, его точность остается относительно низкой.

2. Методы машинного обучения

Метод машинного обучения (Machine learning, ML) является важным и мощным инструментом для анализа сетевого трафика, способным автоматически выявлять полезные закономерности и разрабатывать адаптивные правила для классификации трафика, особенно в условиях постоянно меняющихся сетей и увеличения объемов данных [4].

В этом подходе обучается классификатор, который после тренировки способен определять новые, неизвестные классы на основе правил, выведенных из обучающей выборки. Существуют два основных подхода в машинном обучении: контролируемое и неконтролируемое обучение.

Метод контролируемого обучения

Метод контролируемого обучения – это подход в машинном обучении, также известный как метод классификации. Этот метод требует полного маркированного набора данных, который позволяет модели обучиться различать классы и затем классифицировать неизвестные [5]. Процесс начинается с обучающего набора данных, содержащего помеченные примеры, где каждый элемент данных имеет две части: антецедента (предусловие) и консеквента (заключение). Антецедент представляет собой логически связанные условия, которые данные должны удовлетворить, чтобы быть отнесенными к целевому классу. Консеквент – это результат, к которому классифицируется пакет, если он удовлетворяет всем условиям антецедента. Модель использует эти помеченные пары «условие – желаемый результат» для построения функции, позволяющей спрогнозировать результат для новых данных [6].

Для повышения точности процесса пользователь может предоставить модели как данные целевого типа, так и примеры, не относящиеся к нему. Такой подход помогает улучшить точность правил классификации.

Методы классификации отличаются используемыми алгоритмами обучения и оптимизации:

Квадратичный дискриминантный анализ – использует квадратичные функции для различения классов, он эффективен при линейно неразделимых данных;

Метод k-ближайших соседей – классифицирует данные по тому значению, которое наиболее распространено среди его k ближайших согласно выбранной функции расстояния соседей, классы которых известны. Хорошо подходит для задач, где структура данных позволяет разделение на группы;

Наивный байесовский классификатор – вероятностный метод, который для определения классов использует Теорему Байеса со строгими (наивными) предположениями о независимости [8].

Неконтролируемый метод обучения

Неконтролируемый метод, также известный как кластерный метод, представляет собой подход машинного обучения, при котором нет необходимости в заранее размеченных наборах данных [5]. В неконтролируемом обучении алгоритмы анализируют неразмеченные данные, чтобы выявить скрытые структуры, закономерности или взаимосвязи, без использования заранее заданных классов.

Методы неконтролируемого обучения группируют данные на основе их схожести (кластеризация), уменьшают количество переменных, сохраняя ключевую информацию (снижение размерности), и выявляют редкие или аномальные случаи (обнаружение аномалий). Эти методы играют важную роль в исследовательском анализе данных, обеспечивая основу для дальнейшего анализа и принятия решений в различных областях.

Основные методы кластеризации включают:

1. Алгоритм K-средних: группирует N пакетов в K групп. Пакет добавляется в группу, к которой он ближе всего по среднему значению;

2. Инкрементальная кластеризация: создает иерархическую структуру групп, в которой группы могут делиться на подгруппы, что позволяет глубже анализировать взаимосвязи между типами трафика;

3. Вероятностная кластеризация: предполагает вероятность принадлежности пакета к группе, что позволяет учитывать неоднозначные случаи и различные степени схожести трафика [1].

Заключение

В данной обзорной статье было представлены методы классификации отдельных типов трафика. Изначально классификация базировалась на номерах портов, так как более 70 % трафика шло через статические порты. Однако с внедрением динамических портов и увеличением зашифрованного трафика этот метод стал ограниченным. Для повышения точности была разработана классификация на основе полезной нагрузки, способная достичь 100 % точности, но ее эффективность падает при работе с зашифрованным трафиком.

Позднее исследователи начали применять статистические методы, анализируя характеристики заголовков пакетов и содержимого потока. Ключевую роль в этом сыграло машинное обучение, которое позволило автоматически формировать правила классификации на основе выявленных закономерностей, без необходимости постоянного ручного обновления. Машинное обучение стало особенно полезным для классификации зашифрованного трафика, так как позволило анализировать поведение приложений на тренировочном этапе и выявлять аномалии в сетевом трафике [7].

В будущем ожидается развитие гибридных методов, объединяющих ML с другими подходами, а также внедрение новых технологий для классификации неизвестных приложений и улучшения производительности сети.

Список используемых источников

1. Jamshidi S. The Applications of Machine Learning Techniques in Networking. URL: https://www.cs.uoregon.edu/Reports/AREA-201902-Jamshidi.pdf, (дата обращения 30.10.2024).

2. Mercaldo N., Lu W. Classification of Web Applications Using AiFlow Features. In Proc. of the Workshops of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2020. PP. 389–399.

3. Акжолов Р. К. Машинное обучение // Вестник науки, 2019. № 6 (15). Т. 3. С. 348–351. ISSN 2712-8849 // URL: https://www.вестник-науки.рф/article/1731 (дата обращения 30.10.2024).

4. Стукалова Т. С. Использование мобильных технологий и технологий машинного обучения для оценки IT-проектов // Вестник науки, 2019. № 6 (15). Т. 3. С. 447–449. ISSN 2712-8849 // URL: https://www.вестник-науки.рф/article/1752 (дата обращения: 14.11.2024).
5. Rezaei S., Kroencke B., Liu X. Large-Scale Mobile App Identification Using Deep Learning // IEEE Access, 2020. Vol. 8. PP. 348–362.
6. Aboamer M. A., Sikkandar M. Y., Gupta S., Vives L., Joshi K., Omarov B., Singh S. K. An investigation in analyzing the food quality well-being for lung cancer using blockchain through cnn // Journal of Food Quality, 2022.
7. Alaba S. Y., Ball, J. E. Deep learning-based image 3-d object detection for autonomous driving // IEEE Sensors Journal, 2022. № 23 (4). PP. 3378–3394.
8. Khatouni A. S., Heywood N. Z. How much training data is enough to move a ML-based classifier to a different network? // Procedia Computer Science, 2019. Vol. 155. PP. 378–385.

Serikova M. **OVERVIEW OF CLASSIFICATION METHODS FOR IDENTIFYING INDIVIDUAL TRAFFIC TYPES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In recent years, the changing trends of network traffic, the growth of data transfer rates, and the increase in the number of traffic classes have required the emergence of new approaches to traffic classification. Various approaches, including traditional methods based on TCP/IP scheme changes, ports, and deep packet inspection, face limitations when dealing with new traffic characteristics, such as dynamic port allocation, tunneling, and encryption. In contrast, machine learning (ML)-based methods effectively adapt to the type of device and user actions, allowing for more accurate and faster traffic classification. This review covers these approaches, revealing their capabilities, advantages, and disadvantages, and analyzes existing research aimed at developing traffic classification methods using ML.

Key words: Machine learning, network traffic, classification methods.

Оптоэлектронные технологии (фотоника) в инфокоммуникациях

УДК 621.39
ГРНТИ 49.44.33

ПОСТРОЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КВАНТОВОЙ КОММУНИКАЦИИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

К. С. Астрейко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Упрощение систем квантовых коммуникаций ведет к повышению спроса на новые технологии и установку данных систем, в том числе в структурные подразделения с использование локальной сети. Данные, передающиеся по локальной сети в том числе должны быть зашифрованы для обеспечения безопасности. Для использования технологий квантовых коммуникаций, требуется определенная физическая компоновка элементов.

квантовые коммуникации, квантовое распределение ключа, протокол квантового распределение ключей, протокол BB84, физическая компоновка, LAN-сеть

Дадим определение квантовым коммуникациям – это способ передачи информации, основанный на принципах квантовой физики. В отличие от традиционной криптографии, где применяются сложные математические алгоритмы для защиты данных, квантовая криптография опирается на законы квантовой механики. Эти законы делают возможным создание защищенных каналов связи, где любая попытка несанкционированного доступа к информации приводит к необратимым изменениям, которые легко обнаружить.

Квантовая сеть – это практическая реализация квантовой криптографии. Она позволяет передавать данные между удаленными квантовыми системами, используя свойства квантовых частиц, таких как фотоны. Такие сети обеспечивают высокий уровень безопасности, поскольку основаны на фундаментальных законах природы. Важнейшей задачей в квантовых сетях является передача квантовой информации на большие расстояния, что особенно важно для создания глобальных квантовых коммуникационных систем [1].

Одним из основных положений квантовой механики является утверждение, что каждое измерение приводит к изменению состояния квантового объекта [2]. Это означает, что любая попытка злоумышленника захватить ключ, передаваемый посредством одиночных фотонов по квантовому каналу, приведет к тому, что получатель получит искаженный ключ и не сможет распознать исходную информацию от отправителя. Таким образом, получатель сможет обнаружить попытку считывания информации, и передача данных будет прекращена. Если злоумышленник подключится к квантовому каналу с целью перехвата ключа, ему придется регистрировать квантовое состояние каждого фотона и затем воспроизводить аналогичный фотон, отправляя его получателю («клонируя» фотон). Однако согласно теореме о невозможности точного копирования квантового состояния [3], этот процесс будет сопровождаться множеством ошибок.

В квантовых коммуникациях для оптоволоконных квантовых каналов используется кодирование фотонов с применением фазовых модуляторов, а декодирование выполняется с помощью управляемых оптических интерферометров, таких как интерферометры Маха-Цендера. Для атмосферных каналов применяется поляризационное кодирование и декодирование с использованием поляризационно-чувствительных элементов (например, призма Глана или Волластона).

Для обнаружения одиночных фотонов используются лавинные фотодиоды (ЛФД), работающие в режиме Гейгера [1]. В ЛФД кратковременно прикладывается высокое обратное напряжение смещения, превышающее напряжение электрического пробоя. Фотон, попадающий на прибор, с определенной вероятностью, зависящей от квантовой эффективности, может вызвать лавинный пробой ЛФД, создавая импульс тока на его выходе. После срабатывания ЛФД лавина должна быть быстро остановлена, чтобы диод мог принимать следующий фотон. Это достигается активным или пассивным гашением лавины.

Протокол квантового распределения ключей BB84

Первым стандартизированным протоколом для квантово-криптографических систем стал протокол BB84. В нем отправитель начинает с генерации и отправки получателю последовательности фотонов, поляризация которых выбирается случайным образом и составляет углы 0°, 45°, 90° и 135°. Получатель принимает эти фотоны и для каждого из них случайным образом определяет, измерять ли его поляризацию как вертикальную или диагональную. Затем по открытому каналу получатель сообщает отправителю, какой тип измерения он выбрал для каждого фотона, но не разглашает сам результат измерения. Аналогично, отправитель уведомляет получателя, были ли измерения правильными. После этого они исключают все случаи с ошибочными измерениями. Оставшиеся значения поляризации образуют секретную

информацию или шифровой ключ. Этот этап называется первичной квантовой передачей.

На следующем этапе система проверяет возможное присутствие попыток перехвата информации в квантовом канале. Для этого пользователи по открытому каналу сравнивают случайно выбранные подмножества полученных данных. Если обнаруживается перехват, вся предыдущая информация отбрасывается, и процедура первичной квантовой передачи начинается заново. В противном случае пользователи сохраняют текущие значения поляризаций, интерпретируя горизонтальную и 45° поляризацию как двоичный "0", а вертикальную и 135° – как двоичную "1".

В соответствии с принципом неопределенности, злоумышленник не способен одновременно измерить прямоугольную и диагональную поляризацию одного и того же фотона. Если он попытается измерить и переслать фотон обратно, число ошибок резко увеличится, что даст пользователям полную уверенность в наличии перехвата [4].

Физическая компоновка локальной системы квантового шифрования

Рассмотрим физическую компоновку локальной системы квантового шифрования для использования протокола BB84 в локальной сети передачи данных на рис. 1 [5].

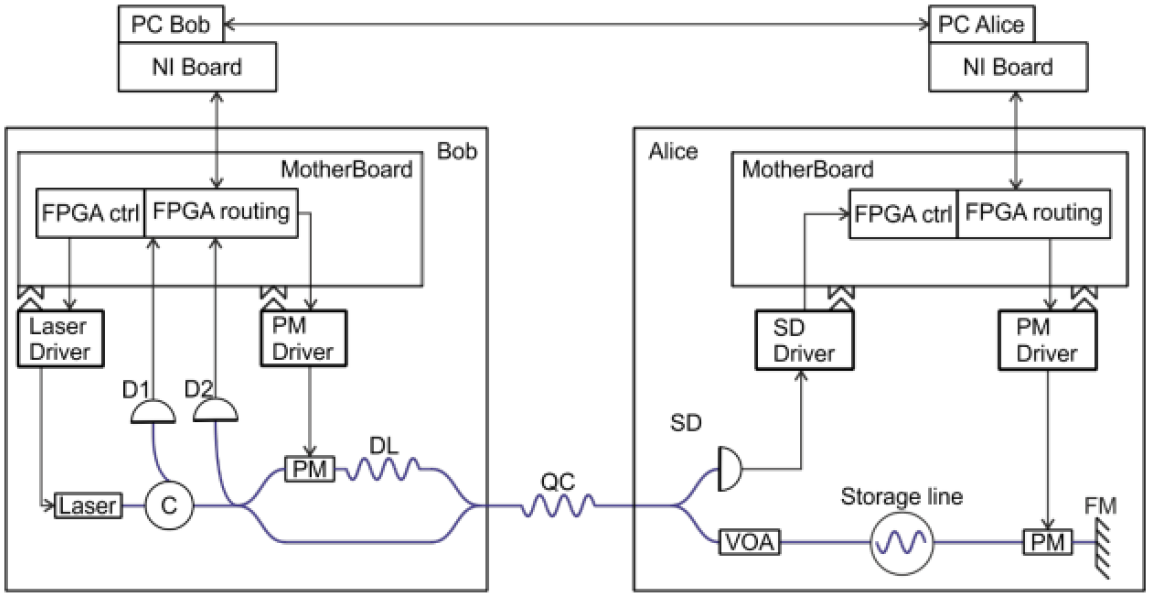


Рис.1 Функциональная схема устройства квантовой криптографии в локальной сети

Рассмотрим отдельные элементы компоновки:

– PC Bob / PC Alice – персональные компьютеры Боба и Алисы. Они управляют процессом квантовой коммуникации и обработки данных;

– NI Board – плата, которая используется для управления различными компонентами системы, сбора данных и передачи информации;

– MotherBoard – материнская плата, на которой находятся различные компоненты, такие как FPGA и драйверы;

– FPGA (Field-Programmable Gate Array) – программируемая пользователем вентильная матрица. Она используется для конфигурирования системы, управления процессами и маршрутизации сигналов в квантовой криптосистеме;

– Laser Driver – драйвер лазера. Компонент, который управляет лазером для генерации квантовых состояний (фотонов) для передачи квантовой информации;

– Laser – лазерный источник, генерирующий фотоны, используемый для квантовой передачи данных;

– C (Circulator) – циркулятор. Это пассивное оптическое устройство, которое направляет свет в определенные направления, не позволяя ему возвращаться обратно. Используется для передачи сигналов по квантовому каналу;

– D1, D2 (Detectors) – детекторы, которые регистрируют фотоны и интерпретируют квантовые состояния, передаваемые по каналу. Они используются для проверки получаемых данных и обнаружения состояний;

– PM (Phase Modulator) – фазовый модулятор. Используется для изменения фазы светового сигнала (фотона);

– DL (Delay Line) – линия задержки. Она используется для создания временной задержки в сигналах, что необходимо для синхронизации различных компонентов системы;

– QC (Quantum Channel) – квантовый канал. Это физический канал передачи (волоконно-оптический), по которому передаются квантовые состояния (фотоны) от Алисы к Бобу;

– SD Driver (Single Photon Detector Driver) – драйвер однофотонного детектора. Управляет детектором, который фиксирует одиночные фотоны;

– Storage Line – Накопительная линия. Используется для хранения квантовых состояний или данных на время до их обработки;

– VOA (Variable Optical Attenuator) – переменный оптический аттенюатор. Это устройство, которое изменяет уровень сигнала (уменьшает интенсивность света) для точной настройки и защиты чувствительных компонентов, таких как детекторы;

– FM (Faraday Mirror) – зеркало Фарадея. Используется для компенсации поляризационных искажений в системе квантовой связи. Оно может отражать свет с определенной поляризацией и применяется для коррекции ошибок.

Заключение

В статье был приведен основной протокол квантового распределения ключей BB84, а также продемонстрирована физическая компоновка для полноценного функционирования в локальной сети.

Список использованных источников

1. Gisin N., Ribordy G., Tittel W. et al. Reviews of Modern Physics. 2002. Issue 74. P. 23.
2. Bennet C.H. Quantum Cryptography Using any Two Nonorthogonal States // Phys. Rev. Lett. 1992. V. 68. P. 3121.
3. Wooters W. K., Zurek W. H. A single quantum cannot be cloned // Nature. 1982. V. 299. P. 802.
4. Wolf B., Jürgen E., Klaus H., Hans A. Quantum Key Distribution. Volume 988. P. 7.
5. Российский квантовый центр. Квантовая криптография, методическое пособие 2020 43 с.

Astreyko K. **BUILDING A QUANTUM COMMUNICATION SYSTEM FOR DATA TRANSMISSION IN LOCAL NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Simplifying quantum communication systems leads to an increased demand for new technologies and the installation of these systems, including in structural divisions using local networks. The data transmitted over the local network must also be encrypted to ensure security. To utilize quantum communication technologies, a specific physical arrangement of elements is required.

Key words: Quantum communications, quantum key distribution, quantum key distribution protocol, BB84 protocol, physical layout, LAN network.

УДК 621.39
ГРНТИ 49.44

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СВЯЗИ В ВОСС

М. Р. Александрова, К. Р. Гамазков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире наблюдается постоянный рост объемов передаваемого по сетям связи трафика и требований к качеству его передачи. Для оценки качества передачи в волоконно-оптических системах и контроля за их состоянием могут проводиться измерения оптического отношения сигнала к шуму, коэффициента ошибок и связанного с ним Q-фактора. В работе рассмотрены методы оценки и анализа этих параметров.

волоконно-оптическая система связи, ВОСС, DWDM, качество связи, коэффициент ошибок, Q-фактор

Современные цифровые транспортные волоконно-оптические системы связи (ВОСС) построены с использованием технологии плотного спектрального мультиплексирования (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM). Основными компонентами ВОСС с DWDM являются транспондеры (ТР), мультиплексоры, демультиплексоры, оптические усилители (ОУ), представленные на рис. 1.

В ВОСС с DWDM расстояние между соседними несущими длинами волн составляет 1,6 нм и менее. Основные области применения ВОСС с DWDM – это сети операторов мобильной связи и осуществление связи между центрами обработки данных (ЦОД). Данные сферы требуют высокой надежности, поскольку сбои в передаче данных могут привести к серьезным финансовым последствиям. Следовательно, важно уделить внимание методам оценки качества связи, которые могут способствовать повышению стабильности системы.

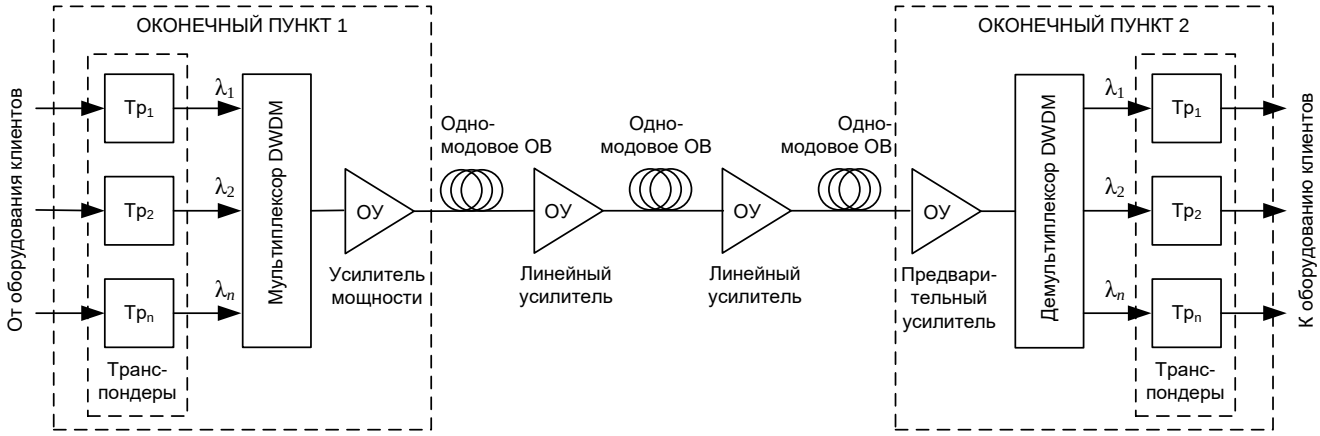


Рис. 1. Структура ВОСС с технологией DWDM

Для оценки качества связи в ВОСС используются параметры, измеряемые в электрическом и оптическом трактах. К первым относится коэффициент ошибок (Bit Error Rate, BER) и связанный с ним Q-фактор, ко вторым – оптическое отношение сигнала к шуму (Optical Signal-to-Noise Ratio, OSNR) [1].

BER представляет собой отношение ошибочно принятых бит m к общему числу переданных бит n за некоторый промежуток времени T_{meas} (1):

$$K_{BER} = \frac{m}{n}. \quad (1)$$

Ошибки возникают вследствие линейных и нелинейных искажений сигнала в волоконно-оптическом линейном тракте, а также из-за наличия шума, основными источниками которого являются оптические усилители и фотоприемное устройство.

Измерение BER в ВОСС может осуществляться двумя методами:

– с перерывом связи путем побитного сравнения единичных элементов принятого и переданного цифровых сигналов;

– без перерыва связи путем выявления нарушений алгоритма формирования кода в принятом цифровом сигнале.

При поэлементном сравнении переданного и принятого сигналов используют специальные приборы – измерители коэффициента ошибок (Bit Error Ratio Tester, BERT). В состав BERT входят генератор испытательного сигнала и анализатор количества ошибок.

Общее число символов, переданных за время измерения T_{meas}, определяется скоростью передачи B:

$$n = T_{meas}B. \quad (2)$$

Измерение K_{BER} без перерыва связи обычно осуществляет диагностическое оборудование, входящее в состав ВОСС. Диагностика основана на знании структуры цифрового сигнала, например, контейнера OTN (Optical Transport Network). Отношение числа контейнеров с нарушениями структуры к общему числу контейнеров, прошедших линейный тракт, и определяет коэффициент ошибки [2].

Q-фактор представляет собой отношение электрического сигнала к шуму на входе регенератора. Данный параметр связан с коэффициентом ошибок K_{BER} следующим соотношением:

$$K_{BER} = \frac{erfc(\frac{Q}{\sqrt{2}})}{2} = \frac{\exp(-\frac{Q^2}{2})}{Q*\sqrt{2\pi}}. \quad (3)$$

Измерение Q-фактора проводится по глаз-диаграмме, анализ которой позволяет определить средние значения сигналов U_0 и U_1, соответствующие уровням логических нуля и единицы, а также их среднеквадратические отклонения σ_0 и σ_1. Для расчета Q-фактора используется следующее выражение:

$$Q = \frac{U_0 - U_1}{\sigma_0 - \sigma_1}. \quad (4)$$

OSNR – логарифмическое отношение пиковой мощности сигнала P_s к мощности шума P_n

$$OSNR = 10 * \lg\left(\frac{P_S}{P_n}\right) = Y_s - Y_s, \quad (5)$$

где Y_s и Y_n – абсолютные уровни мощности сигнала и шума по отношению к мощности $P_z = 1$ мВт.

OSNR измеряют по спектрограмме. Величина OSNR связана с коэффициентом ошибок K_{BER} и Q-фактором. К недостаткам контроля OSNR вместо коэффициента ошибок K_{BER} или Q-фактора относят отсутствие ухудшения результата измерения из-за искажений сигнала, вызванных хроматической и поляризационно-модовой дисперсиями и временным джиттером, а также электрических шумов ФПУ.

В работе проведено исследование ВОСС, работающей со скоростью 10 Гбит/с, с использованием программного обеспечения OptiSystem [3]. Модель исследуемой ВОСС приведена на рис. 2. Она содержит передающее устройство с внешней амплитудной модуляцией и линейным кодированием NRZ (Non Return Zero), стандартное одномодовое оптическое волокно (ОВ), компенсатор хроматической дисперсии на основе специального волокна DCF (Dispersion Compensation Fiber) и фотоприемное устройство с энергетическим приемом. Информационный сигнал представлял собой псевдослучайную последовательность прямоугольных импульсов.

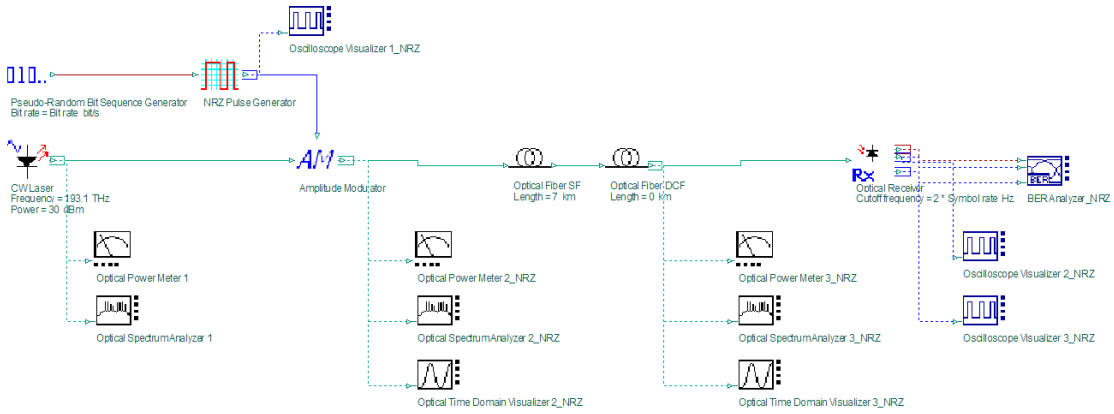


Рис. 2. Схема исследуемой ВОСС

Были проведены исследования зависимости Q-фактора в ВОСС от длины телекоммуникационного ОВ в отсутствие компенсатора дисперсии, от длины компенсатора дисперсии и от мощности излучения лазера в составе передающего устройства.

Для исследования зависимости Q-фактора от длины телекоммуникационного ОВ уровень мощности лазера был выбран 10 дБм, компенсация дисперсии отсутствовала. Результаты исследования представлены на рис. 3.

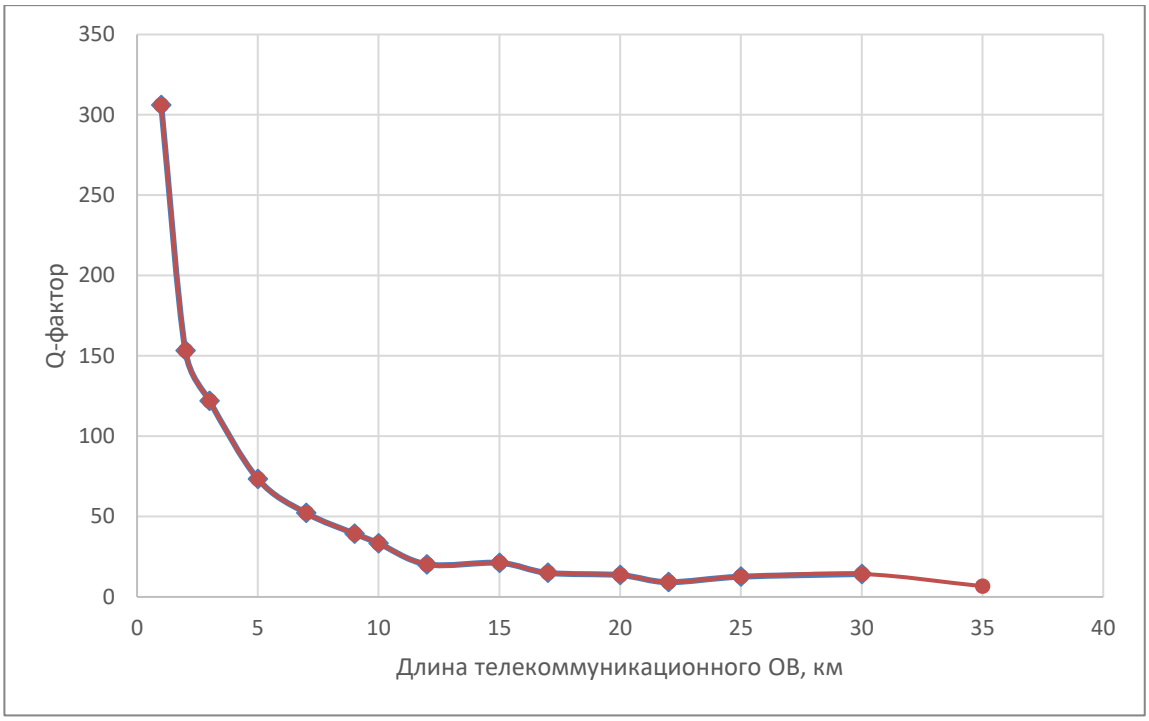


Рис. 3. Зависимость Q-фактора от длины телекоммуникационного ОВ

Из рис. 3 видно, что максимальное расстояние, на которое можно передать сигнал, не используя компенсацию дисперсии, составляет 35 км.

Для исследования зависимости Q-фактора от длины DCF в компенсаторе дисперсии длина телекоммуникационного ОВ была принята равной 30 км. Результаты исследования представлены на рис. 4.

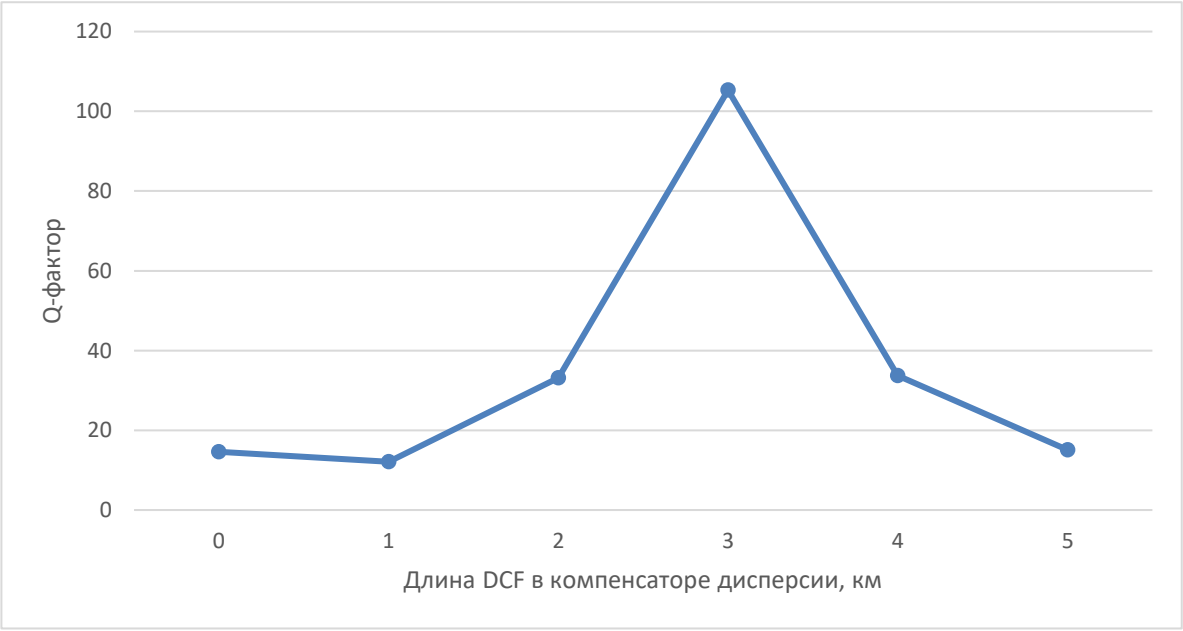


Рис. 4. Зависимость Q-фактора от длины DCF в компенсаторе

Из рис. 4 видно, что существует оптимальная длина DCF в компенсаторе, при которой наблюдается самое большое значение Q-фактора. В нашем случае оптимум составил 3 км. При дальнейшем увеличении длины компенсатора Q-фактор начи-

нает снижаться из-за перекомпенсации, когда компенсатор начинает вносить в ВОСС избыточную отрицательную дисперсию.

Для исследования зависимости Q-фактора от уровня мощности лазера в передающем устройстве длина телекоммуникационного ОВ была принята равной 30 км, а длина DCF в компенсаторе – равной 3 км. Уровень мощности лазера изменялся от –40 до +30 дБм. Результаты исследования приведены на рис. 5.

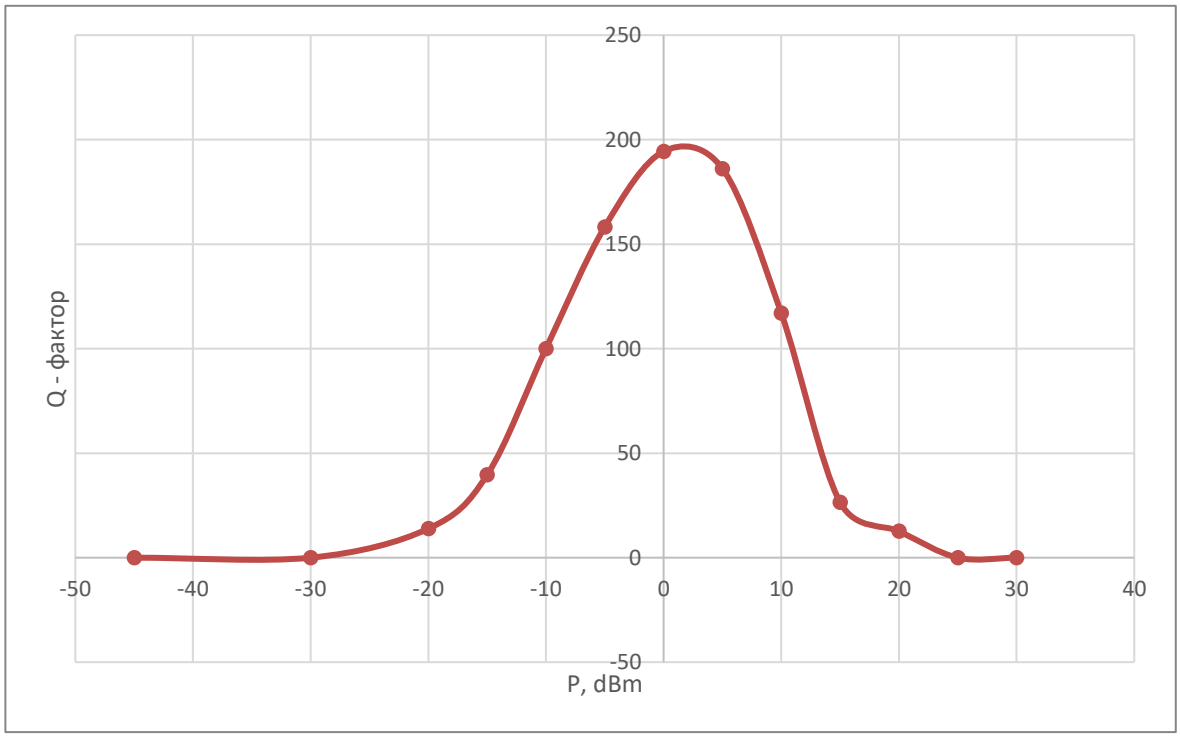


Рис. 5. Зависимость Q-фактора от уровня мощности лазера *P* в составе передатчика

Из рис. 5 видно, что при низких уровнях мощности лазера (менее –30 дБм) значение Q-фактора очень мало. Это значит, что уровень мощности сигнала на входе фотоприемного устройства ниже порога чувствительности, обусловленного его собственными шумами.

При увеличении мощности до P = 0 дБм Q-фактор возрастает до максимального значения 194. Дальнейшее повышение мощности приводит к резкому падению Q-фактора, что обусловлено нелинейными искажениями сигнала, возникающими в ОВ.

Проведенные исследования показали, что величина Q-фактора очень чувствительна к изменению параметров ВОСС. Это позволяет использовать моделирование как вспомогательный инструмент для проектирования ВОСС, позволяющий сравнивать различные конфигурации ВОСС и выбирать наилучшие по ожидаемому качеству связи.

Список используемых источников

1. Былина М. С., Глаголев С. Ф. Методы и приборы для оптических измерений в инфокоммуникациях. Часть 2. Спектральные измерения. Измерения параметров волоконно-оптических линейных трактов: учеб. пособие: СПбГУТ. СПб, 2021. 78 с.
2. Мандель А. Е. Методы и средства измерения в волоконно-оптических телекоммуникационных системах: учебное пособие / А. Е. Мандель. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. 120 с.
3. OptiSystem User Guide and Reference Manual. Optical Communication System Design Software. Version 19. Optiwave Systems Inc. 2022.

Alexandrova M., Gamazkov K. **METHODS OF COMMUNICATION QUALITY ASSESSMENT IN FIBER-OPTIC SYSTEMS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In today's world, there is a constant increase in the volume of traffic transmitted over communication networks and the requirements for the quality of its transmission. To assess the quality of transmission in fibre-optic systems and to monitor their condition, optical signal-to-noise ratio, error rate and the associated Q-factor can be measured. The paper considers methods for estimating and analysing these parameters.

Key words: Optical communication, Bit error rate, Eye diagrams, Dense Wavelength Division Multiplexing.

УДК 681.7.068, 621.39
ГРНТИ 47.35.41

НОВЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТИПЫ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ЦОД

Д. Л. Баулина, И. А. Бекер
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Учитывая рост потребления трафика и объемов передаваемых данных, необходимо модернизировать инфраструктуру центров обработки данных и увеличивать их пропускную способность. В данной работе анализируются современные и перспективные виды оптических волокон, используемые в центрах обработки данных, которые направлены на решение ключевых проблем отрасли и предлагают эффективные пути их преодоления.

оптические волокна, микроструктурированные оптические волокна, многомодовые оптические волокна класса OM5, ЦОД, центры обработки данных, модовое мультиплексирование

Центр обработки данных (ЦОД) – это специализированное помещение или комплекс зданий, в которых организованы системы для хранения, обработки и передачи больших объемов информации. В ЦОД размещаются серверы, системы хранения данных и другое оборудование, которое обеспечивает функционирование информационных технологий и сервисов. К ЦОД предъявляются следующие основные требования: надежность, масштабируемость и энергоэффективность [1]. Специальные волокна для ЦОД необходимы для обеспечения высокой пропускной способности, малых потерь сигнала, высокой надежности и отказоустойчивости [2].

Одной из перспективных технологий, разработанных для многомодового оптического волокна (ММ ОВ), является технология коротковолнового спектрального мультиплексирования (Short Wavelength Division Multiplexing, SWDM). Данная технология позволяет организовать в одном ММ ОВ 4 спектральных канала с длинами волн 850, 880, 910, 940 нм. Для формирования канальных сигналов используются лазеры поверхностного излучения с вертикальным резонатором (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser). Объединение и разделение канальных сигналов осуществляется пассивными оптическими мультиплексорами (MUX) и демультиплексорами (DEMUX). На рис. 1 представлена структурная схема волоконно-оптической системы связи (ВОСС), использующей технологию SWDM.

Технология SWDM позволяет увеличить пропускную способность ОВ и сократить их количество, то есть уменьшить площадь коммутационных полей и увеличить свободное пространство в ЦОД для обеспечения большей производительности на меньшей площади, что также является немаловажным фактором. На рис. 2 пока-

зано, что благодаря SWDM число рабочих волокон, используемых для параллельной передачи, может быть сокращено в 4 раза.

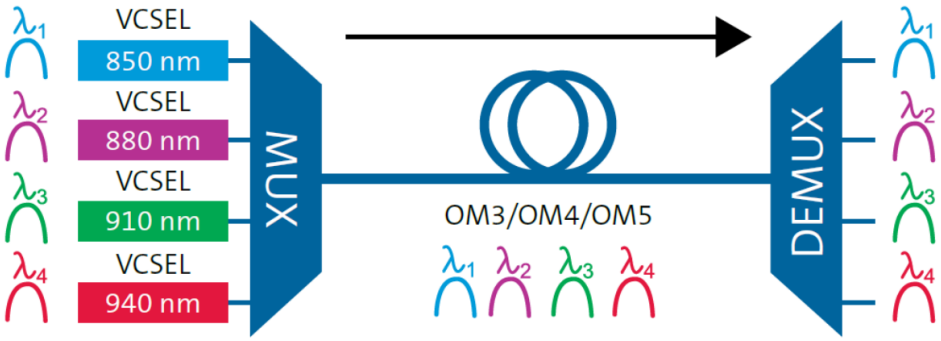


Рис. 1. Структурная схема ВОСС с SWDM

Для реализации SWDM технологии ММ ОВ должно обладать достаточной широкополосностью на всех указанных длинах волн [2]. Хотя для SWDM могут использоваться ММ ОВ классов OM3 и OM4, было разработано новое более широкополосное ММ ОВ WBMMF (Wideband Multimode Fiber), которое отнесено к новому классу волокон OM5 [3]. Из табл. 1 видно, что оно обеспечивает широкополосность не хуже 2.5 Гбит/с на всех четырех длинах волн. Для сравнения в таблице приведены также характеристики OM3 и OM4 [4, 5].

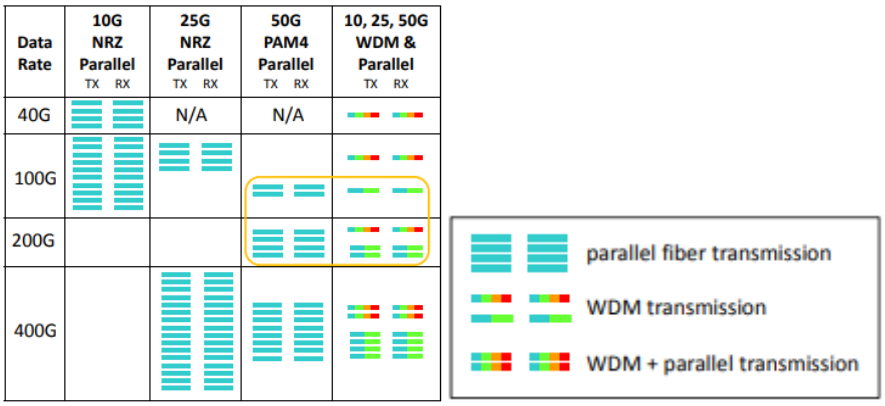


Рис. 2. Примеры реализации параллельной передачи в ЦОД

ТАБЛИЦА 1. Широкополосность ММ ОВ, применяемых с технологией SWDM

Спектр. канал / Волокно	Широкополосность, МГц·км			
	λ_0 850 нм	λ_1 880 нм	λ_2 910 нм	λ_3 940 нм
OM3	2000	1667	1426	1243
OM4	4520	3076	2329	1859
OM5	4190	3700	2880	2500

Еще одной технологией, позволяющей повысить пропускную способность ММ ОВ, является модовое мультиплексирование [3]. Технология основана на том, что линейно поляризованные (LP) моды в ММ ОВ объединяются в группы, показанные на рис. 3, причем между модами разных групп, обмен энергией практически отсутствует. В результате появляется возможность использовать разные группы мод для передачи разных информационных сигналов, что модно увидеть на рис. 4, где показан принцип работы данной технологии.

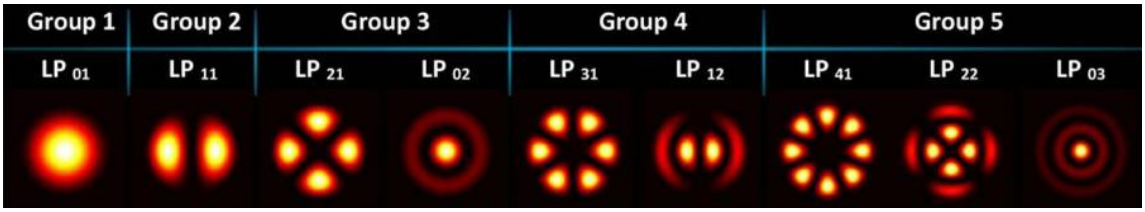


Рис. 3. Группы линейно-поляризованных мод в ОВ

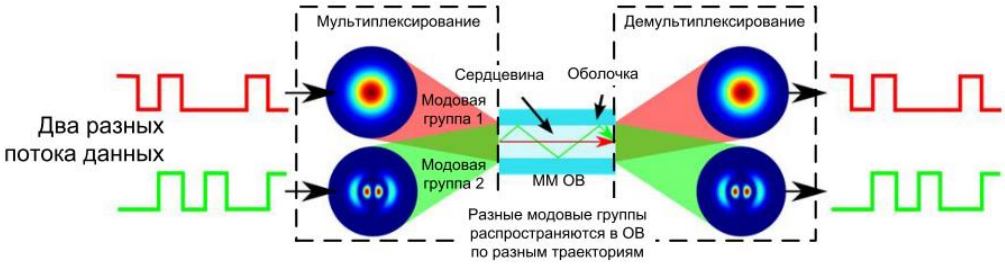


Рис. 4. Принцип технологии модового мультиплексирования

Технология модового мультиплексирования применима только к маломодовым ОВ с небольшим числом направляемых мод на рабочей длине волны. Несмотря на эти ограничения, сейчас проводятся активные исследования данной технологии.

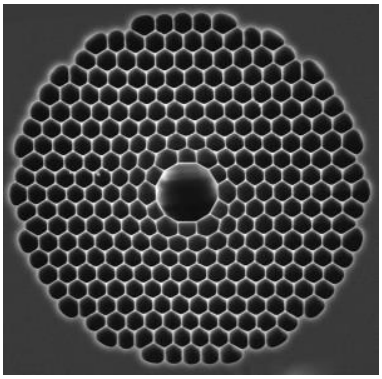


Рис. 5. Поперечное сечение микроструктурированного ОВ с полой сердцевиной

На рис. 5 показана фотография поперечного сечения микроструктурированного волокна с полой сердцевиной. В таком волокне удержание света в сердцевине происходит за счет отражающих свойств оболочки, состоящей из множества воздушных капилляров. Волокна с полой сердцевиной могут предложить решение для снижения затухания сигнала и увеличения пропускной способности [6]. В них практически

полностью исключено рассеяние света, а на определенных длинах волн возможно достижение близкого к нулю коэффициента затухания благодаря отсутствию потерь поглощения. Известно, что минимально достижимое затухание в волокне с полой сердцевиной составляет 0,0005 дБ/км [3]. Вторым важным преимуществом этих волокон является их способность поддерживать одномодовый режим работы во всем используемом для связи спектральном диапазоне. Эти уникальные свойства делают микроволокна чрезвычайно перспективными, ведь они решают одновременно несколько ключевых проблем центров обработки данных.

Еще одним многообещающим типом ОВ для использования в ЦОД являются волокна с повышенной устойчивостью к изгибу (Bend Insensitive Fiber, BIF). Одномодовые BIF хорошо известны, им посвящена рекомендация ITU-T G.657. Однако разработаны и ММ BIF [3].

Для уменьшения чувствительности к изгибам между сердцевиной и оболочкой ММ BIF, вводится дополнительный тонкий слой материала с меньшим показателем преломления по сравнению с оболочкой, что можно увидеть на рис. 3. Этот слой обладает улучшенными отражательными характеристиками, что помогает удерживать световые лучи внутри сердцевины даже после выхода из нее в результате нарушения условий полного внутреннего отражения. Эффективность такой модификации конструкции проиллюстрирована на рис. 7.

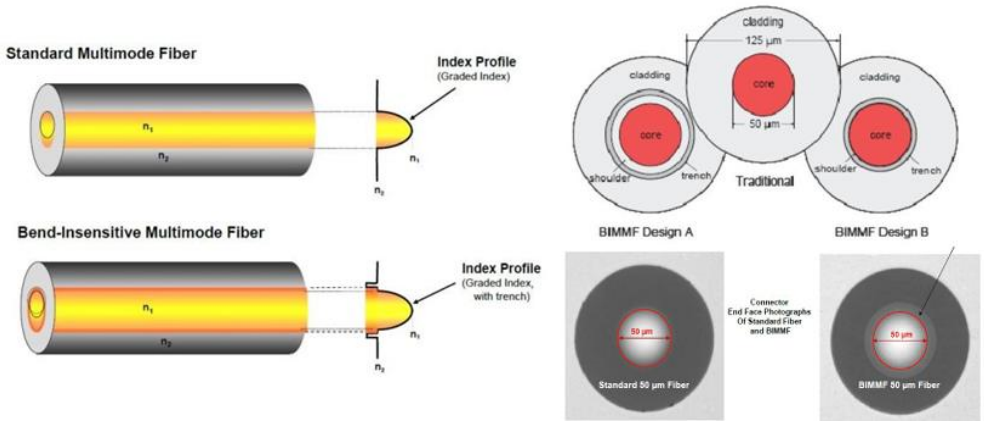


Рис.6 Конструкция BIMMF: а – ППП, б – поперечное сечение

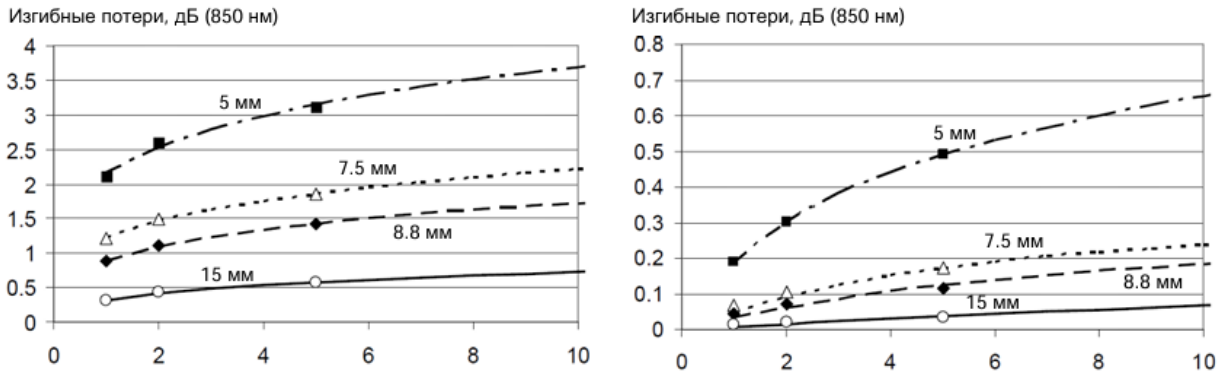


Рис.7 Потери в изогнутых ОВ: а – обычное ММ ОВ, б – ММ ОВ с повышенной стойкостью к изгибу (в миллиметрах на рисунке указаны диаметры витков)

Несмотря на то, что распределения модовых полей в MM BIF отличается от обычного MM OB, они полностью совместимы с традиционными многомодовыми волокнами.

Проведенный анализ современного состояния и перспектив развития оптических волокон показал, что новые типы волокон позволяют значительно увеличить пропускную способность соединительных линий в современных ЦОД, уменьшить потери и увеличить плотность портов.

Список используемых источников

1. Binh L. N. Transmission, Processing, and All-Optical Routing for Ultra-High Capacity Data Center Networking. M.: IOP Publishing, 2023. P. 347.
2. Выбор оптического волокна для интернета вещей и больших данных. URL: https://www.osp.ru/lan/2017/06/13052550?ysclid=m346plqxp664823558 (дата обращения 15.11.2024).
3. Былина М. С., Глаголев С. Ф., Хаджаев М. С. Перспективные оптические инфокоммуникационные технологии. Эволюция, современное состояние и перспективы развития оптических волокон: учебное пособие. 2023. 100 с.
4. Типы многомодового волокна: OM1, OM2, OM3, OM4 и OM5. URL: https://www.nix.ru/computer_hardware_news/hardware_news_viewer.html?id=210807 (дата обращения 15.11.2024).
5. Wideband Multimode Fiber (WBMMF) Standardization Update. URL: https://ieee802.org/3/cd/ public/July16/kolesar_3cd_01_0716.pdf (дата обращения 12.11.2024).
6. Безбородкин П. В., Быков М. В., Демидов В. В., Дукельский К. В. Микроструктурированные оптические волокна для систем передачи и обработки информации: электрон. научн. журн. 2016. № 1. С. 23–27. URL: https://tuzs.sut.ru/jour/article/view/343/323 (дата обращения 14.11.2024).

Baulina D., Beker I. **NEW AND PROMISING TYPES OF OPTICAL FIBERS FOR DATA CENTERS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Given the increase in traffic consumption and data volumes, it is necessary to modernize the infrastructure of data centers and increase their throughput. This paper analyzes modern and promising types of optical fibers used in data centers, which are aimed at solving key industry problems and offer effective ways to overcome them.

Key words: Optical fibers, microstructured optical fibers, multimode optical fibers of class OM5, data centers, mode multiplexing.

УДК 621.39, 681.7
ГРНТИ 49.44.31

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ WSS

М. С. Былина, Е. С. Шеломенцев, Д. И. Яременко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В оптических сетях связи с применением технологий OTN и DWDM используется оптическая маршрутизация спектральных каналов, реализуемая реконфигурируемыми мультиплексорами ввода/вывода ROADM. Одним из основных компонентов ROADM является управляемый частотно-селективный переключатель WSS. В работе проведен сравнительный анализ технологий оптического переключения, применяемых в современных WSS.

управляемый частотно-селективный переключатель, WSS, реконфигурируемый мультиплексор ввода/вывода, ROADM, микроэлектромеханическая система, MEMS, жидкие кристаллы на кремнии, LCoS

Управляемые частотно-селективные переключатели (Wavelength Selective Switch, WSS) широко используются в волоконно-оптических сетях связи (BOCC) с применением технологии плотного спектрального мультиплексирования (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM) в составе реконфигурируемых мультиплексоров ввода/вывода (Reconfigu–rable Optical Add-Drop Multiplexer, ROADM), выполняющих функции оптической маршрутизации каналов в BOCC сложной топологии [1, 2].

Преимуществом WSS перед традиционными мультиплексорами является «бесцветность» их портов (colorless). В WSS любая отдельная длина волны или группа длин волн из входного порта может быть передана на любой из выходных портов.

Основными компонентами WSS являются: 1) массивы входных и выходных волокон; 2) дифракционная решетка для пространственного разделения/объединения длин волн; 3) фокусирующие линзы; 4) оптические переключатели.

На рис. 1 проиллюстрирована работа WSS с одним входным и двумя выходными портами. Такие устройства называют WSS 1 x k, где k – число выходных портов.

Входной сигнал, состоящий из двух длин волн (красной и зеленой), выходит из порта 1, коллимируется линзой 1 и попадает на дифракционную решетку, которая осуществляет пространственное разделение коллимированного излучения на отдельные длины волн. Угол дифракции θ для длины волны λ после прохождения через решетку с периодом d можно рассчитать по выражению:

$$sin\,\theta = \lambda/d. \quad (1)$$

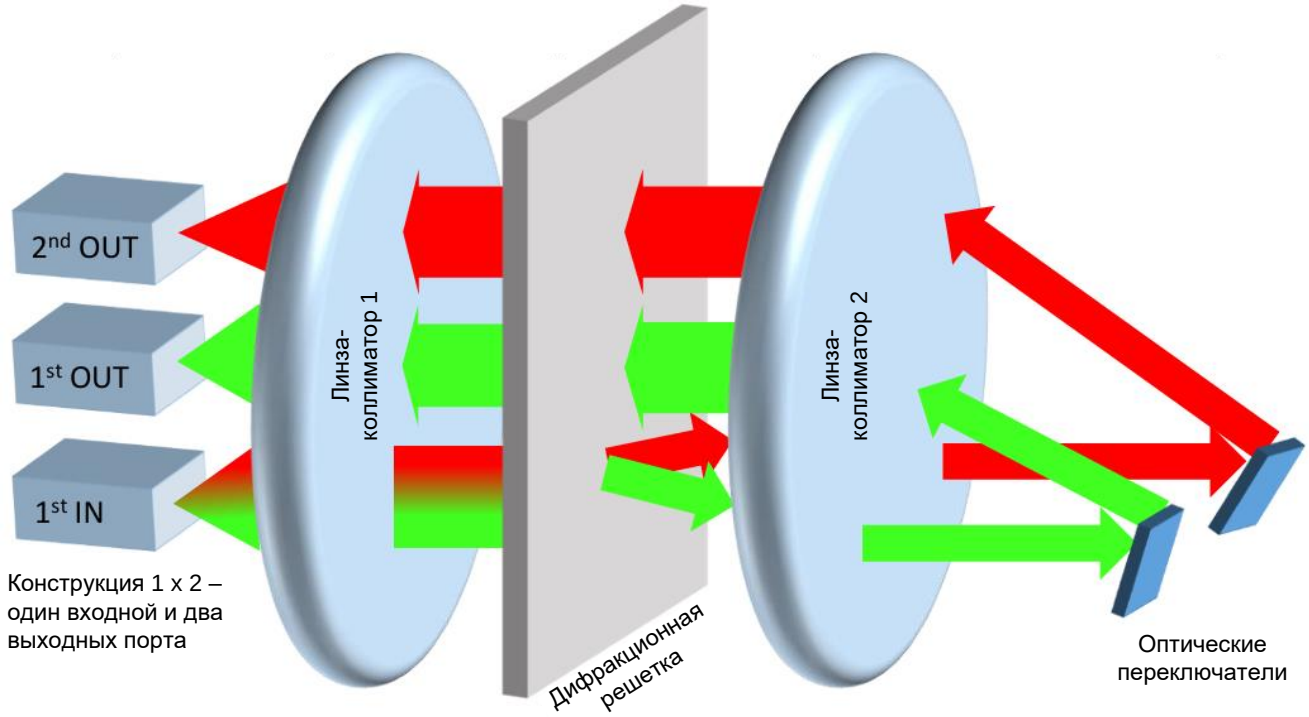


Рис. 1. WSS 1 х 2

Дифрагировавшие излучения фокусируются линзой 2 на оптические переключатели, расположенные так, чтобы на каждый из них попадала только одна из двух длин волн. Переключатели изменяют направление падающих лучей так, чтобы они после возвращения назад через оптическую схему попали в нужные выходные порты.

Для минимизации взаимных влияний между отдельными спектральными каналами в конструкции WSS должна использоваться высокоточная фокусирующая оптика. Очень хорошими параметрами обладают массивы микролинз, каждая из которых коллимирует/фокусирует один из спектральных каналов. В WSS используются одномерные и двумерные массивы микролинз, которые могут быть как плосковыпуклыми, так и двояковыпуклыми (рис. 2) [3].

Для оптического переключения в WSS могут использоваться различные технологии. Наиболее часто применяются подвижные микрозеркала, управляемые с помощью микроэлектромеханических систем (Microelectromechanical System, MEMS), и пространственные модуляторы света на основе LCoS (Liquid Crystal on Silicon – жидкие кристаллы на кремнии) [3].

На рис. 3 показан MEMS-переключатель на массиве микрозеркал. На каждое отдельное зеркало фокусируется излучение определенной длины волны. Затем зеркало наклоняется под таким углом, чтобы отразить излучение в направлении нужного выходного канала.

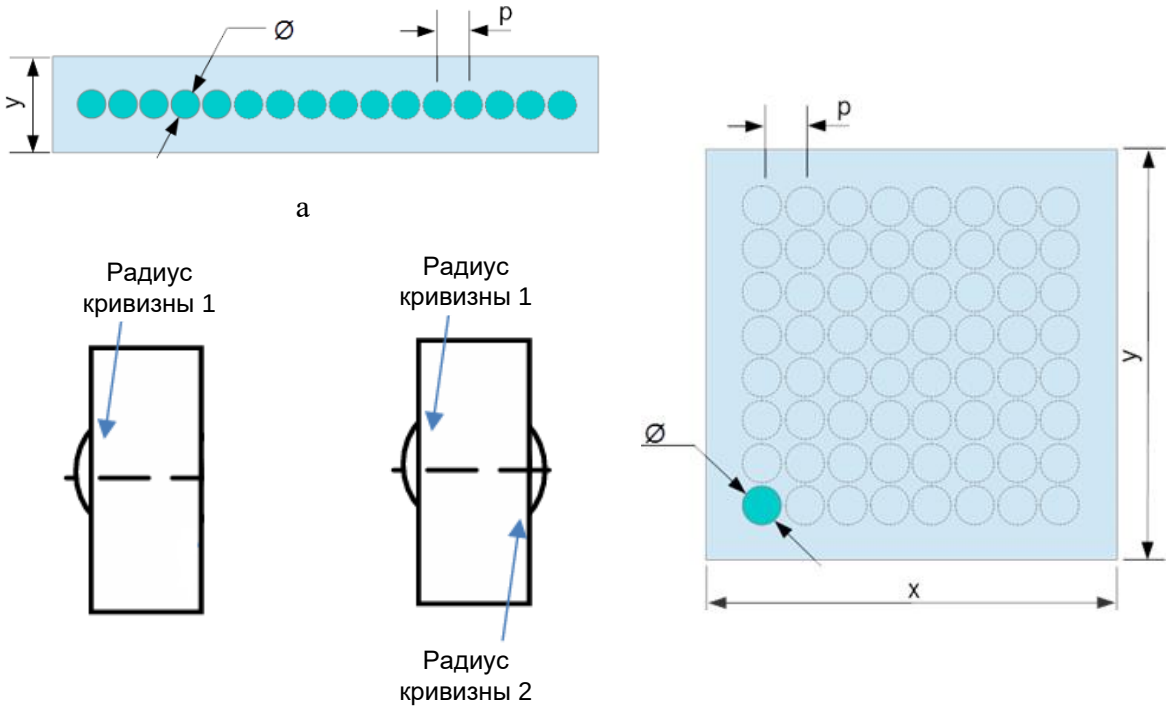


Рис. 2. Использование микролинз для фокусировки излучения:
а) одномерный массив; б) двумерный массив; в) плосковыпуклая линза на подложке;
г) двояковыпуклая линза на подложке

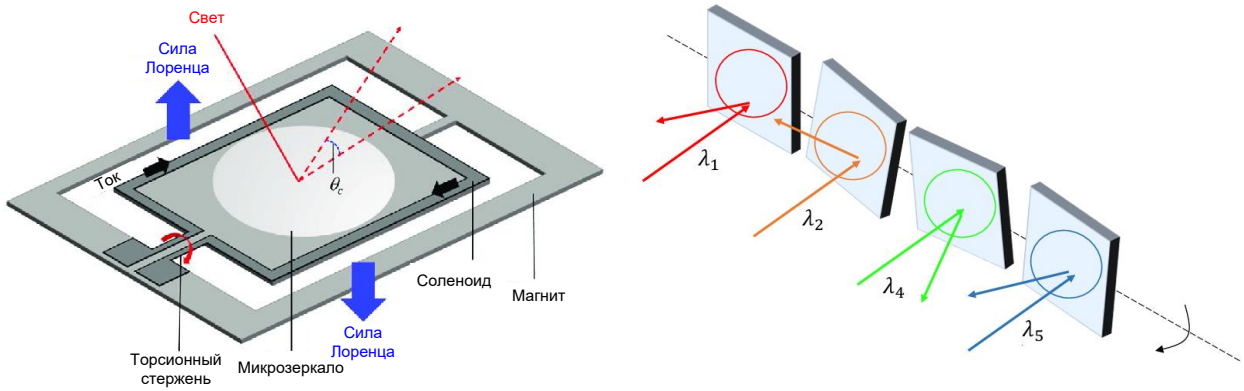
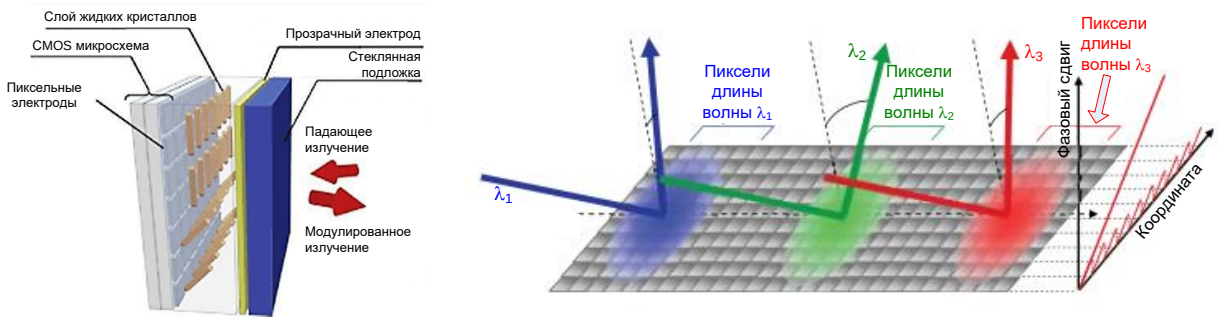


Рис. 3. Оптическое переключение с использованием MEMS:
а) управляемое микрозеркало 2D; б) переключатель на массиве управляемых микрозеркал

Изменение положения микрозеркала осуществляется с помощью управляющего тока через соленоид, закрепленный на торсионном стержне. Соленоид с управляющим током взаимодействует с неподвижным постоянным магнитом, в результате этого взаимодействия возникает сила Лоренца, создающая крутящий момент, поворачивающий соленоид вокруг стержня. Угол поворота зависит от направления

и величины управляющего тока. Разрешение по оси переключения зависит от минимального угла поворота торсионного стержня.

Переключатель на основе пространственного модулятора LCoS изменяет направление падающего излучения, независимо управляя фазовыми сдвигами различных участков его волнового фронта (рис. 4). Для создания фазового сдвига необходимо изменять ориентацию жидких кристаллов, что достигается подачей напряжения на соответствующие пиксельные электроды. Для достижения эффекта переключения падающий луч необходимо расширить на 10 – 100 пикселей. Разрешение оси переключения определяется числом используемых для каждого канала пикселей.



а б

Рис. 4. Оптическое переключение с использованием LCoS:
а) пространственный модулятор LCos; б) переключатель на основе LCos

Каждая из рассмотренных технологий переключения имеет свои преимущества и недостатки.

Основными достоинствами переключателей, основанных на технологии MEMS, являются широкая полоса пропускания и меньший уровень перекрестных помех между каналами, слабая зависимость параметров от условий окружающей среды и более низкая стоимость. К недостаткам технологии можно отнести большее по сравнению с LCoS время переключения, связанное с наличием движущихся механических частей, и более высокое энергопотребление.

Для технологии LCoS достоинствами являются меньшее время переключения, меньшие габариты и более низкое энергопотребление. К недостаткам относят более высокую стоимость, особенно для устройств с небольшим числом каналов.

Список используемых источников

1. Mukherjee B., Tomkos I., Tornatore M., Winzer P., Zhao Y. Springer Handbook of Optical Networks. Springer International Publishing, 2020. 1182 p.
2. Былина М. С., Глаголев С. Ф., Гоменица В. А., Фраз А. В., Цветков Д. А., Шеломенцев Е. С. Принципы построения современных мультиплексоров ввода/вывода ROADM / Актуальные про-

блемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2024. Т. 1. С. 146–151.
3. Wavelength Selective Switching in Optical Communications. PowerPhotonic Ltd., 2016. – 11 p. URL: https://www.powerphotonic.com/wp-content/uploads/attachments/AN004%20Application%20Note%20Wavelength %20Selective %20Switches %20in %20telecommunications %20Power-photonic.pdf.

Bylina M., Shelomentsev E., Yaremenko D. **PRINCIPLES OF CONSTRUCTING FREQUENCY-SELECTIVE OPTICAL SWITCHES WSS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Optical communication networks using OTN and DWDM technologies use optical routing of spectral channels implemented by reconfigurable Add-Drop multiplexers ROADM. One of the main components of the ROADM is the wavelength selective switch WSS. The paper provides a comparative analysis of optical switching technologies used in modern WSS.

Key words: wavelength selective switch, WDM, reconfigurable optical add-drop multiplexer, ROADM, Microelectromechanical System, MEMS, Liquid Crystal on Silicon, LCoS.

УДК 681.7.069.32
ГРНТИ 49.31.29

КОГЕРЕНТНЫЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПРИЕМ (ОСОБЕННОСТИ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ)

И. И. Дубин, А. А. Новиков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На сегодняшний день существуют два типа приема сигнала в волоконно-оптических системах связи: энергетический и когерентный. В докладе рассмотрены особенности этих типов приемов, их достоинства и недостатки, а также о применении в ВОЛС.

энергетический прием, когерентный прием, WDWM

В современных волоконно-оптических системах связи используются два типа приема сигнала: энергетический и когерентный. Энергетический прием, или прием с прямым детектированием, является простейшим способом приема сигнала. Принцип его работы основывается на регистрации интенсивности светового сигнала с использованием фотодиода. Фотодиод преобразует световой сигнал в электрический, и интенсивность света пропорциональна амплитуде электрического сигнала [1].

Основные типы модуляции для энергетического приема:

– амплитудная модуляция;

– может использоваться фазовая модуляция DPSK или QPSK, но только при наличии перед фотоприемником фазового демодулятора, преобразующего ФМ в АМ.

Достоинства энергетического приема:

– простота реализации и низкая стоимость;

– малочувствителен к изменениям длины волны (частоты);

– может использоваться с некогерентными сравнительно широкополосными источниками.

Недостатки:

– ограниченная пропускная способность (до 100 Гбит/с);

– высокая чувствительность к потерям и искажениям в ОВ на дальних расстояниях;

– нет возможности использовать сложные модуляции.

В современных высокоскоростных ВОСП предпочтение в использовании отдается когерентному приему. Одним из важнейших факторов такого выбора является

то, что он позволяет использовать различные виды многоуровневой модуляции: АМ, ФМ, ЧМ и поляризационной, а также их комбинаций, например, КАМ [2].

Принцип работы когерентного приема в оптических системах связи аналогичен работе супергетеродинного радиоприемника. Волны сигнала ω_s и гетеродина ω_g имеют либо разные частоты (интрадинный прием), либо частота сигнала и опорного лазера равны (гомодинный прием) [3].

Для реализации гомодинного приема требуется передать помимо информационного сигнала, также сигнал и самого лазера передатчика, который и станет опорным на принимающей стороне. Связано это с тем, что невозможно создать два абсолютно одинаковых лазера, которые давали бы одинаковую частоту [2].

Поэтому на практике чаще всего используют интрадинный прием, при котором частота лазера и приемника отличаются несущественно, разность их частот меньше, чем ширина спектра передатчика. К тому же при интрадинном приеме не используются OPLL (фазовая автоподстройка частоты) в схеме детектора, в отличии от гомодинного приема [2].

Существуют различные схемы входных устройств для когерентного приема, которые будут отличаться в зависимости от вида модуляции и качества передаваемого сигнала. Рассмотрим принцип работы на примере схемы с балансным фотоприемником, который показан на рисунке 1.

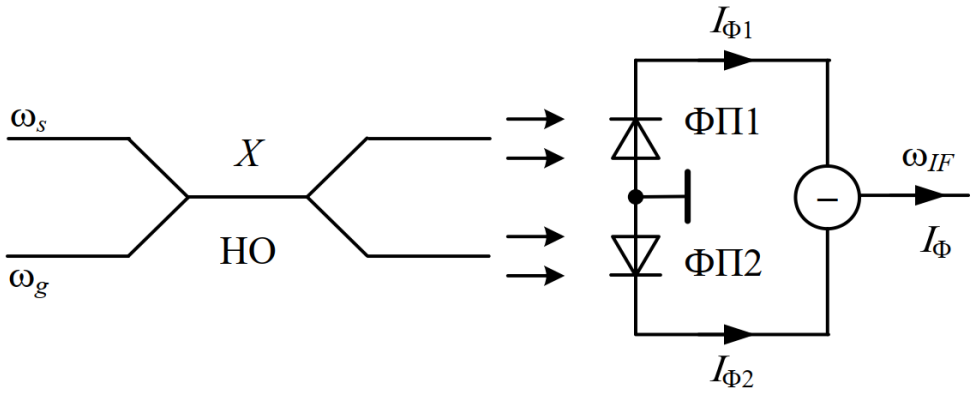


Рис. 1. Схема входного гетеродинного фотоприемного устройства, включающая балансный ФП и направленный ответвитель (НО)

На вход Х-образного направленного ответвителя поступает информационный сигнал, а на другой вход поступает излучение гетеродина, частота которого ω_g смещена относительно несущей частоты сигнала ω_s на величину, которая превышает верхнюю частоту модулирующего сигнала Ω, но ниже верхней частоты чувствительности ФП. На рисунке 2 представлены спектры частот информационного сигнала, гетеродина и промежуточной частоты [2].

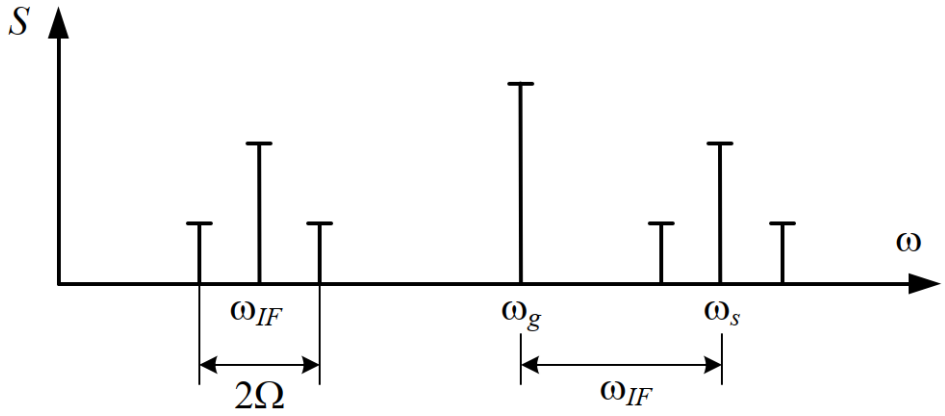


Рис. 2. Спектры оптического сигнала, озлучения гетеродина и преобразованного сигнала для гетеродинного приема

Х-образный направленный ответвитель разделяет поровну излучение сигнала и гетеродина между двумя входами ФП. Причем напряженности поля сигнала передаются на входы ФП без изменения фазы, а напряженности поля гетеродина передаются на один выход без изменения, а на второй – в противофазе, из-за чего на один ФП приходит сумма сигналов ω_s и ω_g, а на другой их разность [2].

С учетом, что ФП не воспринимает оптические частоты, но воспринимает разностную радиочастоту (промежуточную) ω_{if} , получаем разностный ток балансного ФП, при этом полезный выходной сигнал удваивается, а нежелательная постоянная составляющая в выходном сигнале подавляется.

Принятый сигнал сохраняет информацию об амплитуде и фазе сигнала. Далее он преобразуется в напряжение, которое усиливается в полосовом усилителе промежуточной частоты с шириной полосы не менее Ω [3].

Сигнал промежуточной частоты может детектироваться с помощью амплитудного, фазового или частотного детекторов [3].

Также стоит учесть, что когерентное обнаружение требует, чтобы направления поляризации сигнального света и света гетеродина были одинаковыми, то есть направления электрических векторов обоих должны быть одинаковыми, чтобы получить высокую чувствительность, которую может обеспечить когерентный прием [2].

Достоинства:

– электронная компенсация хроматической дисперсии (ХД) и поляризационно-модовой дисперсии (ПМД);

– увеличение OSNR (может составлять до 10 – 15 дБ);

– малая чувствительность к нежелательному фоновому излучению;

– возможность использовать многоуровневые модуляции вплоть до 64QAM, благодаря чему сильно возрастает пропускная способность (100 Гбит/с и выше) [3].

Недостатки:

– техническая сложность обеспечения согласования волновых фронтов и поляризаций на поверхности фотодиода принимаемого излучения и гетеродина;

– высокие требования к стабильности частот и фаз несущих частот источника излучения и гетеродина.

Несмотря на очевидные преимущества КП перед ЭП, в большинстве случаев выбор того или иного оборудования будет зависеть от требуемой конечной стоимости проекта, поэтому, т. к. энергетический прием на сегодняшний день является более дешевой технологией, он до сих пор актуален в локальных сетях и линиях малой и средней протяженности, где нет необходимости в обработке сложных искажений, а также подходит для распределительных сетей операторов и доступа в пределах города.

Использование же когерентного приема значительно упрощает проектирование магистральных волоконно-оптических линий связи благодаря более гибкому подходу к передаче и обработке сигналов [3].

Ниже перечислены основные причины, по которым когерентный прием упрощает проектирование ВОСП.

1. Устранение необходимости в оптических компенсаторах дисперсии (КД). Когерентный прием использует цифровую обработку сигнала (DSP), которая эффективно компенсирует ХД и ПМД, что значительно упрощает проектирование и снижает стоимость сети, а также уменьшает задержки сигнала, которые могут возникнуть в КД, что очень важно для современных ВОСП.

2. Поддержка высокоскоростной и многоканальной передачи. Когерентный прием позволяет использовать сложные схемы модуляции, такие как QPSK, 16-QAM и даже 64-QAM, которые повышают спектральную эффективность и увеличивают пропускную способность канала без расширения полосы. Это позволяет проектировать ВОСП, поддерживающие высокие скорости передачи данных на существующей инфраструктуре.

3. Упрощение архитектуры транспондеров и мультиплексоров. В когерентных системах оптические сигналы могут быть маршрутизированы независимо от состояния поляризации и фазы. Это упрощает архитектуру ROADM, поскольку WSS (частотно селективный переключатель) не нуждаются в сложных схемах компенсации поляризационных искажений.

Также КП обладает большой селективностью, что позволяет подавать на вход приемника до 16 каналов (длин волн), из которых он выберет нужный, что позволяет использовать технологию flex-ROADM.

4. Снижение требований к OSNR. Когерентные приемники обладают высокой чувствительностью, поскольку способны извлекать информацию из сигнала даже при низком уровне мощности. Это позволяет проектировать ВОСП с увеличенными

расстояниями между усилителями и сокращать количество регенераторов, что упрощает проектирование магистральных линий и снижает затраты.

Энергетический и когерентный приемы в ВОЛС обладают своими особенностями, преимуществами и недостатками. Выбор между этими приемами зависит от требуемой скорости, дальности передачи и стоимости реализации.

Энергетический прием остается востребованным для недорогих решений на небольшие расстояния в сетях доступа и локальных оптических линиях, тогда как когерентный прием незаменим для магистральных и дальнемагистральных сетей.

Список используемых источников

1. Былина М. С., Глаголев С. Ф., Дюбов А. С. Сравнительный анализ методов энергетического и когерентного приема цифровых информационных оптических сигналов. Часть 1. Энергетический прием // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 3. С. 12–20.
2. Былина М. С., Глаголев С. Ф., Дюбов А. С. Сравнительный анализ методов энергетического и когерентного приема цифровых информационных оптических сигналов. Часть 2. Когерентный прием // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 4. С. 21–28.
3. Трещиков В. Н., Листвин В. Н. DWDM-системы. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. 420 с.

Dubin I., Novikov A. **COHERENT AND ENERGETIC RECEPTION (FEATURES, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES).**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Currently, there are two types of signal reception in fiber-optic communication systems: energy detection and coherent detection. The report examines the features of these reception types, their advantages and disadvantages, as well as their applications in fiber-optic communication systems.

Keywords: Energy detection, coherent detection, DWDM.

УДК 621.39
ГРНТИ 49.44.33

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРИЕМНИКА ФОТОНОВ

А. С. Дюбов, Н. Ю. Колыбельников, П. С. Петров, М. А. Руфов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Разработка приемника фотонов для систем волоконно-оптической связи особенно актуальна в условиях развития современных телекоммуникационных технологий, где требуется безопасность и высокая скорость передачи данных. Чувствительным элементом для приемников выбирается лавинный фотодиод, работающий в Гейгеровском режиме. При разработке приемников инженерам приходится сталкиваться с противоречивыми требованиями и ограничениями. Проблемой являются темновые токи, шумы, ложные срабатывания детектора. Для достижения высоких технических характеристик приемников фотонов существует несколько подходов и решений. Перспективными можно считать использование активного охлаждения чувствительного элемента, стробирование, особые схемы стабилизации режима работы и усиления, применение методов цифровой обработки сигналов. Доклад посвящен рассмотрению этих методов и особенностей разработки приемников для квантово-криптографических систем связи.

приемник фотонов, лавинный фотодиод, волоконно-оптическая система связи, квантовая криптография, стабилизация температуры, охлаждение, лавинный пробой, APD, SPAD

Приемник фотонов выполняет регистрацию очень слабых оптических сигналов (вплоть до одиночных фотонов), поступающих на оптический вход, и формирует электрический выходной сигнал. Актуальность разработки и производства этого особого класса оптоэлектронной аппаратуры возросла с развитием требованием к характеристикам оптических систем передачи данных и совершенствованием квантовых технологий. Приемник фотонов – важный компонент квантово-криптографических систем связи (систем квантового распределения ключей). Подобные приемники востребованы при экспериментальных исследованиях в квантовой физике, оптике, в системах квантовых вычислений, спектроскопии, лазерной локации и рефлектометрии.

Применение оптических технологий в самых различных сферах жизни ведет к тому, что приемник фотонов должен стать массовым продуктом, быть технологичным в производства, простым в эксплуатации, иметь стоимость, приемлемую для конечного потребителя. Однако подобные приборы достаточно сложны в технической реализации, особенно при высоких требованиях к чувствительности и быстродействию. Разработка, изготовление и внедрение подобного оборудования сопряжено с проведением научно-исследовательских работ, внедрением интеллектуальных производственных технологий [1].

Для достижения высоких технических характеристик и экономической эффективности применяют различные технические решения, а сама разработка выполняется в несколько этапов:

1. Определение требований к системе. Для задач волоконно-оптической связи используется диапазон длин волн 900 – 1700 нм. Как правило, магистральные системы связи работают в области 1550 нм. Важными характеристиками являются скорость отклика, чувствительность, а также допустимый уровень шума. Следует задаться параметрами работы конечного устройства: температурным диапазоном, требованиями к охлаждению и электропитанию.

2. Выбор чувствительного элемента. Перспективными и наиболее распространенным решением можно считать использование полупроводникового охлаждаемого лавинного фотодиода. В качестве материала диода выбирается InGaAs/InP чувствительный к сигналам ближнего инфракрасного диапазона. Большое значение имеет структура p-n перехода. Для инженеров стали коммерчески доступны диоды с оптимизированной структурой, ориентированные на применение в области квантовых коммуникаций. Гейгеровский лавинный фотодиод (Geiger-mode Avalanche Photodiode) – это тип лавинного фотодиода, работающий в режиме лавинного пробоя, при котором диод может детектировать одиночные фотоны. Он работает при напряжении выше порога пробоя, поэтому любое поглощение фотона вызывает лавинообразный процесс, порождающий легко измеримый электрический импульс. После лавинного пробоя диод требует времени на восстановления, прежде чем он сможет снова детектировать фотоны. Это время восстановления определяется схемой внешнего подключения и технологией диода [2, 3].

3. Планирование температурного режима. Препятствием для регистрации одиночных фотонов является высокий уровень темнового тока. Лавинные фотодиоды в ИК-диапазоне работают с активным охлаждением, обычно до температур ниже -30° С. Это снижает темновые токи. Соответственно снижается уровень шумов и вероятность ошибок регистрации.

4. Создание и стабилизация режима лавинного пробоя. Следующей задачей является выбрать и стабилизировать режим лавинного пробоя. Этот режим нужен для увеличения вероятности детектирования одиночного фотона. Следует спроектировать систему точного контроля высокого напряжения с малыми флуктуациями, чтобы избегать изменения коэффициента лавинного умножения и дрейфа параметров.

5. Оптимизация времени восстановления. После регистрации каждого фотона требуется «время восстановления», время, чтобы ЛФД вернулся в рабочее состояние. Распространенным решением является включение схемы быстрой зарядки и разрядки диода, интеграция полупроводниковых ключей или использование технологии negative-feedback avalanche diodes (NFAD).

6. Разработка электроники считывателя. Сигнал с чувствительного элемента поступает на схему быстрого детектирования. Такие схемы строятся на базе малошумящих и быстродействующих операционных усилителей. Желательной опцией можно считать регулируемый коэффициент чувствительности приемника.

Далее следует этап фильтрации сигналов для точного выделения одиночного фотона от фоновых шумов. На этом этапе обработки как могут применяться методы цифровой обработки сигналов, а сами алгоритмы фильтрации реализуются на быстродействующих программируемых логических схемах [4, 5].

Преимуществом можно считать универсальность электронной схемы приемника, позволяющая использовать диоды разных производителей, разных типов и с разными характеристиками спектральной чувствительности.

7. Сборка и тестирование прототипа. Этот этап включает изготовление печатных плат, монтаж электронных компонентов, установку лавинного фотодиода в микрохолодильник, сборку корпуса устройства. Следует отметить, что даже в настоящий момент создание, настройка и калибровка приемника требует сложного и дорогостоящего лабораторного оборудования.

8. В отдельный этап можно выделить *разработку программного обеспечения*. Дело в том, что современные приемники фотонов, хотя и относятся к оптоэлектронной аппаратуре и оборудованию связи, могут считаться полноценными программно-аппаратными комплексами. Программная часть не только участвует в решении задач стабилизации режимов работы и обработки сигналов, но также выполняет функции самодиагностики, управления, контроля и отображения режимов работы устройства.

Список используемых источников

1. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Квантовые технологии» / Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: https://digital.gov.ru/ru/documents/6650/

2. Zhengjun W., Peng Z., Jindong W., Changjun L., Jianping G., Ruisheng L., Songhao L. An integral gated mode single photon detector at telecom wavelengths // Journal of Physics D: Applied Physics, 2007. V. 40, № 22.

3. 1.5 GHz single-photon detection at telecommunication wavelengths using sinusoidally gated InGaAs/InP avalanche photodiode // OPTICS EXPRESS, 2009. Vol. 17. № 8.

4. Анисимов А. А. Приемники одиночных фотонов инфракрасного диапазона на основе лавинных фотодиодов: автореф. дис … к-та физ-мат. наук: 01.04.03 / Анисимов, Андрей Александрович, СПб, 2005. 16 с.

5. Лосев А. А. Разработка детектора одиночных фотонов для промышленной системы квантового распределения ключей: автореф. дис … к-та техн. наук: 2.2.2 / Лосев Антон Вадимович, Москва, 2024. 24 с.

Dyubov A., Kolybelnikov N., Petrov P., Rufov M. **FEATURES OF PHOTON RECEIVER DEVELOPMENT.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The development of a photon receiver for fiber-optic communication systems is especially relevant in the context of advancing modern telecommunication technologies, which require security and high data transmission speeds. An avalanche photodiode operating in Geiger mode is chosen as the sensitive element for these receivers. During receiver development, engineers face conflicting requirements and constraints. Issues include dark currents, noise, and false triggering of the detector. There are several approaches and solutions to achieve high technical performance in photon receivers. Promising methods include using active cooling of the sensitive element, strobing, specific schemes for stabilizing operating mode and amplification, and applying digital signal processing methods. This report is devoted to reviewing these methods and the specific features of receiver design for quantum cryptographic communication systems.

Key words: photon detector, avalanche photodiode, fiber-optic communication system, quantum cryptography, temperature stabilization, cooling, avalanche breakdown, APD, SPAD.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.44.33

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ OTN-ФУНКЦИОНАЛА НА КАНАЛООБРАЗУЮЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ КОМПАНИИ Т8

Л. А. Иванова, В. В. Левицкий, Т. Е. Петров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В последние годы условия на рынке передачи данных были противоречивы. С одной стороны, повышаются требования к качеству наложенного сервиса, и к общей пропускной способности СПД, а с другой стороны – денежные вложения в развитие сетей идут на убыль. Исторически сложилось так, что технология SONET/SDH наиболее полно отвечала запросам операторов. С появлением «уплотняющей» технологии DWDM возникла проблема управляемости трафика. Для решения этой проблемы существует оптическая транспортная сеть (OTN).

СПД, SONET/SDH, DWDM, OH, FEC, Ethernet, SAPI/DAPI, TIM, TTI

Кадры OTN и оптическая часть

Сеть OTN (Optical Transport Network) – это оптическая транспортная сеть, которая обеспечивает мультиплексирование и передачу цифровых данных по волновым каналам DWDM. Структура соединения в сети OTN представлена на рисунке 1.

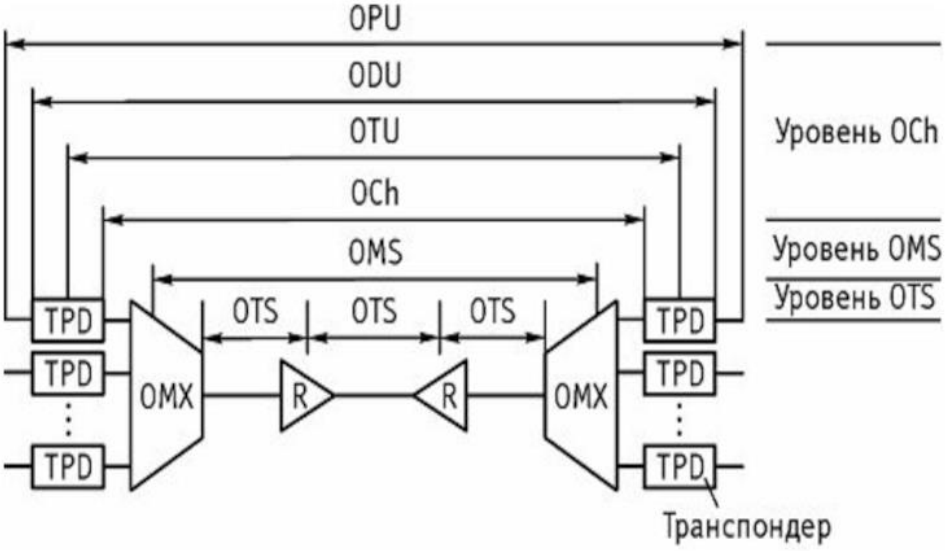


Рис. 1. Структура соединения в сети OTN

Уровень OCh:

– оптический канал (Optical Channel, Och) – это спектральный канал DWDM, содержащий полезную нагрузку (клиентский сигнал), заголовки различных уровней (OH) и корректирующую информацию (FEC);

– протокол OPU (Optical Channel Payload Unit) – блок пользовательских данных оптического канала; ответственен за доставку данных между пользователями сети. передается в неизменном виде из конца в конец сети – т. е. от точки приема клиентских данных до точки выдачи этих данных клиенту. Занимается инкапсуляцией пользовательских данных, таких как кадры SDH или Ethernet, в блоки OPU, выравниванием скоростей передачи пользовательских данных и блоков OPU, а на приемной стороне извлекает пользовательские данные и передает их пользователю;

– протокол ODU (Optical Channel Data Unit) – блок данных оптического канала; так же, как и протокол OPU, работает между конечными узлами сети OTN. В его функции входит мультиплексирование и демультиплексирование блоков OPU в высокоскоростной контейнер ODU;

– протокол OTU (Optical Channel Transport Unit) – основной задачей которого является добавление избыточное кодирование (FEC) и дополнительная служебная информация – для мониторинга, контроля и восстановления трафика на отдельном сегменте сети между двумя транспондерами;

– OMS (Optical Multiplex Section)- соединение между оптическими мультиплексорами и демультиплексорами;

– OTS (Optical Transmission Section) – это нижний уровень канала оптической транспортной сети (OTN), формирующий уровень мониторинга между компонентами, где на сигнал в последний раз воздействовала накачка, т. е. между оптическими усилителями.

Ошибки:

– LCK – Locked – сигнал, генерируемый оператором для проведения обслуживания системы, указывает, что соединение с вышестоящим сигналом заблокировано;

– SSF – Server Signal Fail – сигнализация об отказе сигнала;

– LOS – Loss of signal – отсутствие сигнала на входе;

– CSF – Client Signal Fail – ошибка сигнала клиента;

– AIS – Alarm indication signal – сигнал индикации аварии транспортной единицы/единицы данных;

– OCI – Open connection indication – передача служебной последовательности «01100110» в полях OTU, OPU и payload, указывает, что восходящий сигнал не подключен к источнику завершения пути;

– Link Down – соединение отключено;

– Packet – пакеты не доставлены.

Экспериментальная часть

Для экспериментального исследования реализации OTN-функционала на каналообразующем оборудовании компании Т8 была собрана модель ВОЛС, представленная на рисунке 2, а затем смоделированы некоторые аварийные ситуаций. Результаты эксперимента представлены ниже.

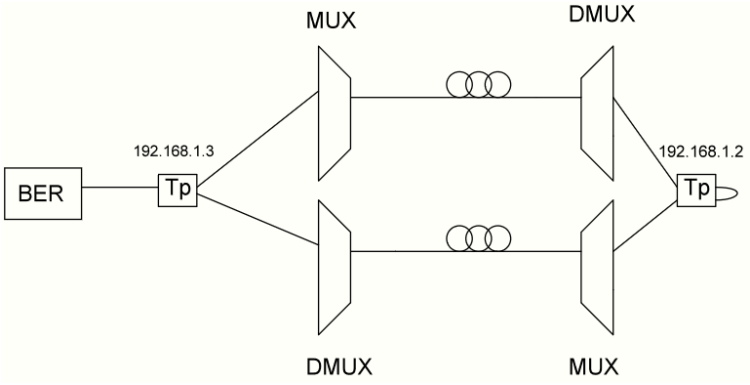


Рис. 2. Собранная модель ВОЛС

Разный FEC. При моделировании ситуации, когда на одном из сетевых элементов включена предварительная коррекция ошибок, а на другом – нет, приводит к тому, что на линейном интерфейсе выставляется флаг аварии BIP8 – Bit Interleaved Parity – битовая ошибка, на стороне, где осуществляется работа FEC.

При включении линейных интерфейсов, работающих друг на друга с различными кодами исправления ошибок, приводит к поднятию флага аварии DEG – Degrade – ошибка, генерируемая при ухудшении сигнала или пересечении порогового значения ошибки бита, на линейных интерфейсах передающей и принимающей стороны.

При формировании конфликтов между клиентскими интерфейсами двух сетевых элементов поднимается флаг аварии PLM – Payload Mismatch – Индикация несоответствия типа нагрузки предустановленному. Были смоделированы ситуации передачи трафика между клиентом настроенном на STM-16 и GE, а также STM-16 и STM-1.

Также при неправильно настроенной кросс-коммутации на каналообразующем оборудовании возникает ошибка CSF – Client Signal Fail - ошибка сигнала клиента на клиентском интерфейсах сетевых элементов и поднимается авария LOF – Loss of frame – потеря цикловой синхронизации или SSF – Server Signal Fail –сигнализация об отказе сигнала на интерфейсах SDH клиентов.

Дальнейшие манипуляции с кросс-коммутацией связаны с блокированием требутарных слотов, переведение их в состояние аварии или выставления статуса открытый (свободный) слот. Результаты представлены в таблицах 1–3 ниже.

1. Статус коммутации OPEN на дальнем клиенте

ТАБЛИЦА 1. Ошибки при статусе коммутации OPEN на дальнем клиенте

Ошибки		Ближний клиент	Дальний клиент
Ошибки в линии	OTU	Нет ошибок	Нет ошибок
	ODU		
Ошибки у клиента	ODU	AIS, OCI	-
	OPU	SSF	-
Авария LOS		Нет ошибок	Нет ошибок
Авария интерфейса SDH		-	LOF

2. Статус коммутации LOCK на дальнем клиенте

ТАБЛИЦА 2. Ошибки при статусе коммутации LOCK на дальнем клиенте

Ошибки		Ближний клиент	Дальний клиент
Ошибки в линии	OTU	Нет ошибок	Нет ошибок
	ODU		
Ошибки у клиента	ODU	AIS, LCK	-
	OPU	SSF	-

3. Статус коммутации ALARM на дальнем клиенте

ТАБЛИЦА 3. Ошибки при статусе коммутации ALARM на дальнем клиенте

Ошибки		Ближний клиент	Дальний клиент
Ошибки в линии	OTU	Нет ошибок	Нет ошибок
	ODU		
Ошибки у клиента	ODU	AIS	-
	OPU	SSF	-

4. Несовпадающее содержание SAPI/DAPI

На дальней стороне были изменены идентификаторы передатчика и приемника (SAPI/DAPI), позволяющие внутри сети установить принадлежность сигнала. На линейном интерфейсе передающей стороны появилась ошибка TIM – Trace Identifier Mismatch – ошибка, появляющаяся при получении из TTI (Trail Trace Identifier) не соответствующих ожиданиям значений SAPI/DAPI.

Таким образом, FEC-коррекция информационного сигнала, позволяет в оптических транспортных сетях обнаруживать и исправлять битовые ошибки, возникающие вследствие физического ухудшения параметров среды передачи. Система мониторинга, реализованная в оптической транспортной сети, позволяет своевременно реагировать на аварии, возникающие на сети, и с быстро их устранять.

Список используемых источников

1. Власов И. И. Что такое «OTN». Вестник связи. 2008 г. URL: https://asvk.cs.msu.ru/~bahmurov/course_advanced_networks/2018/ %D0 %A7 %D1 %82 %D0 %BE %20 %D1 %82 %D0 %B0 %D0 %BA %D0 %BE %D0 %B5 %20OTN.PDF
2. HCIA-Transmission | Глава 8 Протоколы OTN -2. URL: https://forum.huawei.com/enterprise/ru/HCIA-Transmission- %D0 %93 %D0 %BB %D0 %B0 %D0 %B2 %D0 %B0-8- %D0 %9F %D1 %80 %D0 %BE %D1 %82 %D0 %BE %D0 %BA %D0 %BE %D0 %BB %D1 %8B-OTN-2/thread/667490359464312832-667481122235363328
3. Yossi Moshe. Tera-Pass. Introduction to OTN. URL: https://www.tera-pass.com/files/content/ PDF/Introduction_to_OTN_2020_7_06_TP.pdf

Ivanova L., Levitskiy V., Petrov T. **EXPERIMENTAL STUDY OF THE IMPLEMENTATION OF THE OTN FUNCTIONALITY ON CHANNEL-FORMING EQUIPMENT T8.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In recent years, conditions in the data market have been controversial. Requirements for the quality of the service provided and for the overall capacity of data transmission networks are increasing, but financial investments in network development are declining. Historically, SONET/SDH technology has best met the needs of operators. With the advent of DWDM sealing technology, the problem of traffic control arose. To solve this problem, there is an optical transport network (OTN).

Key words: DTS, SONET/SDH, DWDM, OH, FEC, Ethernet, SAPI/DAPI, TIM, TTI.

УДК 535-7
ГРНТИ 29.31.15

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ШИНЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ

В. В. Кирьянова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматривается использование оптических полимерных волноводов в качестве элемента передачи сигнала на оптико-электронной шине телекоммуникационного оборудования, что является перспективной областью развития высокопроизводительных электронных систем. Ранее проводились исследования в области внедрения полимерных волноводов различных материалов на печатную плату, что позволило интегрировать их в такие широкополосные коммуникации, как оптическая сеть и вычислительные системы.

оптико-электронная шина, полимерные планарные оптические волноводы, полидиметилсилоксан, силоксан, регенератор

Усовершенствование систем передачи информации непосредственно связано с повышением производительности электронных систем. В связи с этим имеет место активное изучение оптических технологий и их внедрение в сферу систем передачи сигнала.

Преимущества применения оптических технологий заключаются в возможности преодоления проблемы в производительности электрических соединений при работе на высоких частотах и в обеспечении высокоскоростной связи между электрическими компонентами, такими как чипами, модулями и др. Кроме того, оптические волноводы обладают благоприятными механическими, тепловыми и оптическими свойствами для прямого внедрения их в стандартные печатные платы [1].

Сигналы, передаваемые по медным, или коаксиальным, проводам подвержены затуханию и ошибкам из-за возникающих шумов, ввиду электромагнитной природы сигнала, поэтому такие системы имеют ограниченную скорость передачи данных.

Многомодовые полимерные волноводы являются перспективной областью создания оптических соединений, благодаря их экономической эффективности по замене низкопроизводительных соединений на стандартной печатной плате. Использование оптоволоконного способа соединения модулей систем обработки данных несет за собой риск, связанный с усложнением обслуживания систем, ввиду особенностей оптического волокна, его хрупкости, чувствительности к изгибу и др. Решением данной задачи послужила замена оптического волокна на полимерные планар-

ные волноводы, что позволило усовершенствовать пропускную способность платы, увеличить ее в 10 раз, и улучшить параметры изделия с экономической точки зрения, затраты на материалы сократились. Упрощенная модель оптико-электронной шины передачи данных представлена на рисунке 1.

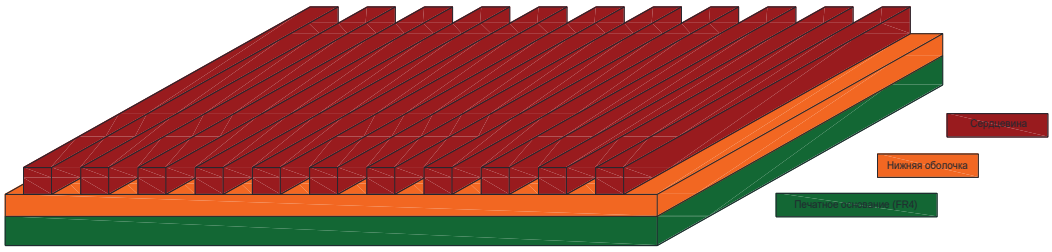


Рис. 1. Модель оптико-электронной шины передачи данных

Нижний слой оболочки планарных волноводов расположен на основании макета объединительной платы, блок сердцевин волноводов находится над нижним слоем оболочки. Отсутствие верхних и боковых оболочек обеспечивает полное внутренне отражение на границе «сердцевина-окружающая среда» и контроль качества изготовления сердцевины оптического волновода [2].

Увеличение пропускной способности объединительной платы обеспечивается за счет размещения на ней оптоэлектронной шины, содержащей массив планарных оптических волноводов и входные/выходные элементы оптического излучения. Основным полимерным материалом для создания волновода является полидиметилсилоксан (PDMS), свойства которого позволяют изменять показатель преломления, что позволяет формировать оптические волноводы на основе одного материала, и, соответственно, снижать потери при распространении сигнала [3]. Результаты практического применения данного материала показали, что при наличии несовершенств среды распространения сигнала, наблюдается затухание 14 дБ/см, что соответствует оптической оптико-электронной шине, применяемой для обеспечения пропускной способности 40 Гбит/с.

Для рассмотрения свойств полимерных планарных волноводов используют материалы на основе силоксана, соответствующие следующим характеристикам: низкие материальные потери 0,03 дБ/см на длине волны 850 нм, выдерживают высокие температуры свыше 350°C и обладают необходимой долговременной стабильностью при стандартных условиях эксплуатации электронных систем.

Дополнительным представлением принципа внедрения полимерных материалов и многомодовых волноводных компонентов является эксперимент по формированию оптических объединительных плат с использованием маршрутизатора, суммарная пропускная способность которого составляет 1 Тбит/с, и 4-канальных модулей полимерных оптико-электронных шин, соединенных через 3R-регенераторы (reshape, re-time, re-transmit) для формирования произвольного размера оптической

шины. Каждый сегмент шины включает в себя массив из N волноводов, позволяющих использовать N параллельных оптических каналов, а также волноводные разветвители и сумматоры для реализации функций «сброса» и «сложения» сигналов на каждом интерфейсе карты [4].

Передача данных по модулю оптико-электронной шины осуществляется со скоростью 10 Гбит/с и обеспечивает работу с небольшим коэффициентом ошибок (BER < 12) и с потерями по мощности менее 0,7 дБ, что говорит об успешном обмене сигнала.

Для использования в оптических соединительных платах рассматривались различные пассивные и активные архитектуры соединений. Активные архитектуры соединений основаны на использовании высокопроизводительных оптических переключателей, которые предъявляют высокие требования к изготовлению и энергопотреблению, требуют эффективных протоколов управления. Поэтому они подходят для использования на более высоких уровнях соединений, например, для связи между стойками или в системах соединений предприятий и центров обработки данных. Пассивные схемы соединений по своей сути проще и поэтому легче реализуются на уровне объединительной платы. К ним относятся сети «точка-точка», архитектуры оптических шин и архитектуры с несколькими длинами волн.

Список используемых источников

1. Ziarko M. W., Bamiedakis N., Barimah E. K., Jose G. Erbium-doped polymer waveguide amplifiers for PCB-integrated optical links, 2019, pp. 1 – 8, DOI:10.1117/12.2509983.
2. Радзиевская Т. А., Иванов Н. Н., Тарасов С. А. Подходы к снижению потерь на рассеяние в полимерных планарных оптических волноводах // Труды учебных заведений связи, 2021. Т. 7. № 1. С. 31–40. DOI:10.31854/1813-324X-2021-7-1-31-40.
3. Manvelova T. A., Tarasov S. A., Ivanov N. N. Polymer Optoelectronic Bus for High-Speed Data Transmission Systems, 2019. PP. 1–4, DOI:10.1088/1742-6596/1400/6/066051.
4. Bamiedakis N., Hashim A., Penty R. V., White I. H. Polymer Waveguide-Based Backplanes for Board-Level Optical Interconnects, 2012, DOI:10.1109/icton.2012.6253943.

Kiryanova V. **RESEARCH OF OPTOELECTRONIC BUS OF TELECOMMUNICATION EQUIPMENT BASED ON POLYMER OPTICAL WAVEGUIDES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This paper discusses the use of optical polymer waveguides as a signal transmission element on the Optical-Electronic Bus of telecommunication equipment, which is a promising area for the development of high-performance electronic systems. Earlier studies have been conducted in the implementation of polymer waveguides of different materials on the printed circuit board, which allowed their integration into broadband communications such as optical networking and computing systems.

Key words: Optoelectronic bus, polymer planar optical waveguides, polydimethylsiloxane, siloxane, regenerator.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.03.13

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ОТ ХАРАКТЕРИСТИК НАПРАВЛЯЮЩЕЙ СРЕДЫ

В. П. Клименко, М. В. Куцеба
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена изучению влияния нелинейных искажений в направляющих средах волоконно-оптических линий связи. В исследовании использовалось волокно стандартов: G.652, G.654, G.655, G.652ULL (ultra-low loss). Для каждого волокна изучена зависимость качества сигнала от входной мощности в волновод.

ВОЛС, нелинейные искажения, сигнал-шум, FEC, BER, OSNR.

Существуют четыре основные причины возникновения ошибок при приеме сигнала:

1) неоптимальное значение мощности, поступающей на оптический приемник (ошибки по чувствительности/перегрузке);

2) нескомпенсированная хроматическая дисперсия, линейные искажения сигнала (например, хроматическая или поляризационная дисперсии, сужение полосы сигнала каскадируемыми фильтрами, и т. д.);

3) шум усиленного спонтанного излучения;

4) нелинейные искажения сигнала, т. е. те искажения, которые зависят от мощности передаваемого сигнала.

Линейные искажения могут быть скомпенсированы как в оптическом домене (например, с использованием модуля компенсации дисперсии) так при цифровой обработке сигнала на приеме. Применение в линиях связи эрбиевых усилителей позволяет решить проблему деградации мощности в пролетах при помощи правильного подбора коэффициентов усиления EDFA, но ведет к появлению усиленного спонтанного излучения (ASE) и нелинейным эффектам.

При повышении интенсивности излучения реакция любого диэлектрика на воздействие света становится нелинейной, это касается и оптоволоконных световодов. Нелинейность приводит к тому, что световые волны начинают взаимодействовать сами с собой, порождая новые частоты и обмениваясь энергией между спектральными составляющими. Это существенно отличается от линейного режима, при котором спектр сигнала в световоде вдали от резонансных частот поглощения остается практически неизменным.

В этой статье будет рассмотрен коэффициент нелинейности оптического волокна распространенных стандартов существующих волокон. В работе рассматривается экспериментальное подтверждение основным постулатам GN-модели: зависимость полного OSNR линии от характеристик транспондера и поведение нелинейных эффектов как линейного шума в линии с правильно рассчитанными параметрами для передачи [1].

Для оценки оптических характеристик линии и количества ошибочно принятых бит в работе применяются специальные устройства: BER-анализатор – инструмент для генерации пользовательского трафика и анализа ошибок при передаче данных; OSA – оптический анализатор спектра, который позволяет измерить соотношение сигнала и шума в оптическом диапазоне (OSNR – Optical Signal-to-Noise Ratio).

Качество приема сигнала определяется параметром BER, который определяется как отношение ошибочно принятых битов к общему количеству бит. Тем не менее, BER не отражает оптические характеристики канала связи. Для оценки качества сигнала необходимо учитывать параметры, которые описывают воздействие оптических явлений, вызывающих ухудшение сигнала и возникновение ошибок при его приеме. Уровень шума ASE определяется оптическим отношением сигнал-шум (OSNR) [2].

$$OSNR = \frac{P_S}{P_{ASE}} \quad (2)$$

где P_S – мощность сигнала (всего спектра сигнала, который предполагается узкополосным), P_{ASE} – мощность шума ASE в полосе 0,1 нм, расположенной на центральной частоте сигнала.

При проектировании линии необходимо выбрать оптимальный уровень мощности сигнала, вводимого в пролет (p_{IN}). Увеличение p_{IN} приводит к усилению нелинейных искажений в начале пролета, но снижает деградацию OSNR на следующем усилителе. Уменьшение мощности, наоборот, уменьшает нелинейные искажения сигнала, но одновременно снижает OSNR.

Качественно зависимости $OSNR_{Line}$, $OSNR_{треб}$ и $OSNR_M$ от входного в волокно уровня мощности сигнала p_{IN} в приближении пренебрежения шумами бустера приведены ниже [2]:

$$osnr_{ASE} = 58 + p_{IN} - \alpha * L - a_{Att} - nf \quad (3)$$

$$osnr_{треб} = OSNR_{R,BtB} + a_{NL}(p_{IN}) \quad (4)$$

$$osnr_M = OSNR_{Line} - OSNR_{R,Line} \quad (5)$$

α [дБ/км] – погонные потери волокна; L[км] – длина линии; a_{Att} [дБ] – дополнительные потери на аттенюаторе; nf = 10*lg(F) [дБ] – шум-фактор предусилителя.

Таким образом, уравнение, выражающее условие работоспособности линии, выглядит следующим образом:

$$osnr_{ASE} = osnr_{R,Line} + a_M \quad (6)$$

В процессе эксплуатации линии связи может происходить старение ее компонентов, что приводит к ухудшению качества сигнала. Для обеспечения надежной работы линии необходимо учитывать эксплуатационный запас a_M.

Расчет параметра $OSNR_{Line}$ обычно не вызывает затруднений, так как все необходимые параметры линии известны. Однако расчет параметра $OSNR_{R,Line}$, а именно, штрафа по нелинейности a_{NL}, представляет собой более сложную задачу.

Первым этапом эксперимента измерялась величина BER до исправления ошибок алгоритмом FEC (так называемый pre-FEC BER, или BER линии), так как pre-FEC BER показывает фактическое количество ошибок в линии и меняется плавно при изменении ее параметров [1]. Этот параметр входит в определение калибровочной кривой транспондера. Транспондер в целом характеризуется величиной требуемого OSNR в схеме “Back-to-back” – OSNRR, BtB – минимальной величиной OSNR, обеспечивающей заданное значение BERR, в ситуации, когда все другие причины возникновения ошибок, кроме влияния шума ASE, устранены и не вносят вклада. Современные транспондеры, не использующие многоуровневые форматы модуляции, имеют значение OSNRR, BtB порядка 10 дБ.

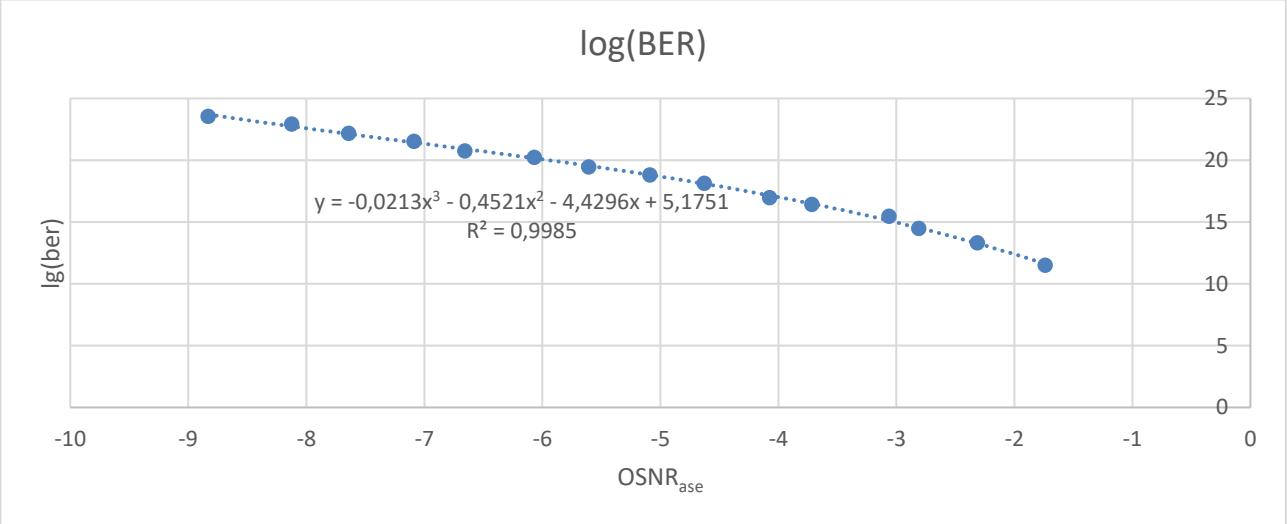


Рис. 1. Калибровочная характеристика транспондера

На рисунке 1 представлена калибровочная характеристика транспондера напрямую участвует в расчете полного OSNR линии за счет полинома третьей степени, которым аппроксимируется характеристика log(BER).

Далее зная калибровочную прямую транспондера и измерив оптическое отношения сигнала к шуму в линии, в которой постепенно наращивается полная мощность на входе, можно вычислить OSNR нелинейности [2]:

$$\frac{1}{OSNR_{NL}} = \frac{1}{OSNR_{\text{пол}}} - \frac{1}{OSNR_{line}}$$

Коэффициент нелинейности оптического волокна является характеристикой зависимости OSNRnl от Pin. На рисунке 2 представлены зависимости отношения сигнал-шум от входящей в волокно мощности сигнала:

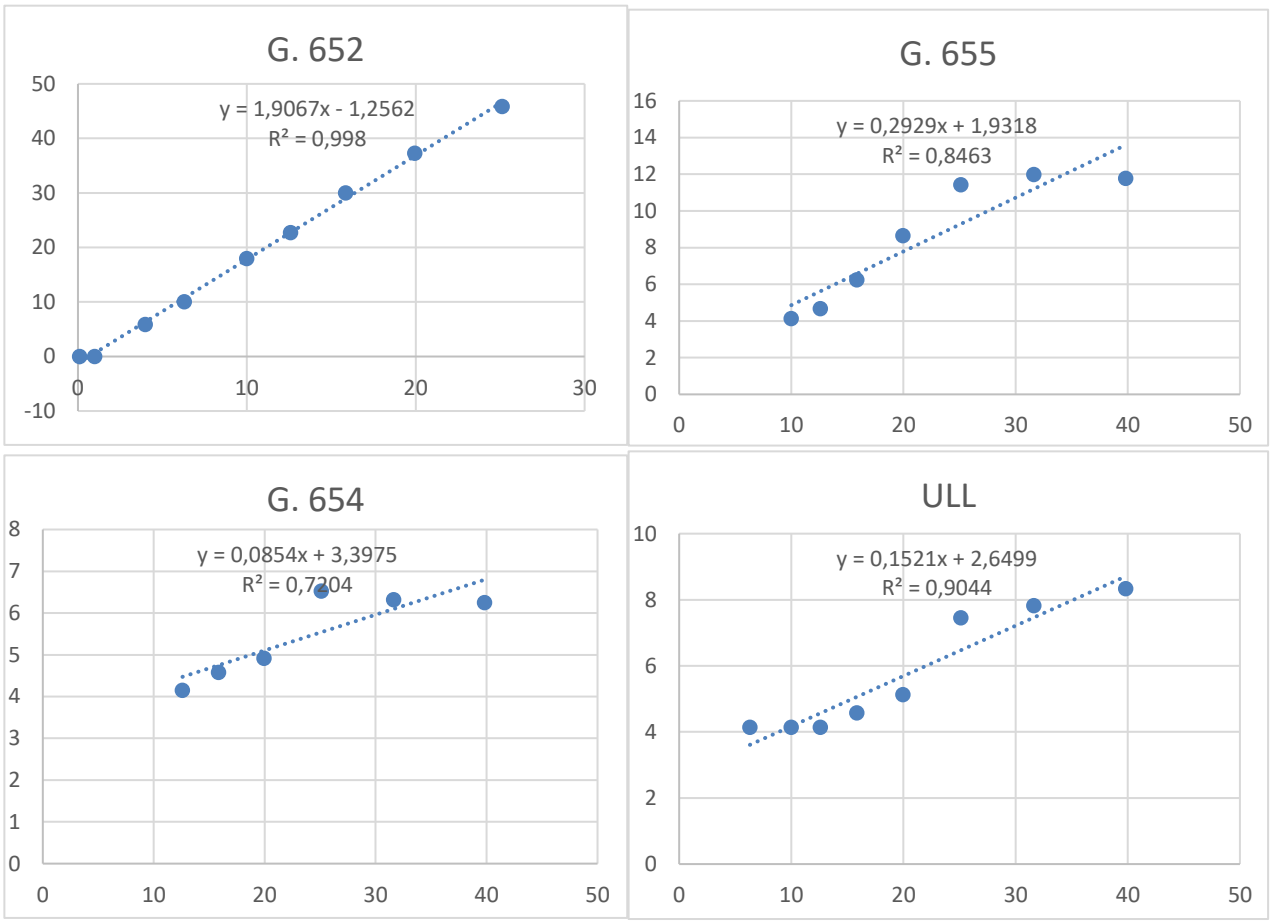


Рис. 2. Зависимость оптического отношения сигнала к шуму нелинейности от полной мощности на входе в линию для каждого из исследуемых волокон

Таким образом подтверждается линейность поведения коэффициента нелинейности в линии связи с заранее урегулированным количество шума от эрбиевых усилителей и оптимальным уровнем мощности для формирования в среде нелинейных эффектов. Постулаты GN-модели находят свое подтверждение в линии связи, спроектированной в балансе между усилением и шумами, которое вносят оптические усилители [3].

Список используемых источников

1. Gurkin N. V., Nanii O. E., Novikov A. G., Plaksin S. O., Treshchikov V. N., Ubaidullaev R. R. Nonlinear interference noise in 100-Gbit s–1 communication lines with the DP-QPSK modulation format. URL: https://sci-hub.ru/10.1070/QE2013v043n06ABEH015014

2. Леонов А., Наний О., Трещиков В. Нелинейные искажения и нелинейный шум в когерентных системах связи. URL: https://t8.ru/upload/iblock/32f/ec3vii44wvjextw2k22zfiqtt7of0141/ 11_Leonov_F.pdf
3. Carena A., Curri V., Bosco G., Poggiolini P., Forghieri F. Modeling of the impact of non-linear propagation effects in uncompensated optical coherent transmission links // Journal of Lightwave Technology. 2012. Vol. 30. No. 10. PP. 1524–1539.

Klimencko V., Kutseba M. **DEPENDENCE OF OPTICAL SIGNAL QUALITY PARAMETERS ON THE CHARACTERISTICS OF THE GUIDING MEDIUM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article is dedicated to the investigation of the impact of nonlinear distortions in the transmission media of fiber optic communication lines. In the study, we used fiber standards such as G.652, G.654, G.655 and ultra-low loss version of G.652 (G.652 ULL). For each type of fiber, we examined the relationship between the quality of the signal and the input power into the waveguide.

Key words: Fiber-optic, nonlinear distortion, signal-to-noise, FEC, BER, OSNR.

УДК 535.42
ГРНТИ 29.37.25

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЙ АКУСТООПТИЧЕСКИХ МОДУЛЯТОРОВ

С. В. Колпаков, Б. К. Резников
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье исследуются принципы работы и области применения акустооптических устройств, основанных на явлении дифракции света на акустической волне в прозрачных материалах. Рассмотрены особенности работы акустооптических модуляторов, дефлекторов, мультиплексоров, спектроанализаторов радиосигналов, монохроматоров и многоканальных акустооптических модуляторов для фазированных антенных решеток.

Проведен анализ характеристик акустооптического эффекта, включая раман-натовский и брэгговский режимы дифракции, а также их влияние на функциональные возможности устройств. Особое внимание уделено их применению в спектроскопии, лазерных системах, телекоммуникациях, радиотехнике и фазированных антенных решетках. Подчеркивается универсальность и высокая эффективность акустооптических приборов в задачах управления оптическими и радиосигналами, анализа спектров и модуляции светового излучения.

Полученные результаты подтверждают значимость акустооптических технологий в современных научных и прикладных разработках, где требуются высокоскоростные и точные методы обработки сигналов.

акустооптика, световое излучение, дифракция

Объектом исследования является акустооптический модулятор (АОМ) и его применение. В настоящее время акустооптический эффект находит широкое применение в оптических лабораториях как простой способ модулирования лазерного луча, для модуляции добротности твердотельных лазеров, в лазерных принтерах и других акустооптических устройствах для модулирования мощности лазерного луча.

Принцип работы АОМ основан на дифракции света на ультразвуковой волне, которая распространяется в оптически прозрачном материале (например, в стекле). Ультразвуковую волну генерирует пьезоэлектрический преобразователь, прикрепленный к стеклянной пластине. Из-за изменения плотности и показателя преломления в результате сжимающих и растягивающих волн в материале формируется дифракционная решетка. Когда световой луч проходит через такую структуру, он расщепляется на несколько дифрагированных пучков, которые распространяются под углами друг к другу. С помощью апертуры из этих пучков выбирается первый ди-

фракционный максимум, который существует только при наличии ультразвуковой волны, и все остальные порядки блокируются [1], что представлено на рис. 1.

При анализе дифракции света на монохроматической акустической волне выделяют два предельных режима: раман-натовский и брэгговский. Рамановский режим проявляется при относительно низких частотах ультразвука (f < 10 МГц) и небольшой длине взаимодействия света с акустической волной (l < 1 см). Этот тип дифракции возможен при любом угле падения света. Брэгговский режим наблюдается при высоких частотах, обычно превышающих 100 МГц. В этом случае дифракционная картина, даже при высокой акустической мощности, содержит только два максимума – нулевой и первый порядки. Эти максимумы возникают только при определенных углах падения света, близких к углу Брэгга.

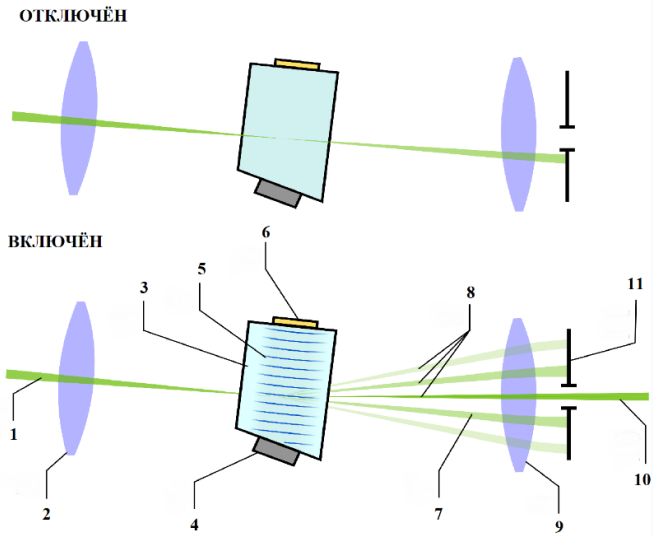


Рис. 1. Схема работы акустооптического модулятора. 1 – входной луч; 2, 9 – фокусирующие линзы; 3 – оптический прозрачный твердый материал; 4 – звукопоглощающий материал; 5 – бегущая звуковая волна и созданные ей периодические изменения показателя преломления среды; 6 – пьезоэлектрический излучатель, преобразующий электрический сигнал в ультразвуковую волну; 7 – проходящий луч (максимум нулевого порядка дифракции); 8 – отклоненные лучи (максимумы прочих порядков дифракции), которые возникают только при наличии звуковой волны; 10 – выходной луч, существует только при подаче сигнала на излучатель 6; 11 – апертура выделяющая только требуемый дифракционный максимум.

Акустооптический модулятор используется для модуляции амплитуды, частоты или фазы оптического луча с помощью акустической волны, которая генерируется пьезоэлектрическим излучателем. Это устройство широко применяется в лазерных системах для управления мощностью излучения, а также в оптических коммуникационных системах, где оно используется для модуляции оптического сигнала, включая амплитудную, частотную и фазовую модуляцию. АОМ находят широкое применение в спектроскопии, лазерной обработке материалов, в системах ак-

тивного контроля лазерных лучей, а также в лазерных принтерах и в других устройствах, где требуется изменение интенсивности или частоты светового потока.

Акустооптический дефлектор (АОД) используется для отклонения светового луча в ответ на акустическую волну, которая генерирует периодическую решетку в оптически прозрачной среде. Изменение угла отклонения луча зависит от частоты и амплитуды ультразвуковой волны. Этот эффект активно используется в лазерных сканерах, спектроскопических системах и оптических волоконных системах, где необходим динамический контроль направления света. АОД также применяются в телекоммуникациях для переключения и распределения оптических сигналов в многоканальных системах передачи данных.

Акустооптический спектроанализатор радиосигналов использует акустооптические модуляторы для анализа спектра радиосигналов. Этот прибор позволяет выделять и анализировать различные частотные компоненты радиосигнала, а также проводить высокоразрешающее измерение спектра. Акустооптический спектроанализатор является важным инструментом в радиотехнике, теле- и спутниковых коммуникациях, где требуется точная настройка и анализ широкополосных сигналов. Он может использоваться в системах мониторинга частот, радиопомех и для диагностики радиосигналов в реальном времени.

Акустооптический монохроматор является устройством, которое используется для селекции определенных частот из широкополосного источника излучения. Это устройство основано на акустооптическом эффекте, где акустическая волна в прозрачной среде создает дифракционную решетку, через которую проходят различные частотные компоненты света. Акустооптические монохроматоры применяются в спектроскопии, где необходима высокая разрешающая способность для избирательного анализа световых волн на определенной длине волны. Они особенно полезны для работы с лазерными источниками и в исследованиях, требующих точного спектрального анализа.

Многоканальные акустооптические модуляторы применяются для анализа радиосигналов в фазированных антенных решетках (ФАР). В таких системах АОМ используются для регулирования интенсивности, частоты или фазы отдельных каналов в многоканальных антеннах, что позволяет управлять направлением и формой луча. Это критически важно для систем радара, связи и мониторинга, где необходимо точно контролировать и анализировать радиосигналы в реальном времени. Акустооптические модуляторы позволяют создавать гибкие и точные системы для обработки сигналов с различной частотой и интенсивностью, что делает их незаменимыми в сложных антенных решетках, применяемых в фазированных антеннах для направленного излучения и приема сигналов [2].

Список используемых источников

1. Парыгин В. Н., Балакший В. И. Оптическая обработка информации. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 142 с.
2. Рогов С. А. Оптические методы и устройства обработки информации. Спецвопросы квантовой электроники: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004.

Kolpakov S., Reznikov B. **STUDY OF APPLICATIONS OF ACOUSTO-OPTIC MODULATORS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article explores the principles of operation and applications of acousto-optic devices based on the diffraction of light by acoustic waves in transparent materials. The features of acousto-optic modulators, deflectors, multiplexers, radio signal spectrum analyzers, monochromators, and multichannel acousto-optic modulators for phased array antennas are examined.

An analysis of the characteristics of the acousto-optic effect, including Raman-Nath and Bragg diffraction regimes, and their impact on device functionality is provided. Special attention is given to their applications in spectroscopy, laser systems, telecommunications, radio engineering, and phased array antennas. The versatility and high efficiency of acousto-optic devices in tasks such as optical and radio signal control, spectrum analysis, and light beam modulation are emphasized.

The results confirm the importance of acousto-optic technologies in modern scientific and applied developments requiring high-speed and precise signal processing methods.

Key words: Acousto-optics, light radiation, diffraction.

УДК 621.3.038.84
ГРНТИ 47.35.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ШУМ-ФАКТОРА ЭРБИЕВОГО УСИЛИТЕЛЯ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ

Н. В. Кривоносова, В. Д. Сысоев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Для восстановления амплитуды оптического информационного сигнала в волоконно-оптических линиях связи применяются усилители на основе волоконного световода, легированного ионами эрбия. Данная работа посвящена основным характеристикам усилителя: коэффициент усиления и шум-фактор. В работе рассмотрена внутренняя схема эрбиевого усилителя и метод измерения его основных характеристик.

эрбиевый усилитель, EDFA, шум-фактор, коэффициент усиления, оптические усилители, волокно

Эрбиевые усилители (Erbium Doped Fiber Amplifier – EDFA), обладают рядом преимуществ [3]:

– возможность одновременного усиления сигналов с различными длинами волн;

– отсутствие дополнительных оптоэлектронных преобразований и простота включения в оптическую схему;

– EDFA не имеет ограничений в пропускной способности, в отличии от регенератора, который работает в соответствии с протоколами;

– соответствие рабочего диапазона эрбиевых усилителей области минимальных оптических потерь световодов на основе кварцевого стекла;

– более простое конструктивное устройство в сравнении с регенератором.

Принцип работы основан на физических процессах, протекающих с ионами эрбия, которыми легирована сердцевина примесного волокна EDF. Ионы поглощают излучение диода накачки, при этом в активной среде создается инверсия населенности между основным и возбужденным энергетическими уровнями. Усиление происходит благодаря стимулированному переходу ионов эрбия из возбужденного состояния в основное с последующим испусканием фотонов идентичных фотонам усиливаемого сигнала, распространяющегося в активной среде [1].

Входной оптический сигнал, проходя через оптический изолятор, который блокирует обратное рассеянное излучение, попадает в примесное волокно. Данный участок подвергается сильному непрерывному излучению лазера накачки. Далее вносятся спектрально-селективные потери с помощью сглаживающего фильтра усиле-

ния (Gain Flattened Filter, GFF). Для регулировки КУ EDFA с сохранением плоского спектра применяют программно-управляемый волоконно-оптический аттенюатор (Variable Optical Attenuator) VOA. Выходной сигнал преодолевает оптический изолятор, предотвращающий проникновение обратного рассеянного сигнала из линии в активную область оптического усилителя (рис. 1).

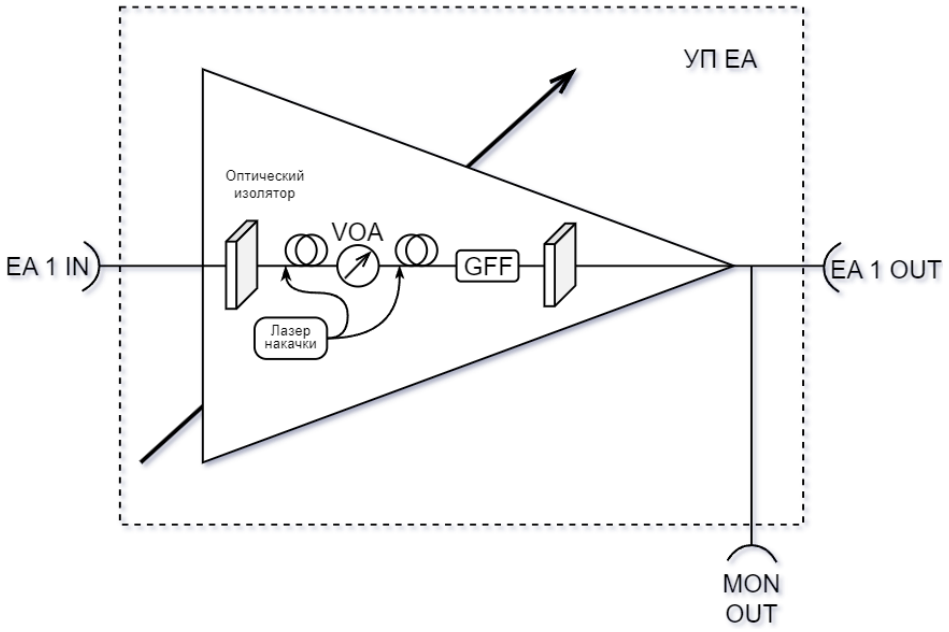


Рис. 1. Структурная схема EDFA EA-23V

Коэффициент усиления является основной характеристикой оптического усилителя и определяется разностью уровней выходной и входной мощности.

Шум фактор nf (1) – это характеристика, которая показывает, как сильно возрастает в усилителе шум по сравнению с полезным сигналом, и определяется как отношение сигнал-шум на входе (OSNRin) к отношению сигнал-шум на выходе (OSNRout) [2]:

$$nf = OSNR_{in}/OSNR_{out} \quad (1)$$

В исследовании на вход усилителя поступает “идеальный” сигнал, в котором нет шумов. Так как сигнал подвергается воздействию шумов в оптическом передатчике (лазере), ими можно пренебречь, потому что они малы по сравнению с шумами, внесенными усилителем. Поэтому справедлива формула для определения OSNR сигнала на выходе усилителя-бустера, мощностью шума которого можно пренебречь:

$$OSNR = 58 + Pin - nf \quad (2)$$

На вход активного оптического мультиплексора (ОМ-40) подавался сигнал от каналообразующего оборудования (ТТ-10). К исследуемому эрбиевому усилителю (EA-23V) в качестве измерительной аппаратуры подключался оптический анализа-

тор спектра (OSA) и на вход подавался групповой сигнал с мультиплексора, заранее выровненный по мощности с помощью переменного аттенюатора (VOA), встроенного в мультиплексор (рис. 2).

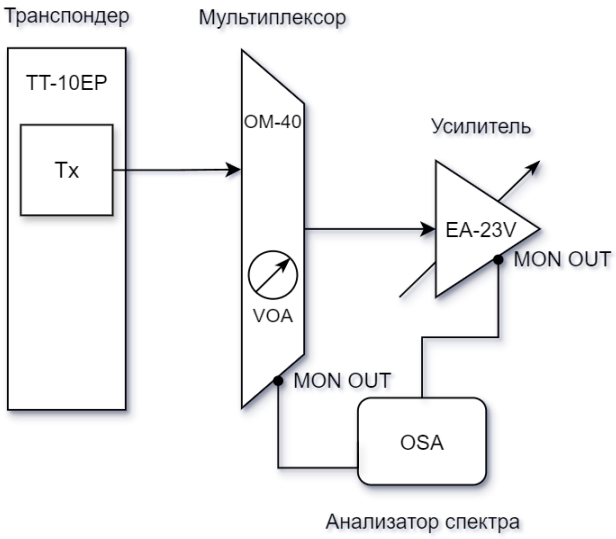


Рис. 2. Структурная установки для измерения характеристик усилителя

Усилитель EA-23V работает в режиме Gain, при котором EDFA поддерживает постоянный коэффициент усиления и автоматически изменяет значение переменного аттенюатора для поддержания постоянного КУ. Коэффициент усиления изменяется при помощи переменного аттенюатора, встроенного в EDFA в рамках рабочего диапазона КУ от 14 до 24 дБ. К порту мониторинга подключен анализатор спектра, позволяющий произвести измерения OSNR (дБ) и Pout (дБм) при изменении КУ в VOA в EDFA.

Из выражения (2) можно вычислить шум-фактор усилителя.

Результаты исследования на каналах 25 и 60 представлены на рисунке 4.

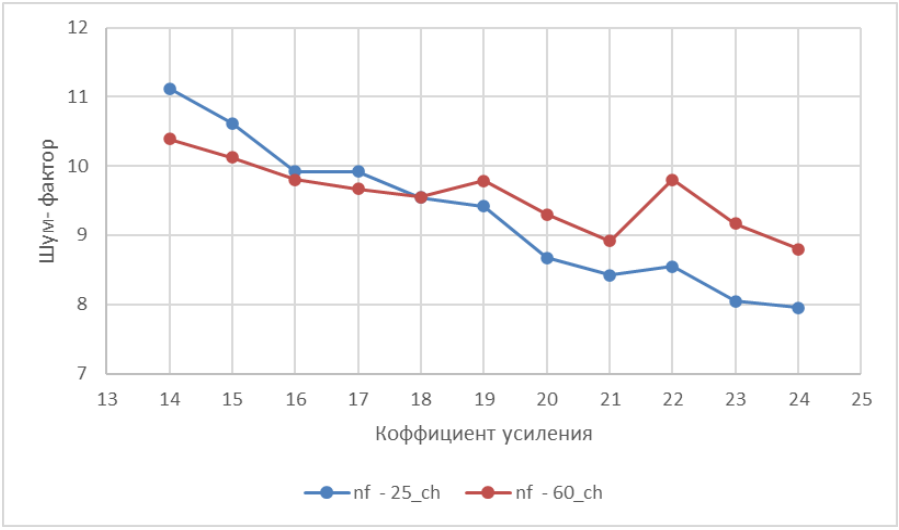


Рис. 3 Диаграмма зависимости шум-фактор от коэффициента усиления

Исследования показали, что при увеличении коэффициента усиления КУ эрбиевого усилителя наблюдается уменьшение шум-фактора nf на обоих каналах 25 и 60. На рисунке 3 при изменении коэффициента усиления шум фактор в обоих каналов сходится в одной точке, соответствующей 18 дБ коэффициента усиления усилителя. Эта точка пересечения шумовых характеристик двух разнесенных по спектру каналов демонстрирует возможность подбора КУ усилителя так, чтобы шум-фактор по спектру был относительно равномерным.

Настройки оборудования должны быть адаптированы к реальным условиям эксплуатации, включая возможные изменения температуры, состояния волоконно-оптической линии и внешние помехи. Регулярное обновление параметров усилителя и аттенюатора в зависимости от изменения этих факторов поможет поддерживать стабильную работу системы.

Таким образом, для повышения качества связи важно оптимально настроить параметры усилителя (КУ, мощность накачки, выходную мощность) и аттенюатора в соответствии с характеристиками конкретных каналов и с учетом мониторинга значений OSNR и шума. Тщательная настройка и регулярное тестирование оборудования помогут добиться стабильной и эффективной передачи данных в оптических системах.

Список используемых источников

1. Убайдуллаев Р. Р. Протяженные ВОЛС на основе EDFA / Р. Р. Убайдуллаев // LIGHTWAVE, 2003. № 1. С. 22–28.
2. Убайдуллаев Р. Р. Волоконно-оптические сети / Р. Р. Убайдуллаев 1-е издание. М.: Эко-Трендз, 2012. 331 с.
3. Курков, А. С., Наний О. Е. Эрбиевые волоконно оптические усилители / А. С. Курков, О. Е. Наний // LIGHTWAVE, 2003. № 1. С. 14–21.

Krivonosova N., Sysoev V. **INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE NOISE FACTOR OF AN ERBIUM AMPLIFIER ON THE GAIN FACTOR.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

To restore the amplitude of the optical information signal in fiber-optic communication lines, amplifiers based on a fiber fiber doped with erbium ions are used. This work is devoted to the main characteristics of the amplifier: the gain factor and the noise factor. The paper considers the internal circuit of an erbium amplifier and a method for measuring its main characteristics.

Key words: erbium amplifier, EDFA, noise factor, gain factor, optical amplifiers, fiber.

УДК 681.7
ГРНТИ 49.44

ТЕХНОЛОГИИ СПЕКТРАЛЬНОГО МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ В ВОСС

Н. Ю. Фомченков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Рассмотрены технологии спектрального мультиплексирования в волоконно-оптических системах связи и их значение в современных телекоммуникациях. Приведена классификация основных видов оптических мультиплексоров. Детально описаны их конструктивные особенности, преимущества и недостатки. Проведен сравнительный анализ, позволяющий определить предпочтительные условия использования каждого типа мультиплексоров.

WDM, ВОСС, мультиплексоры, телекоммуникации, оптика

Технология спектрального мультиплексирования (Wavelength Division Multiplexing, WDM) занимает центральное место в современных волоконно-оптических системах связи (ВОСС). С ее помощью можно существенно увеличить пропускную способность оптических линий, обеспечивая одновременную передачу нескольких сигналов по одному волокну. На рис. 1 показаны возможности увеличения пропускной способности сети за счет применения технологии WDM [1]. График демонстрирует очевидную актуальность применения WDM для обеспечения современных телекоммуникационных нужд.

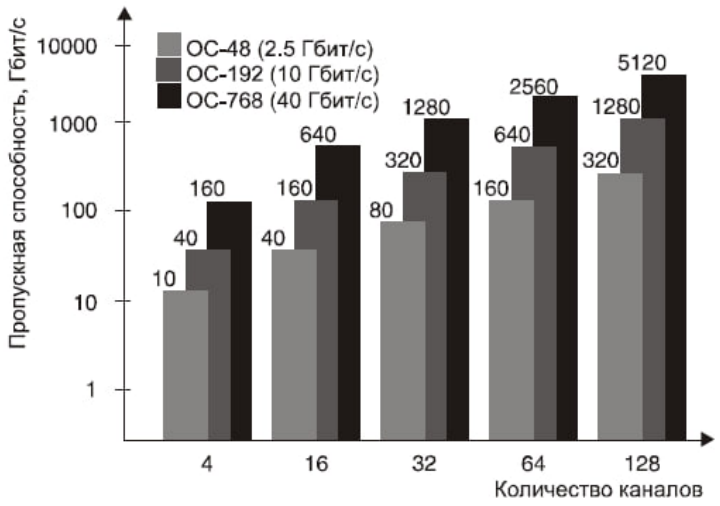


Рис. 1. Стремительный рост пропускной способности линии связи

В зависимости от величины интервала между соседними спектральными каналами $\Delta\lambda$ различают системы грубого (Coarse WDM, CWDM) и плотного (Dense

WDM, DWDM) спектрального мультиплексирования. В системах CWDM Δλ составляет 20 нм, в системах DWDM – 3.2 нм и меньше [1, 2].

Оптические мультиплексоры выполняют ключевую функцию в системах WDM, позволяя объединять и разделять сигналы для передачи и приема [1]. К основным типам мультиплексоров относятся: тонкопленочные фильтры (TF), дифракционные решетки, FBT-разветвители, волноводные решетки AWG. Диапазоны значений их оптических характеристик и основные качества представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Перечень видов оптических мультиплексоров и их характеристики

Вид мультиплексора	Полоса пропускания, нм	Вносимые потери, дБ	Применение	Основные качества
Тонкопленочные фильтры (TF)	0.2-1.0	0.5-1.5	CWDM WDM	Высокая селективность, стабильная работа, сложность производства
Дифракционные решетки	0.1-2.0	1.0-2.5	CWDM WDM	Обеспечивают широкую полосу пропускания и высокую точность, подходят для плотных сетей
FBT-разветвители	10-20	2.0-5.0	CWDM, малоканальные сети	Простота и низкая стоимость, высокие вносимые потери
Массивы волноводов AWG	0.4-1.6	1.0-2.0	DWDM, HDWDM	Компактные устройства с высокой плотностью каналов, сложны в производстве

Тонкопленочные фильтры (TF) представляют собой несколько слоев прозрачного диэлектрического материала с различными показателями преломления, нанесенных последовательно друг за другом на оптическую подложку. Такие многослойные структуры обеспечивают высокую степень селекции сигналов по длинам волн. Эти фильтры используются для разделения и объединения сигналов в системах WDM, где каждый из фильтров выделяет из составного сигнала (или добавляет в него) один канал. Принцип работы TF заключается в отражении и пропускании света через многослойную диэлектрическую структуру, где каждый слой отвечает за взаимодействие с длиной волны (см. рис. 2) [2].

Среди преимуществ тонкопленочных фильтров можно выделить высокую точность и стабильность разделения длин волн, а также сравнительно низкие вносимые потери. Но из-за высокой сложности изготовления при более жестких требованиях TF имеют высокую стоимость производства, так как возникает необходимость увеличивать количество слоев на подложке.

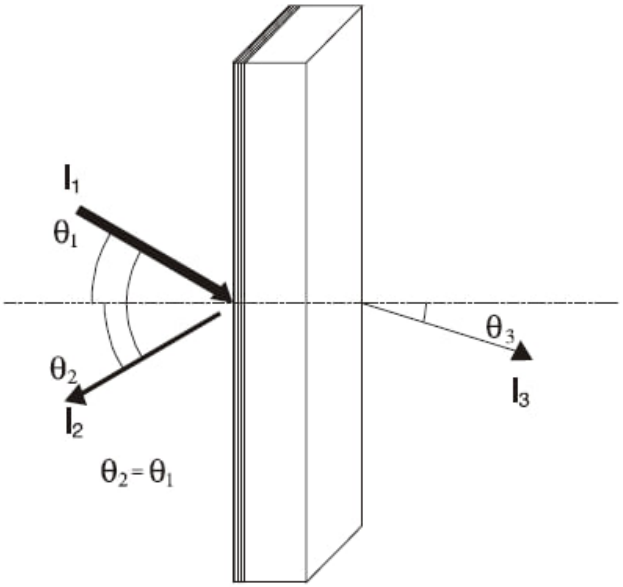


Рис. 2. λ_1 – падающая волна, λ_2 – отраженная, λ_3 – прошедшая

Дифракционные решетки представляют собой устройства, которые используют явление дифракции света для разложения сложного светового спектра на составляющие длины волн. Основным принципом работы таких решеток является отражение или преломление света на специально созданных поверхностях, состоящих из множества параллельных линий или структур с периодическим изменением оптической плотности. Когда световой поток, состоящий из множества длин волн, попадает на такую поверхность, он отклоняется под разными углами, в зависимости от длины волны света и периода решетки. Дифракционные решетки обеспечивают точное разделение каналов и позволяют работать с широким диапазоном длин волн, что делает их идеальными для многоканальных систем, где требуется передача большого количества данных по разным оптическим каналам [1]. Принцип действия основан на дифракции света: каждая длина волны отклоняется под своим углом, что позволяет выделить их и направить в различные выходные каналы (см. рис. 3).

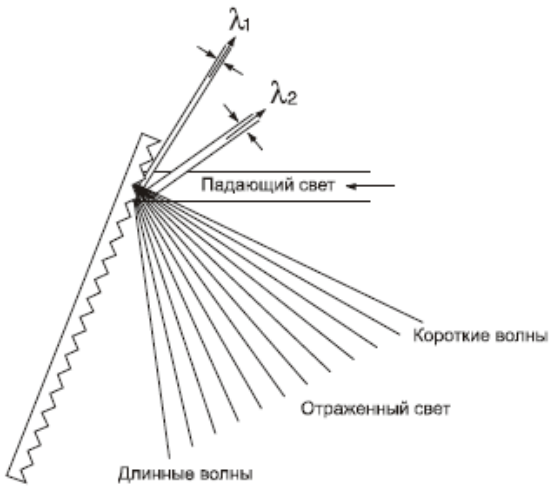


Рис. 3. Отражение составного сигнала дифракционной решеткой

Одним из основных преимуществ дифракционных решеток является их высокая точность в разделении длин волн, что делает их незаменимыми для систем с высокой пропускной способностью и плотностью каналов. Но из-за необходимости тщательного контроля разности фаз и поляризации падающего оптического излучения они сложны в производстве и имеют высокую стоимость, а также особо чувствительны к загрязнению и повреждениям поверхности.

FBT-разветвители создаются путем сплавления и вытягивания двух или более оптических волокон, что приводит к образованию устройства с заданными характеристиками. Они просты в производстве и применяются в системах грубого спектрального мультиплексирования (CWDM) [2]. На рис. 4 показан пример конструкции, где два FBT-разветвителя расположены последовательно.



Рис. 4. Входной сигнал распределяется между двумя выходами

Если составной входной сигнал содержит оптические каналы двух различных длин волн, то при определенном подборе параметров эти каналы на выходе окажутся в разных выходных волокнах. Второе входное волокно не используется. Массивы таких устройств используются для выделения каналов определенной частоты из многоканальных систем WDM и DWDM или для добавления каналов в какомлибо узле оптической сети.

Среди преимуществ FBT-разветвителей следует выделить простоту и низкую стоимость производства, и высокую надежность в простых сетях. Из-за своей конструкции разветвители имеют высокие вносимые потери, чувствительные к длине волны света и ограниченную возможность работы с большим количеством каналов.

Волноводные решетки AWG – это интегральные оптические устройства, которые используются для высокоточных систем плотного спектрального мультиплексирования (DWDM). Волноводные решетки обеспечивают компактность и возможность работы с высокой плотностью каналов, что делает их идеальными для сложных систем связи. Принцип действия основан на разнице хода волноводов, что приводит к разделению длин волн (см. рис. 5).

Входной сигнал, содержащий излучение различных длин волн, направляется во входной разветвитель, где он разделяется на N оптических лучей. Каждый из этих лучей проходит через отдельный волноводный канал. Все волноводные каналы в составе волноводной матрицы имеют разные длины, что приводит к внесению в сигнал различных фазовых сдвигов, зависящих от длины волны. Затем световые пучки из этих каналов снова объединяются в выходном разветвителе, где происходит их ин-

терференция, в результате которой излучение различных длин волн распределяется по разным выходным волноводам [1].

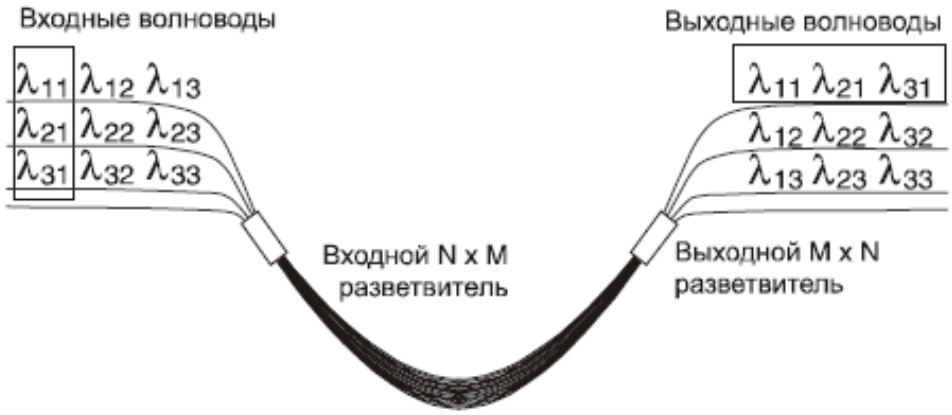


Рис. 5. Решетка на основе массива волноводов AWG – принцип работы

Преимуществом волноводных решеток является компактность и высокая плотность каналов, а также низкие потери при многоканальном разделении. Среди недостатков нужно выделить высокую сложность и стоимость изготовления из-за прецизионного контроля на всех этапах производства [3].

При более детальном сравнении типов оптических мультиплексоров можно выделить FBT-разветвители как наиболее подходящий вариант для применения в менее сложных системах CWDM. Основным преимуществом FBT-разветвителей является их простота конструкции и низкая стоимость производства. Благодаря технологии сплавления и вытягивания волокон, эти разветвители могут быть произведены с минимальными затратами, что делает их доступными даже для небольших компаний и проектов с ограниченными финансовыми ресурсами.

Несмотря на то, что FBT-разветвители уступают более сложным и дорогостоящим устройствам, таким как волноводные решетки AWG и тонкопленочные фильтры (TF), по таким характеристикам, как пропускная способность и вносимые потери, их функциональных возможностей достаточно для обеспечения стабильной работы в сетях, где высокая плотность каналов и минимальные потери не являются приоритетом. FBT-разветвители хорошо подходят для менее нагруженных сетей, где важна экономическая эффективность без значительных компромиссов по качеству.

Таким образом, использование FBT-разветвителей оправдано в тех случаях, когда технические требования сети не предъявляют строгих условий к полосе пропускания и изоляции каналов, но требуют оптимизации затрат. Их простота в установке и надежность в работе приносят дополнительную ценность при использовании в системах WDM. В связи с этим FBT-разветвители становятся предпочтительным выбором для таких применений, где экономия ресурсов является важным фактором.

Список используемых источников

1. Жирар А. Руководство по технологии и тестированию систем WDM. М.: EXFO, 2001. / Пер. с англ. под ред. А. М. Бродниковского, Р. Р. Убайдуллаева, А. В. Шмалько / Общая редакция А. В. Шмалько.
2. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы. 2-е изд., перераб. и доп. / Сб. статей под ред. Дмитриева С.А. и Слепцова Н.Н. М: ООО «Волоконно-оптическая техника», 2005. 576 с.
3. Шаньхун Ю, Синьвань Ли, Цзунминь Инь, Цинцзи Цзэн, Хуайцзюнь Цуй, Юнцзюнь Цзян: Институт оптических технологий «Пассивные компоненты CWDM, изготовленные по технологии FBT», 2016. 547 с.

Fomchenkob N. **WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING TECHNOLOGIES IN FIBER-OPTIC COMMUNICATION SYSTEMS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article examines the technologies of wavelength division multiplexing (WDM) in fiber-optic communication systems and their significance in modern telecommunications. A classification of the main types of optical multiplexers is presented. Their design features, advantages, and disadvantages are described in detail. A comparative analysis is conducted to determine the optimal conditions for the use of each type of multiplexer.

Key words: WDM, fiber-optic communication systems, multiplexers, telecommunications, optics.

УДК 621.39
ГРНТИ 49.44.29

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРОВ ROADM В ПЕРСПЕКТИВНЫХСЕТЯХ DWDM

Д. А. Цветков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматривается применение мультиплексоров ROADM в перспективных сетях DWDM. Обсуждаются ключевые технологии и методологии, которые делают ROADM эффективным инструментом для управления трафиком и увеличения пропускной способности оптических сетей. Анализируются преимущества, такие как гибкость маршрутизации, возможность динамического распределения ресурсов и упрощение процесса обслуживания. Особое внимание уделяется последним достижениям и тенденциям в разработке ROADM, а также их роли в удовлетворении растущих требований к масштабируемости и надежности оптических сетей.

оптическая транспортная сеть, технология спектрального уплотнения, DWDM, оптический мультиплексор, реконфигурируемый мультиплексор ввода/вывода, ROADM

В последние годы с увеличением объема передаваемых данных и быстром развитии технологий скорость передачи информации становится наиболее важной характеристикой. Одной из ключевых технологий, которая позволяет эффективно справляться с растущими потребностями в пропускной способности, является мультиплексирование с использованием технологии DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). В этом контексте мультиплексоры ROADM (Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer) занимают особое место, обеспечивая высокую гибкость и масштабируемость сетей [1–5].

Современные системы реконфигурируемых оптических мультиплексоров (ROADM) предлагают возможность удаленного изменения конфигурации сети с использованием специализированного программного обеспечения, без необходимости вносить изменения в ее физическую инфраструктуру.

Мультиплексор ROADM представляет собой активное устройство или сетевой элемент, функционирующий как узел оптической сети и обеспечивающий возможность ввода/вывода любого (или нескольких) оптических каналов из спектра DWDM. Обычно узел ROADM состоит из двух независимых частей, отвечающих за функции ввода и вывода (drop/add) и коммутацию оптических каналов. Мультиплексор ROADM включает в себя системы контроля оптических каналов и линий, а также контроллер управления коммутаторами, который подключается к сети управления через отдельный сервисный канал. В мультиплексоре ROADM, как правило, отсутствуют ограничения на количество предоставляемых или вводимых оптиче-

ских каналов и на время их конфигурирования, что обеспечивает гибкое управление этими ресурсами.

В процессе строительства ROADM применяются управляемые многопортовые переключатели, селективно работающие по длине волны (Wavelength Selective Switch, WSS) (рис. 1). На вход WSS поступает групповой оптический сигнал, содержащий n спектральных каналов. WSS включает в себя блок управляемых коммутационных элементов, которые позволяют формировать N выходных сигналов, используя входные каналы в любом необходимом сочетании. Кроме того, WSS способно объединять каналы, поступающие с нескольких входов, на одном выходе.

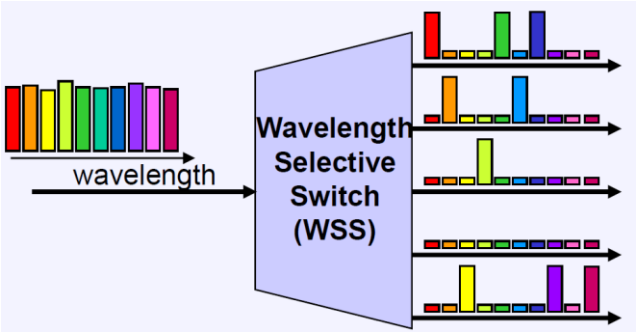


Рис. 1. Назначение WSS

Современные системы ROADM должны обеспечивать «бесконфликтность» (Contentionless), что позволяет одновременно поддерживать несколько сигналов на одной длине волны в одном блоке ввода/вывода, при условии, что из каждого направления будет передаваться только один сигнал. Для реализации концепции Contentionless ROADM используются новые поколения WSS N×M, которые обеспечивают независимую перенаправку сигнала любой длины волны с любого из M входных портов на любой из N выходных портов. На рис. 2 представлена структурная схема Colorless, Directionless и Contentionless ROADM.

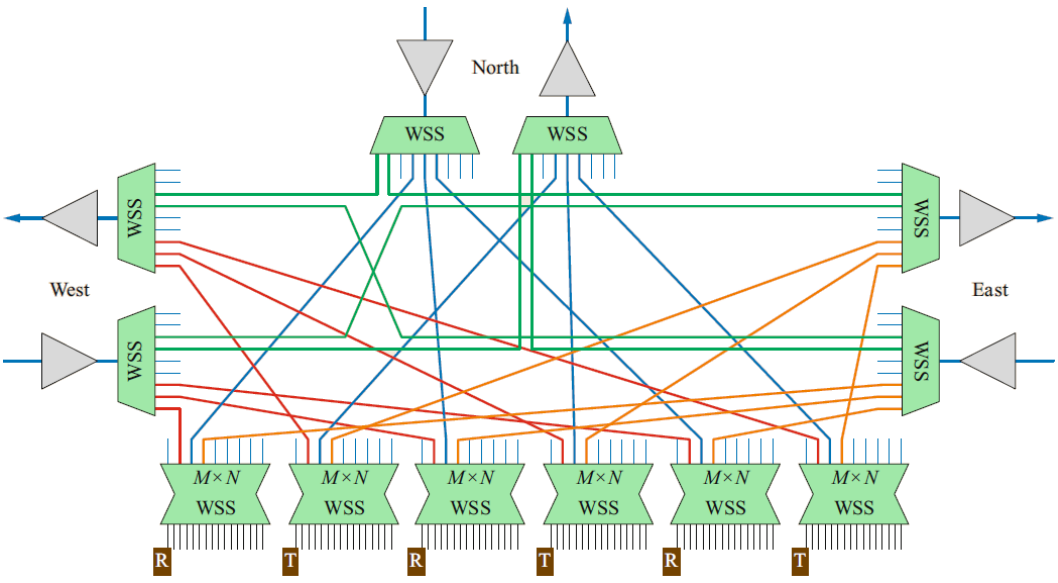


Рис. 2. Colorless & Directionless & Contentionless ROADM на 3 направления

Преимуществом использования ROADM в DWDM сетях является эффективное использование ресурсов благодаря возможности динамического добавления и удаления каналов. Что, в свою очередь, позволяет оптимально использовать пропускную способность имеющихся волокон. Это существенно снижает затраты на развертывание и обслуживание сетевой инфраструктуры.

Поскольку ROADM позволяет объединить множество оптических сигналов на одно волокно, это делает необходимым меньшее количество физического оборудования для обработки сигналов, что в свою очередь приводит к снижению затрат.

Список используемых источников

1. Mukherjee B. et al. (Eds.). Springer Handbook of Optical Networks. Springer Handbooks, 2020. 1182 p.
2. The Seven Vectors of ROADM Evolution. Технический бюллетень. Infinera Corporation, 2021. 13 с.
3. Фокин В. Г. Оптические мультиплексоры OADM/ROADM и коммутаторы PXC в мультисервисной транспортной сети: учебное пособие. Новосибирск: СибГУТИ. 204 с.
4. Nakasawa M., Kikuchi K., Miyazaki T., Eds., Optical and Fiber Communication Reports 6, High Spectral Density Optical Communication Technologies, Springer, P. 337, 2010.
5. Листвин В. Н., Трещиков В. Н. Л 63 DWDM системы: научное издание. М.: Издательский Дом «Наука», 2013. 300 с.

Tsvetkov D. **OVERVIEW OF THE USE OF ROADM MULTIPLEXERS IN PROMISING DWDM NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses the use of ROADM multiplexers in promising DWDM networks. The key technologies and methodologies that make ROADM an effective tool for traffic management and increasing the bandwidth of optical networks are discussed. Advantages such as routing flexibility, the ability to dynamically allocate resources and simplify the maintenance process are analyzed. Special attention is paid to the latest achievements and trends in the development of ROADM, as well as their role in meeting the growing demands for scalability and reliability of optical networks.

Key words: Optical transport network, spectral sealing technology, DWDM, optical multiplexer, reconfigurable I/O multiplexer, ROADM.

Микроволновая техника: материалы, компоненты, устройства

УДК 621.396.679.4
ГРНТИ 47.45.99

СПОСОБЫ ПИТАНИЯ ПАТЧ-СТРУКТУР

Е. А. Болдырев, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе проводится рассмотрение разных способов подключения патч-антенн к генератору, исследуется коаксиальный и микрополосковый способ. В работе так же рассматривается влияние питания на характеристики антенны.

СВЧ, патч-антенна, микрополосковое и коаксиальное питание, питание патч-антенны

1. Патч-антенны

Патч-антенны (микрополосковая печатная антенна, patch-antenna) обладают рядом значительных преимуществ, делающих их незаменимыми в различных современных устройствах различных областей, таких как беспроводные коммуникации, радиолокация и спутниковая связь. Их компактность и легкость изготовления позволяют легко интегрировать их в портативные устройства и печатные платы, что снижает затраты и упрощает массовое производство. Кроме того, патч-антенны обеспечивают высокую направленность и эффективность излучения [1], что важно для точности и минимизации помех. Кастомизация параметров, таких как размеры патча и диэлектрическая постоянная подложки, позволяет адаптировать антенны под конкретные требования, включая многополосную работу. Низкий профиль и стабильные характеристики излучения делают их подходящими для использования в устройствах с ограниченным пространством.

Патч-антенна состоит из плоского металлического проводника, расположенного над заземленной подложкой. Патч-антенна обычно выполняется в виде печатной платы и размещается на верхней части диэлектрической подложки с относительной диэлектрической проницаемостью. Линия передачи антенны и ее заземление выполняются из металла с высокой проводимостью, например из меди [2]. Толщина подложки значительно меньше рабочей длины волны, что помогает минимизировать потери и улучшить эффективность антенны. Это также способствует более ком-

пактной конструкции, что особенно важно для портативных и встроенных устройств [3, 4].

2. Способы питания патч-антенн

Питание патч-антенн является критически важным аспектом их конструкции и функциональности. Существует несколько методов питания патч-антенн, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества. Для примера рассмотрим более популярный микрополосковый способ питания и сравним его с коаксиальным.

Микрополосковое питание одно из наиболее популярных методов питания патч-антенн благодаря своей простоте и эффективности. Этот тип питания представляет собой плоскую металлическую полоску, расположенную на диэлектрической подложке. Линия передачи может подключаться непосредственно к краю патча или через небольшой вырез (инсет) на краю патча. Метод инсета улучшает согласование и позволяет более гибко настраивать характеристики антенны. Однако, несмотря на простоту этого метода, может требоваться более точная настройка для достижения оптимального значения согласования.

Микрополосковое питание патч-антенн обладает рядом преимуществ и недостатков. Среди преимуществ можно выделить простоту изготовления, так как микрополосковые линии легко интегрируются в печатные платы, что заметно снижает затраты и упрощает массовое производство. Этот метод также обеспечивает хорошее согласование, особенно при использовании инсет-фида, что позволяет более гибко настраивать характеристики антенны. Компактность микрополосковых линий делает их идеальными для использования в портативных устройствах. Однако, у микрополоскового питания имеются и свои недостатки, такие как ограниченная полоса пропускания, что может ограничить его использование в широкополосных устройствах. Кроме того, этот метод чувствителен к точности изготовления, что требует высокой точности при производстве для достижения оптимальных характеристик.

Коаксиальное питание является популярным методом, среди устройств требующих высокой надежности и широкой полосы пропускания. Этот метод включает использование коаксиального кабеля, состоящего из центрального проводника, диэлектрика и экрана. Центральный проводник подключается к патчу антенны, а экран к земляному плану. Один из распространенных способов подключения – пробивное питание (англ.: Probe Feed), при котором коаксиальный кабель подключается к патчу через отверстие в диэлектрической подложке.

Коаксиальное питание патч-антенн предлагает ряд преимуществ, таких как широкая полоса пропускания, что делает его идеальным для устройств, требующих передачи данных на высоких скоростях. Этот метод питания обеспечивает хорошее согласование и стабильные характеристики, что важно для стабильной работы антенны. Коаксиальные кабели известны своей надежностью и устойчивостью к внеш-

ним воздействиям и условиям, что делает их подходящими для использования в сложных условиях. Однако, коаксиальное питание имеет и свои недостатки. Пробивное питание может быть сложным в изготовлении, требуя точной настройки размеров отверстия и положения кабеля, что увеличивает сложность производства. Кроме того, использование коаксиальных кабелей и соединителей может увеличить стоимость и сложность конструкции, что делает этот метод менее экономным сравнительно с микрополосковым питанием.

Коаксиальный метод питания патч-антенны может быть предпочтительней микрополоскового в некоторых ситуациях по нескольким причинам. Во-первых, коаксиальное питание обеспечивает более широкую полосу пропускания, что делает его идеальным для устройств, требующих передачи данных на высоких скоростях или работы в широком диапазоне частот. Во-вторых, коаксиальные кабели известны своей надежностью и устойчивостью к внешним воздействиям, таким как механические нагрузки и электромагнитные помехи, что делает их подходящими для использования в сложных условиях эксплуатации. В дополнение, коаксиальные кабели обычно имеют меньшие потери сравнительно с микрополосковыми линиями, что улучшает эффективность излучения антенны. Однако, как упоминалось в недостатках, коаксиальное питание может быть сложнее в изготовлении и требует точной настройки размеров отверстия и положения кабеля, что увеличивает сложность производства и может повысить стоимость конструкции.

В данной работе рассматривался макет патч-антенны с коаксиальным способом питания. На рисунке 1 указан вид со стороны передающей антенны, а на рисунке 2 – со стороны заземленный подложки. Можно также отметить и слой диэлектрика, в данном случае металла с воздушной прослойкой между слоями макета.

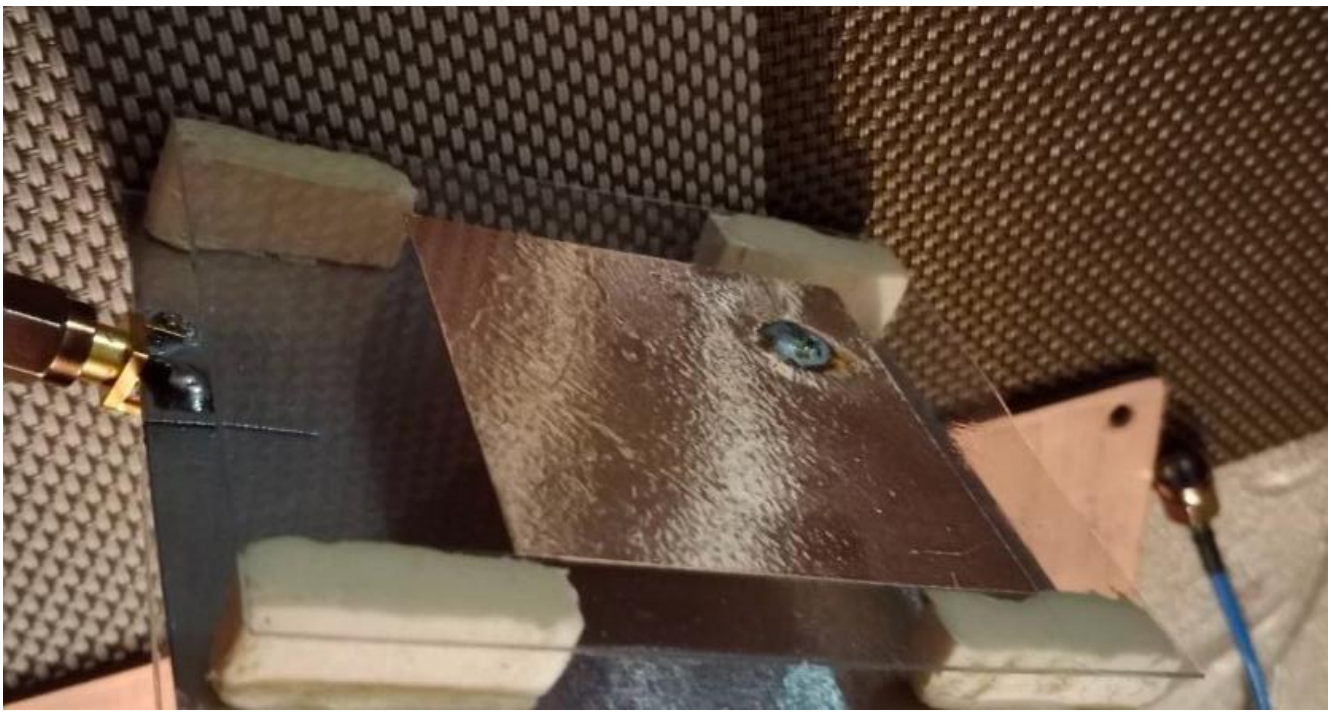


Рис. 1. Макет патч-антенны с коаксиальным способом питания (вид с передающей антенны)

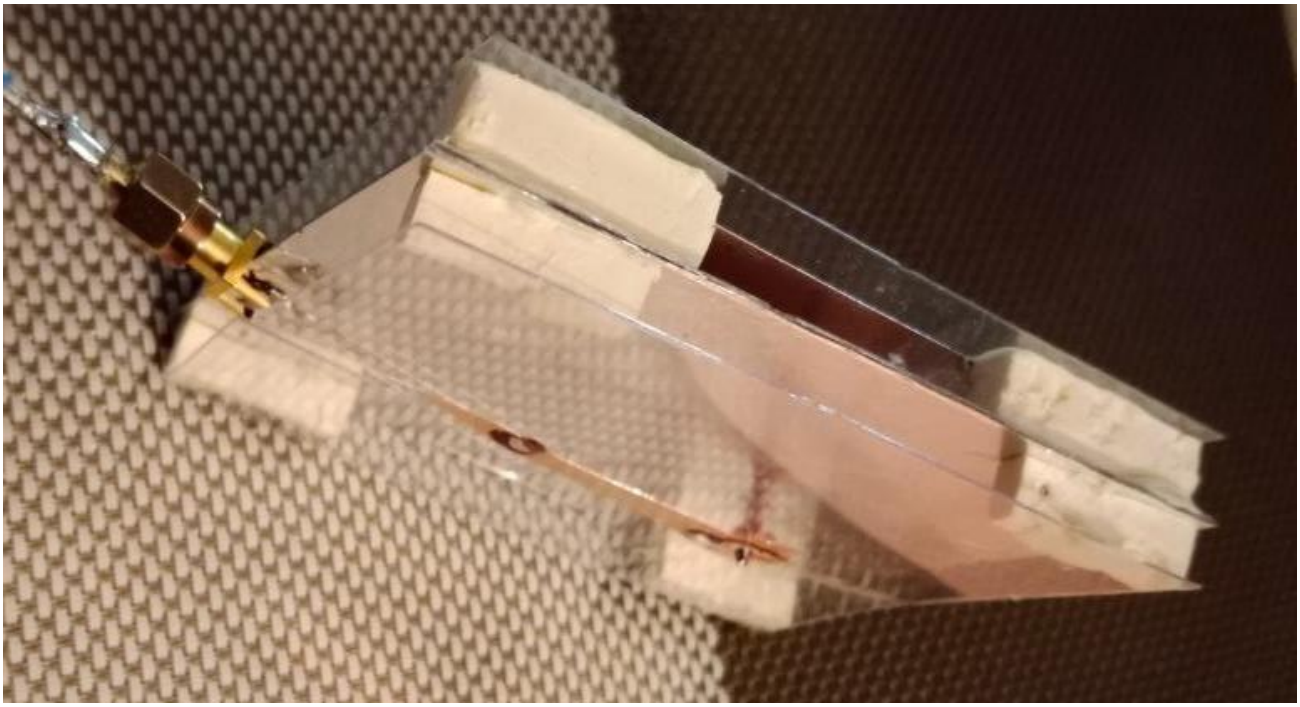


Рис. 2. Макет патч-антенны с коаксиальным способом питания (вид с заземленной подложки)

3. Влияние питания на работу СВЧ патч-антенны

Расположение точки питания на патче антенны влияет на распределение токов и напряжений по его поверхности. Это распределение определяет, как антенна излучает электромагнитные волны в пространство. Неправильное расположение точки питания может привести к неравномерному распределению токов, что оказывает влияние на диаграмму направленности антенны. Например, неправильно расположенная точка питания может вызвать увеличение боковых лепестков, что ухудшает направленность антенны и повышает шанс возникновения помех. В результате, основное направление излучения может измениться, что снижает эффективность антенны в заданном направлении. Это критично особенно для устройств, требующих высокой точности направленности, таких как радиолокация или спутниковая связь.

Неправильное расположение точки питания может снизить коэффициент усиления антенны, что ухудшает способность антенны эффективно передавать и принимать сигналы на большие расстояния. Это связано с тем, что неправильное расположение может вызвать неравномерное распределение токов и напряжений, снижая эффективность излучения. В результате, антенна может не использовать всю доступную мощность для излучения, что снижает ее общую производительность. Это особенно важно для устройств, требующих дальней передачи сигнала, таких как мобильные коммуникации или спутниковая связь.

Неудачное расположение точки питания может вызвать интерференцию и помехи, что ухудшает качество передачи сигнала. Это может быть связано с неравномерным распределением токов и напряжений, что приводит к нежелательным излу-

чениям и отражениям сигнала. В результате, сигнал может быть искажен или ослаблен, что снижает его качество. Это особенно проблематично в многополосных приборах, где интерференция между различными частотами может быть значительной. Например, в беспроводных сетях интерференция может привести к снижению скорости передачи данных и увеличению ошибок. В радиолокационных системах интерференция может ухудшить точность обнаружения и отслеживания объектов.

Полоса пропускания антенны определяет диапазон частот, в котором она может эффективно работать. Неправильное расположение точки питания может сузить эту полосу, что ограничивает способность антенны работать в широком диапазоне частот. Это связано с тем, что неправильное расположение может вызвать несогласованность импеданса и увеличить отражения сигнала, что снижает эффективность передачи энергии на определенных частотах. В результате, антенна может не работать должным образом на всех требуемых частотах. Это особенно важно для устройств, требующих передачи данных на высоких скоростях или работы в широком диапазоне частот, таких как современные беспроводные сети и системы связи.

Работоспособность макета антенны с коаксиальным способом питания проверялась путем измерения ее параметров на векторном анализаторе S-A-A V2 (рис. 3).

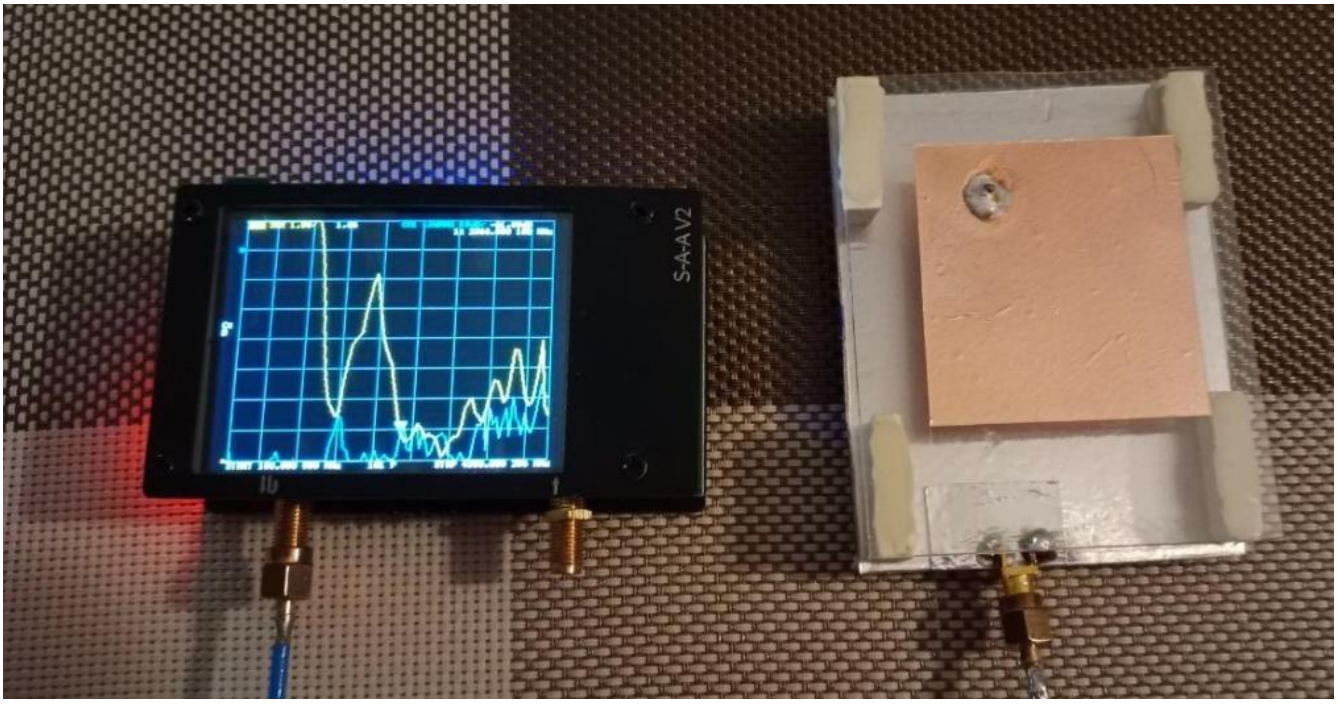


Рис.3. Результаты измерения параметров макета патч-антенны
с коаксиальным способом питания с векторного анализатора

Правильное расположение точки питания к патч-антенне является критически важным для достижения оптимальных характеристик и производительности антенны. Неправильное расположение может привести к ряду проблем, включая изменение диаграммы направленности, снижение коэффициента усиления, увеличение интерференции и помех, а также сужение полосы пропускания.

Список используемых источников

1. Стешковой А. С., Туровский А. В. // Малогабаритная патч-антенна СВЧ диапазона // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. Научный журнал. 2017. С. 2–4.
2. Панченко Б. А., Нефедов Е. И. // Микрополосковые антенны. М.: Радио и связь. 1986. 144 с.
3. Иванищева Е. Ф., Могилатов А. В., Седышев Э. Ю. // Пеленгатор на основе микрополосковой патч-антенны: материалы всерос. научно-метод. конф. ПКМ 2023, СПб, 6 дек. – 8 дек. 2023 г.: СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. С. 43–47.
4. Могилатов А. В., Седышев Э. Ю. // Пеленгатор СВЧ диапазона в объемном интегральном исполнении // Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; материалы конф., Санкт-Петербург 6 – 8 дек. 2022 г. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 44–47.

Boldyrev E., Sedyshev E. **WAYS TO POWER PATCH STRUCTURES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The paper examines various methods of connecting patch antennas to a generator, investigating both coaxial and microstrip feeding methods. The influence of the feeding method on the antenna characteristics is also considered.

Keywords: Microwave, patch antenna, microstrip and coaxial feeding, patch antenna feeding.

УДК 621.373.5
ГРНТИ 47.45.99

ФАЗОВЫЙ КОРРЕКТОР В ЦЕПИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ГЕНЕРАТОРА СВЧ ШУМА

Н. В. Верликов, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматривается вопрос синтеза генератора шума с фазовым корректором в цепи обратной связи, произведено макетирование схемы фазового корректора на сосредоточенных элементах, рассмотрены основные проблемы, возникающие при синтезе корректора, предложены пути решения этих проблем. Приведены результаты экспериментов по измерению СВЧ шума генератора с фазовым корректором в цепи положительной обратной связи.

генераторы, СВЧ, фазовый корректор

Схемы фазокорректирующих звеньев чаще всего используются вместе с фильтрами для исправления зависимости фазового сдвига от частоты до линейного вида. На низких частотах фазовые корректоры работают стабильно, и при их расчете не возникает особых сложностей. В области СВЧ данные структуры приобретают множество дополнительных проблем. Так, известно, что при переходе на более высокие частоты устройства имеют тенденцию уменьшаться в размерах, поэтому их производство оказывается значительно сложнее. Помимо этого, уменьшается допустимая погрешность ошибки, и небольшие неточности при физической реализации приводят к большим изменениям выходных характеристик.

Одно из важных свойств фазовых корректоров – это пропускание сигнала во всем диапазоне частот, поэтому любые изменения значений емкости и индуктивности, из которых они состоят, вносят фатальные поправки на полосу пропускания, а также на ФЧХ. Канонической структурой фазовых корректоров является мостовая схема (рис. 1) [1]. Если сравнить ее с эквивалентной схемой полосковой СВЧ линии (рис. 2), то можно заметить, что данные структуры очень похожи за исключением того, что порты земли у схемы фазовой корректуры расположены наоборот. Это приводит к мысли о том, что, используя обычную полосковую линию с таковыми параметрами емкости и индуктивности, которые нужны для определенного фазового корректора, а затем развернув линию земли наоборот – можно добиться достаточно точной конструкции. За счет того, что фазовые корректоры на СВЧ с широким диапазоном частот чувствительны к любым паразитным параметрам, то заранее рассчитанная линия с развернутой землей станет звеном фазовой корректуры, близкой к идеальной. При расчете СВЧ фазовых корректоров, значения их элементов выходят очень малыми, которых не добиться на сосредоточенных элементах, учитывая, что

между ними также нужно иметь связующие линии, которые имеют свои параметры емкости и индуктивности. Все это подводит к выводу о переходе на распределенные элементы для создания нужного фазового корректора.

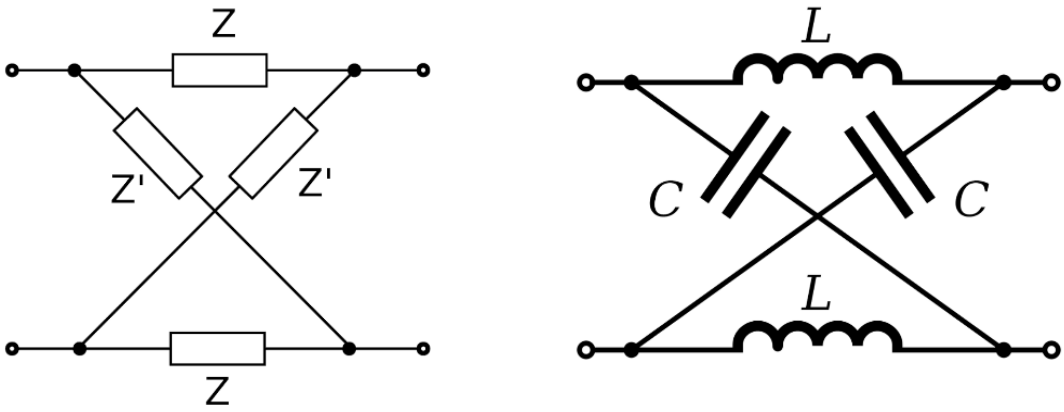


Рис. 1. Каноническая структура фазового корректора

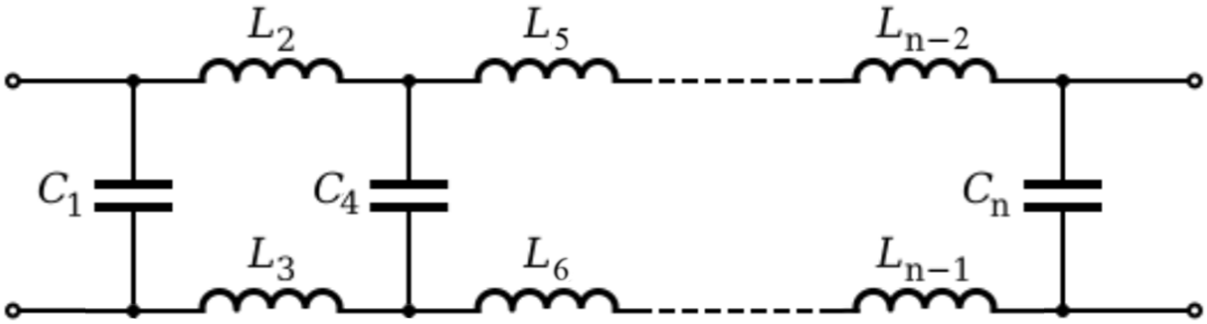


Рис. 2. Эквивалентная схема полосковой СВЧ линии

В Лаборатории синтеза СВЧ устройств СПбГУТ фрезерованием на станке с ЧПУ инженером С.И. Федоровым был изготовлен фазовый корректор на сосредоточенных элементах из двух индуктивностей и трех емкостей. Индуктивные элементы были выполнены в виде спиралей, а емкостные – навесными элементами. Макет генератора СВЧ шума с фазовым корректором в цепи положительной обратной связи (рис. 3) был полностью исследован (вариация номиналов и транзисторов). По результатам этих измерений (рис. 4) видно, как при некоторых значениях напряжения питания транзистор «пытается» начать шуметь, но затем все быстро затухает, то есть шум оказывается неустойчивым. Подобное явление можно объяснить тем, что мощности транзистора не хватает для того, чтобы выдать широкий спектр шума, поэтому окрашенный шум то возникает, то пропадает на разных частотах при разных напряжениях питания. Шум является бесконечным множеством сигналов случайной амплитуды, которые находятся на всех частотах, поэтому он вмещает в себя огромную энергию, и для достаточно широкополосной шумовой генерации нужен очень мощный транзистор, мощности которого хватит для того, чтобы выдать высокий уровень спектра шума в широком диапазоне частот [2].



Рис. 3. Макет генератора СВЧ шума с фазовым вращателем

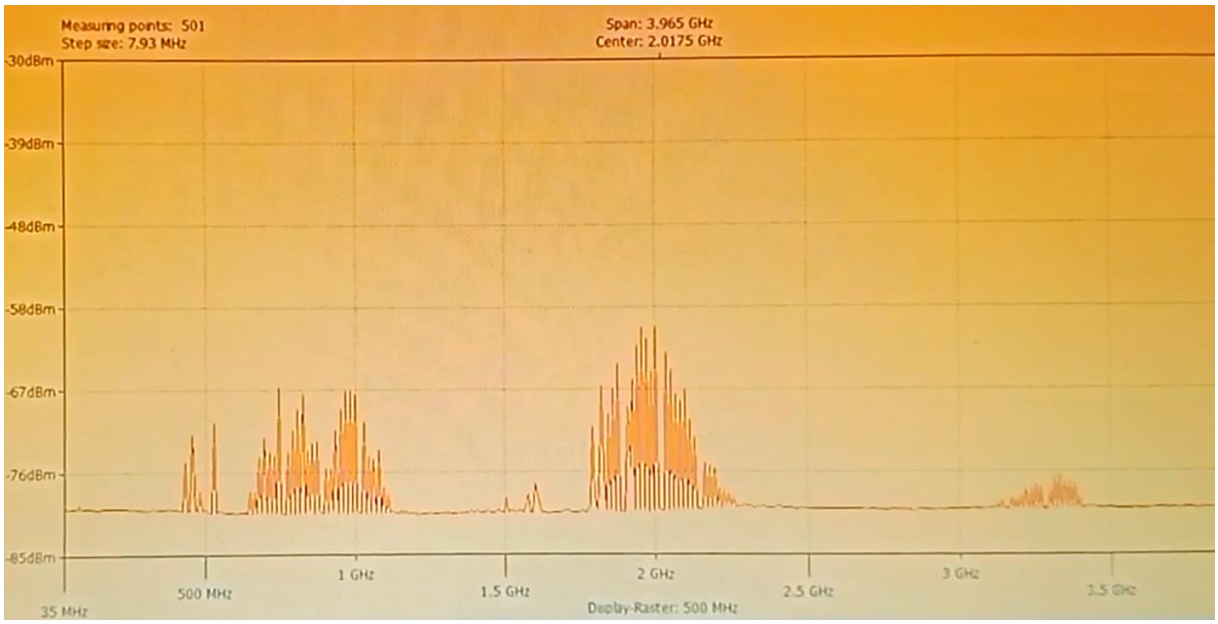


Рис. 4. Измерения генератора СВЧ шума

Результаты исследования макета дали положительный результат, но недостаточный, чтобы в полной мере называть полученное устройство генератором СВЧ шума. Проблемы, возникшие при его создании, различны. Выполненный макет оказался в некоторой части отличен по своим характеристикам по отношению к запланированной схеме. На рисунке 5 видна погрешность созданного макета фазового корректора. К примеру, две конструкции собственных элементов спиральных индуктивностей, которые должны были быть одинаковыми по геометрии, оказались различны. Так, ширина их линий и расстояние между полосками отличается на 150-300 мкм от расчетных, поэтому различие в значениях индуктивностей превышает 100 %. Из этого следует, что погрешности макетирования также могли повлиять на конечный результат.

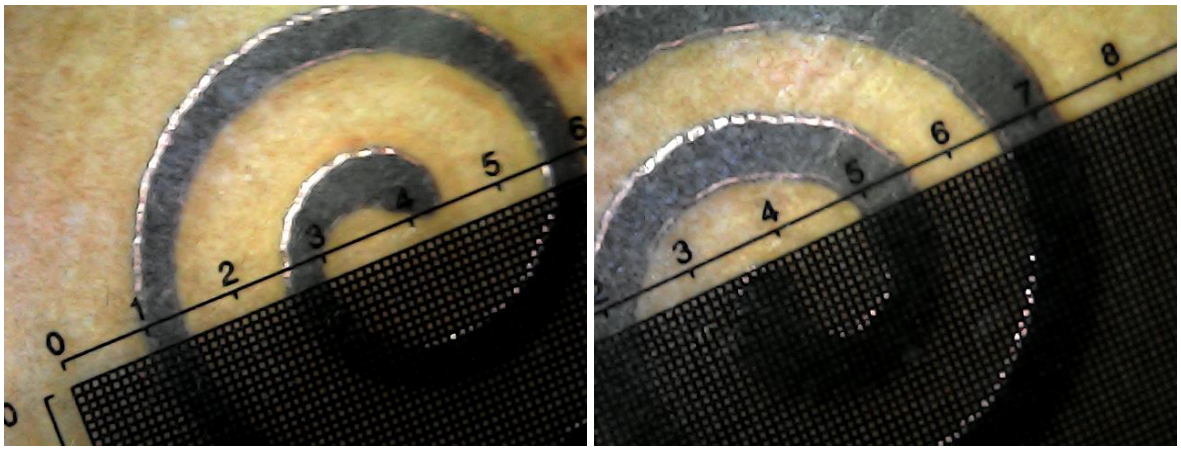


Рис. 5. Погрешность созданных индуктивностей

Генератор СВЧ шума может быть чрезвычайно полезен в различных приложениях и устройствах. При этом в качестве передающей структуры можно использовать широкополосную антенну [3].

В работе [4] было впервые исследовано воздействие низкочастотного шумового сигнала на СВЧ-генератор Колпитца в режиме детерминированных колебаний, где по результатам эксперимента был произведен переход в шумовую СВЧ генерацию при воздействии низкочастотного шума на цепь питания транзистора.

По итогам проделанной работы можно сделать вывод, что использование фазовых корректоров в диапазоне СВЧ перспективно и уже дает некоторые плоды, однако, как говорилось выше, от сосредоточенных элементов нужно избавляться, переходя на распределенные. Дальнейшими идеями развития генератора СВЧ шума являются использование более мощного активного элемента, а также создание устройства фазовой корректуры на распределенных элементах.

Список используемых источников

1. Белецкий А. Ф. Теория линейных электрических цепей: Учебник. СПб.: «Лань», 2017. 544 с.
2. Якимов А. В. Введение в физику шумов: Электронное учебное пособие. Нижний Новгород, 2016. 108 с.
3. Ларионова А. К. Исследование микроволнового генератора шума, нагруженного многозаходной спиральной структурой / А. К. Ларионова, Э. Ю. Седышев, С. И. Федоров // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2023. Т. 1. С. 672–676.
4. Мясин Е. А., Максимов Н. А., Котов В. Д. Одночастотный СВЧ - генератор на Si-Ge транзисторе под воздействием низкочастотного шумового сигнала. СВЧ электроника, 2019 (2). С. 8–9.
5. Верликов Н. В., Седышев Э. Ю. Гибридная интегральная схема генератора шума микроволнового диапазона. XIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. В 4-х томах. СПб., 2024. С. 515–517.
6. Верликов Н. В. Генератор шума на активном элементе с гибридной обратной связью. 78 РНТК “Студенческая весна - 2024”, 2024.
7. Верликов Н. В., Седышев Э. Ю. Выбор активного элемента для генератора шума СВЧ диапазона / Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей ПКМ-2023. С. 14–16.

Verlikov N., Sedishev E. **PHASE CORRECTION IN THE FEEDBACK CIRCUIT OF THE MICROWAVE NOISE GENERATOR.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In this paper the issue of synthesis of a noise generator with a phase corrector in a feedback circuit is considered, the layout of the phase corrector circuit on concentrated elements is performed, the main problems that arise during the synthesis of the corrector are considered and ways to solve these problems are proposed. The results of the experiments on measuring the microwave noise of a generator with a phase corrector in a positive feedback circuit are presented.

Ke ywords: generators, microwave, phase corrector.

УДК 621.372.21
ГРНТИ 47.45.99

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЬЦЕВОГО ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА СО СКАЧКОМ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

И. С. Воронков, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматривается кольцевой эллиптический резонатор, который в своей структуре имеет скачок волнового сопротивления. Основная задача исследования заключена в том, чтобы установить связь между характеристикой скачка и АЧХ. Скачкообразное изменение волнового сопротивление достигается за счет резкого изменения ширины МПЛ. Это меняется АЧХ исследуемого устройства относительного кольца на регулярной структуре.

СВЧ, нерегулярные линии, кольца, стоячая волна, бегущая волна

В данном исследовании рассматривается кольцевой эллиптический резонатор (КЭР), обладающий скачкообразным изменением волнового сопротивления. Задача работы – определить, как меняется частотная характеристика этого устройства в зависимости от изменения волнового сопротивления. Кольцевой эллиптический резонатор, созданный на основе микрополосковой линии, представляет собой металлическое кольцо, соединенное с питающей линией посредством гальванической связи [1]. Размер кольца и резонансная частота находятся в прямой зависимости друг от друга. В кольцевом эллиптическом резонаторе на регулярной структуре возникает смешанная волна. Если ограничить движение волны в определенном направлении, можно добиться режима бегущей волны. При наличии скачка волнового сопротивления, созданного с помощью изменения ширины полосковой линии, в кольце неизбежно возникает стоячая волна. Это происходит из-за того, что часть волны отражается от линии с другим волновым сопротивлением [2]. Изменение волнового сопротивления осуществляется путем варьирования ширины микрополосковой линии (МПЛ), что приводит к модификации амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) исследуемого устройства относительно кольца на регулярной структуре. В данном исследовании будет рассмотрена конфигурация кольца (рис. 1) с двумя скачками волнового сопротивления, при этом сами скачки расположены не зеркально, они смещены друг относительно друга на 135 градусов.

Кольцо резонатора было изготовлено в лаборатории синтеза СВЧ устройств СПБГУТ им. проф. М. А.Бонч-Бруевича (рис. 2). Материалами для него послужила медная фольга и подложка из полистирола с диэлектрической проницаемостью 2.4 (хорошо себя зарекомендовал в этом диапазоне диэлектрик Флан-4, он будет использоваться в последующих работах).



Рис. 1. 3D - макет исследуемого кольца

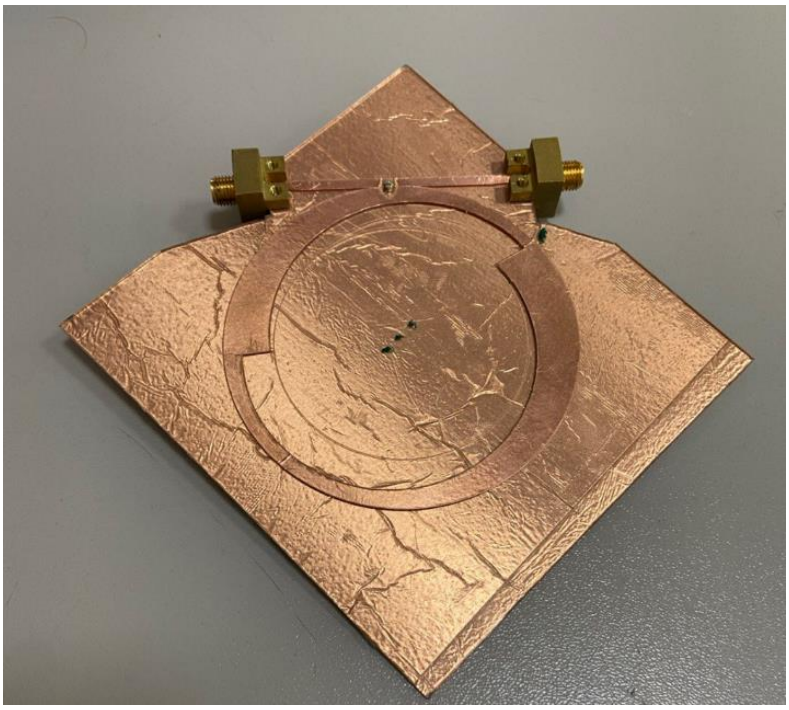


Рис. 2. Макет исследуемого кольца

Основная сложность в исследовании заключается в том, что при эмуляции колец используется матричный метод, который не дает возможности оценить электродинамические процессы, происходящие в кольце (направление движения волны). Несмотря на это мы можем оценить резонансные частоты.

Создадим модель, которая будет воспроизводить функционирование нерегулярного кольца (рис. 3), состоящего из 36 компонентов. Каждый элемент обладает своими уникальными свойствами.

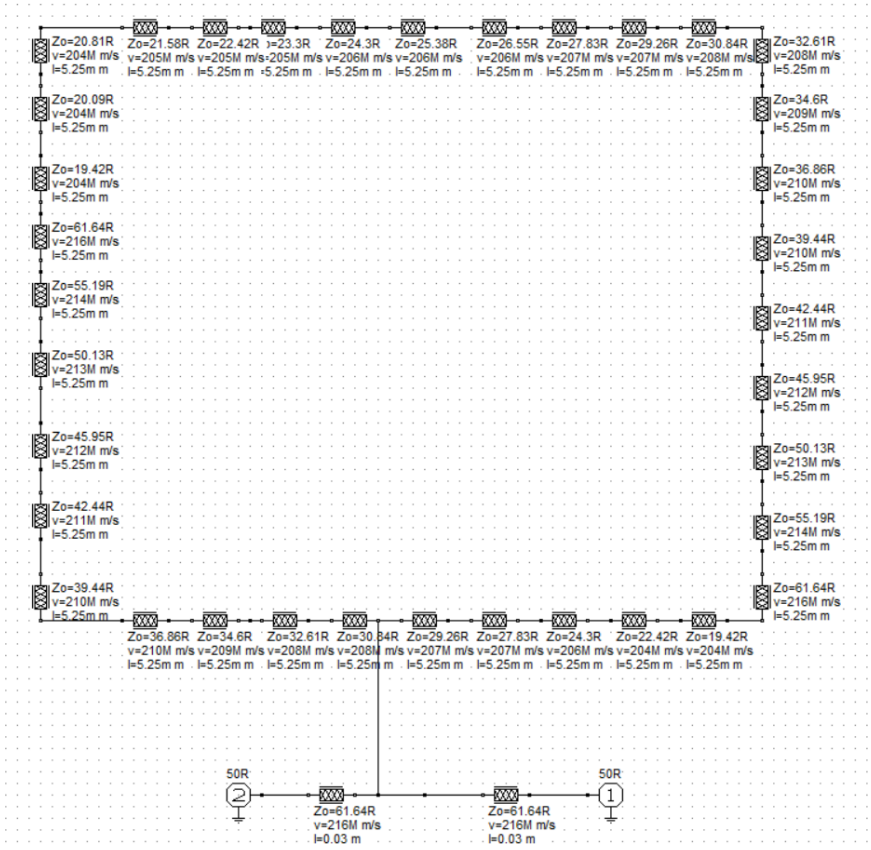


Рис. 3. Эквивалентная схема нерегулярного кольца

Эмуляция работы модели была осуществлена в программной среде RFsim99 (рис. 4) в диапазоне частот от 1 до 5 ГГц. Этот диапазон был выбран с учетом возможностей макетирования и измерений, имеющихся в лаборатории СВЧ СПБГУТ.

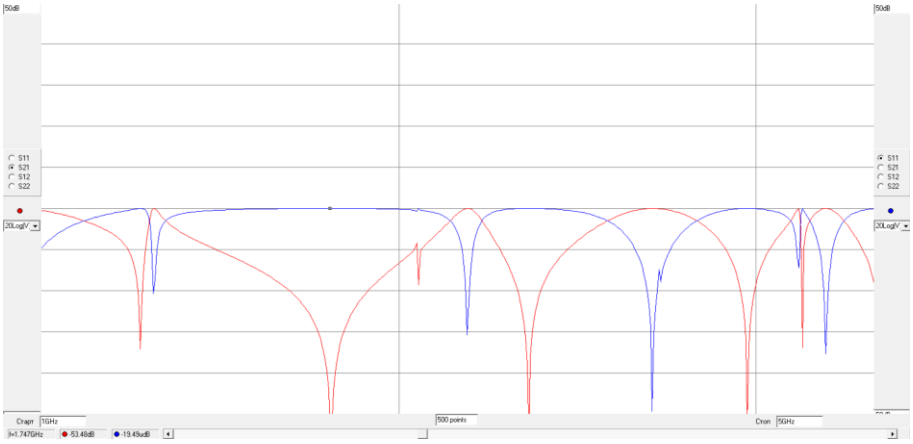


Рис. 4. АЧХ нерегулярного кольца

Так же в данной программе для сравнения было проэмулировано регулярное кольцо (рис. 5).

Далее представлены результаты экспериментальных измерений в том же диапазоне частот, что и при эмулировании в программном пакете RFSim. С помощью векторного анализатора цепей были сняты коэффициенты прохождения и коэффициент отражения по первому порту (рис. 6). Так же был получен график КСВН. (рис. 7).

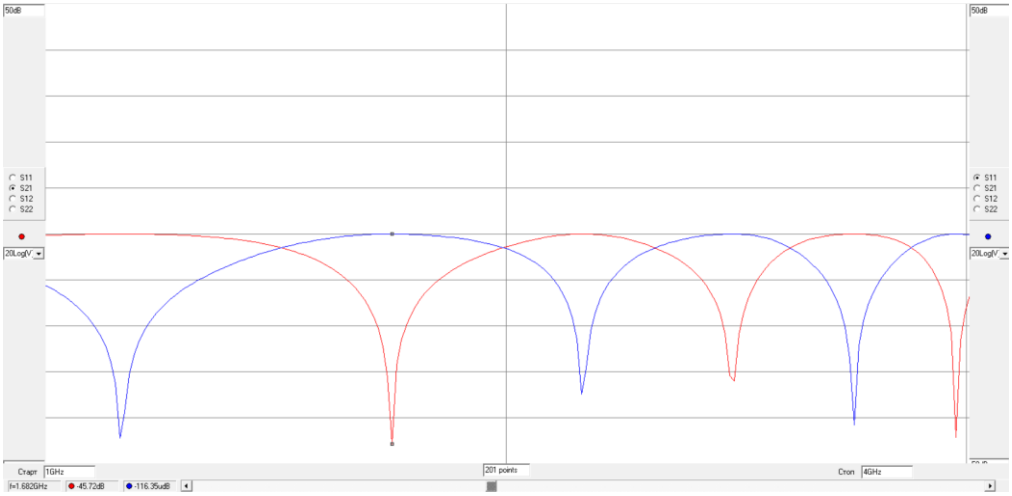


Рис. 5. АЧХ регулярного кольца

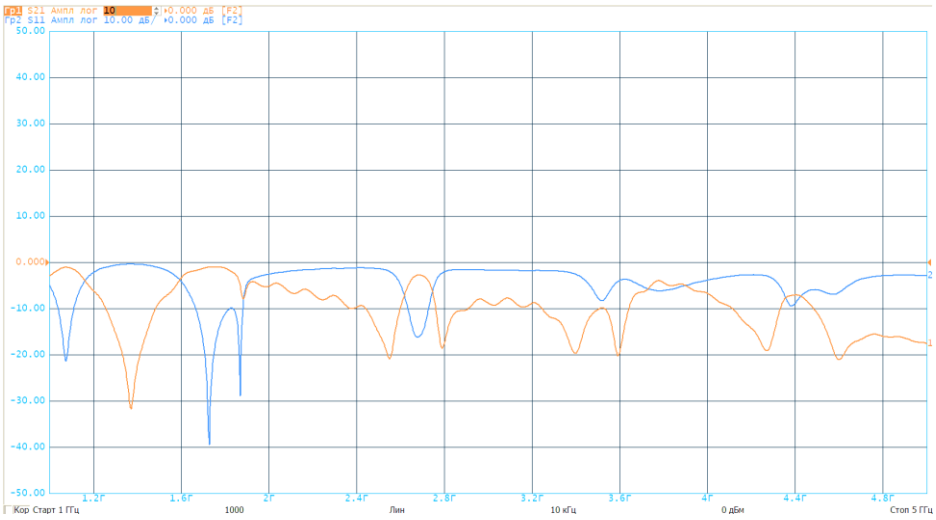


Рис. 6. S-параметры

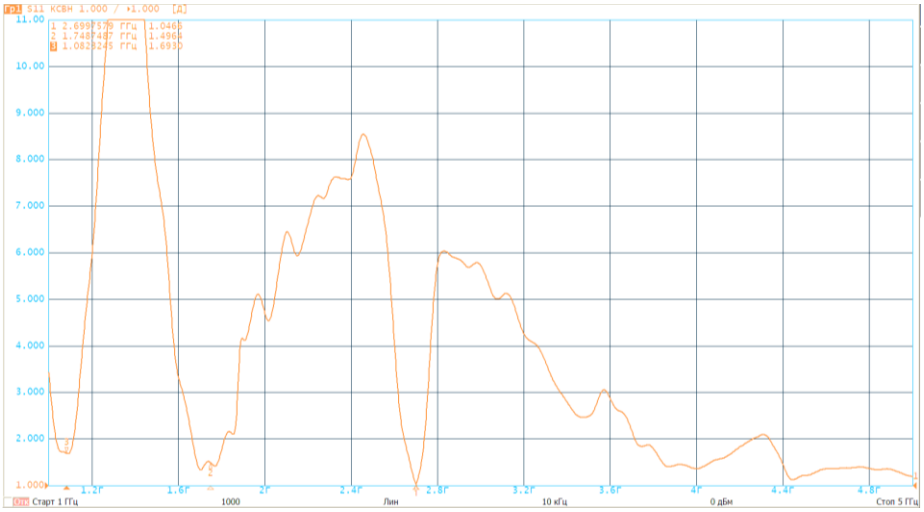


Рис. 7. КСВН

Важным фактором, влияющим на характеристику работы исследуемого устройства, является «точка питания». Программный пакет RFSim использует матричный метод, который заключается в построении матрицы из коэффициентов выражений,

а затем в создании обратной матрицы. Этот способ решения системы линейных уравнений Максвелла никак не учитывает место включения, так как для него это просто узел. Поэтому существует большая погрешность резонирующих частот в выбранном диапазоне. Так же для получения ярко выраженных резонансов необходимо согласовать порты устройства. При попытке согласования с помощью активного волнового сопротивления получить желаемое не удалось, так как необходимо было скомпенсировать мнимую часть. Этот метод заключается в выравнивании фаз напряжения и тока. Для этого к нагрузке (в нашем случае на порт) подключают параллельно реактивный элемент, чтобы разница в углах фаз стала равна нулю. Необходимо подключить такое реактивное сопротивление, какое присутствует в эквивалентной схеме нагрузки, только с противоположным знаком. Реактивное сопротивление емкости имеет отрицательный знак, индуктивности – положительный [3]. Для реализации данного метода необходимо было установить нужный элемент с металлизацией на землю, что не реализуемо в данном макете, так как он создан по технологии аппликаций.

Список используемых источников

1. Малорацкий Л. Г., Явич Л. Р., Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. М.: Советское радио, 1972. 132 с.
2. Иванищева Е. Ф., Седышев Э. Ю. Устройство направленного ответвления мощности на связанных нерегулярных линиях: материалы всерос. научно-метод. конф. ПКМ 2022, СПб, 6 дек. – 8 дек. 2022 г.: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2021. С. 56–61.
3. Гвоздев В. И., Нефедов Е. И. Объемные интегральные схемы СВЧ. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 256 с.

Voronkov I., Sedyshev E. **INVESTIGATION OF AN ELLIPTICAL RING RESONATOR ON AN IRREGULAR STRUCTURE WITH A SURGE IN WAVE RESISTANCE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In this paper, an annular elliptical resonator is considered, which has an abrupt change in the wave resistance. The main task of the study is to understand how the frequency response changes depending on the jump. An abrupt change in the wave resistance is achieved by changing the width of the MPL. Due to this, the frequency response of the studied relative ring device will change on a regular structure.

Key words: Microwave, irregular lines, rings, standing wave, running wave.

УДК 621.373.1
ГРНТИ 47.45.99

РАЗНОВИДНОСТИ ШУМОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ В СВЧ-ДИАПАЗОНЕ

И. И. Гавриков, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время одной из наиболее перспективных и важнейших задач радиоэлектронной борьбы и обеспечения защиты от несанкционированного отслеживания и/или прослушивания является устранение возможности возникновения разного рода каналов утечек информации. Одним из достаточно эффективных способов решения данной задачи является создание генератора шумового сигнала, работающего в СВЧ-диапазоне. В обсуждаемой работе описаны основные разновидности таких генераторов, принципы построения, преимущества и недостатки каждого из них.

генераторы шума, СВЧ-диапазон, лавинно-пролетные диоды, вакуумные элементы, широкополосные усилители, сверхширокополосные колебания, радиоэлектронная борьба

Генератор шума – устройство преобразования энергии постоянного тока в сигнал беспорядочных флуктуаций мощности, распределяющихся по случайному закону. Наиболее важными характеристиками описываемых устройств являются полоса частот выходного сигнала, равномерность спектральной плотности мощности, стабильность выходного уровня шумов с течением времени и средняя выходная мощность.

Генератор шума по своей сути является усилителем, который охвачен положительной обратной связью, входным каскадом которого служит радиоэлектронный компонент, создающий шумовые колебания. Структурная схема типового устройства представлена на рисунке 1.

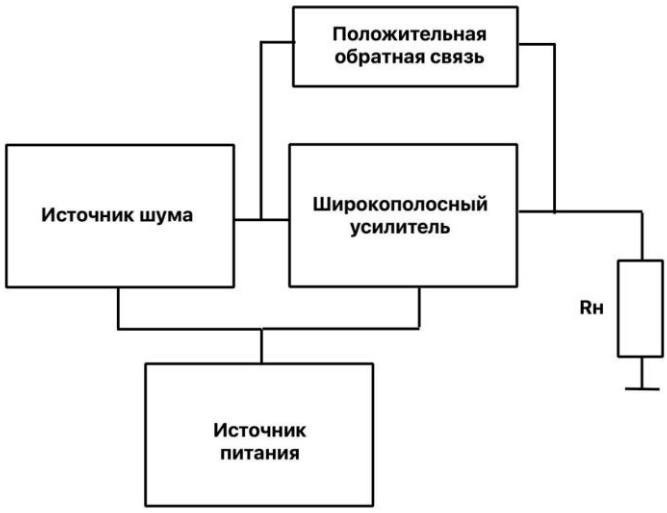


Рис. 1. Структурная схема генератора шума

Все генераторы шума отличаются в большей части источником случайных флуктуаций.

В настоящее время разработчики в качестве задающего элемента случайного сигнала могут использовать, как минимум, одну из трех разновидностей электронных компонентов, в которые входят: нагретые проволочные резисторы, лавинно-пролетные диоды (ЛПД), или вакуумные диоды. Использование первого типа элементов характеризуется тепловым механизмом возникновения, а второго и третьего – дробовым. Дробовой шум возникает в любых полупроводниковых устройствах и связан со случайным движением носителей заряда, тепловой же (шум Джонсона-Найквиста), зависит от температуры нагрева электропроводящего элемента.

Нагретые проволочные резисторы редко применяются в качестве задающего генератора, из-за важности температурного контроля проектируемого устройства.

ЛПД отличаются компактностью, что особенно важно при проектировании СВЧ-аппаратуры, более высоким КПД, а также возможностью генерации более высокочастотного шума и большей механической прочностью, однако не самой лучшей температурной стабильностью (вызывающей высокие значения пик-фактора на амплитудно-частотной характеристике), по сравнению с остальными источниками шума. На рисунке 2 представлены лавинно-пролетные диоды, использующиеся при проектировании СВЧ-оборудования, в том числе генераторов шума.



Рис. 2. Лавинно-пролетные диоды

Использование вакуумных диодов приводит к уменьшению температурной зависимости выходного шумового сигнала при изменении температуры окружающей среды, более широким спектром частот шума. Однако вакуумные диоды имеют меньший уровень мощности флуктуаций, невысоким значением КПД, большей хрупкостью и дороговизной. Типовой генератор шума приведен на рисунке 3.

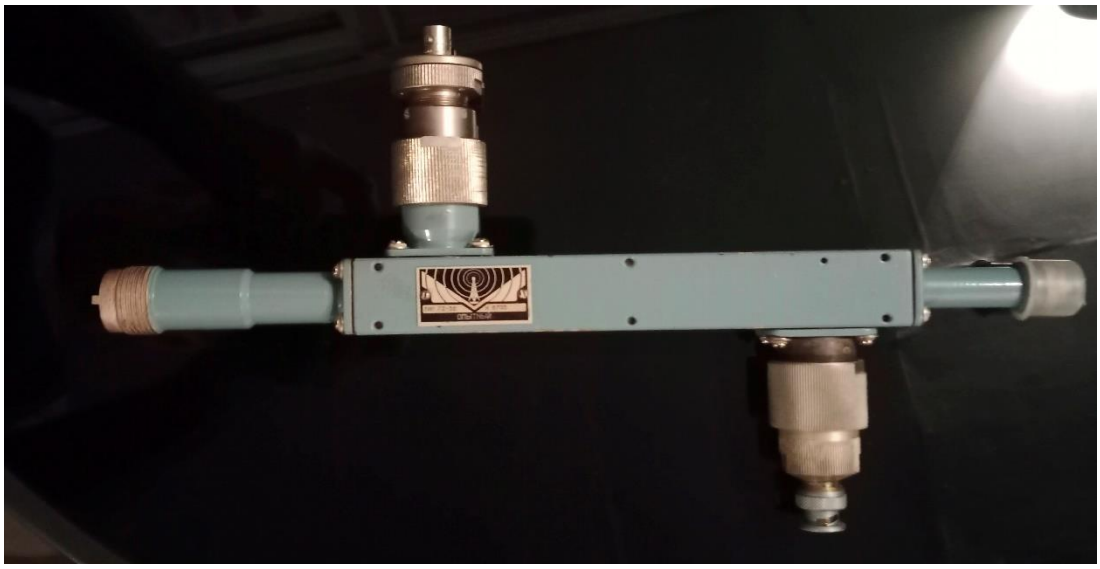


Рис. 3. Генератор шума на лампе ГШ-1

Обеспечение равномерной амплитудно-частотной характеристики является одной из самых важных и сложных задач при проектировании генераторов шума по ряду причин. Для достижения данной цели, целесообразно также взять во внимание грамотное построение блока усиления сигнала, выходящего с источника шума. В роли усиливающего каскада обычно используют широкополосные биполярные транзисторы, которые в основном используют при разработке СВЧ-аппаратуры.

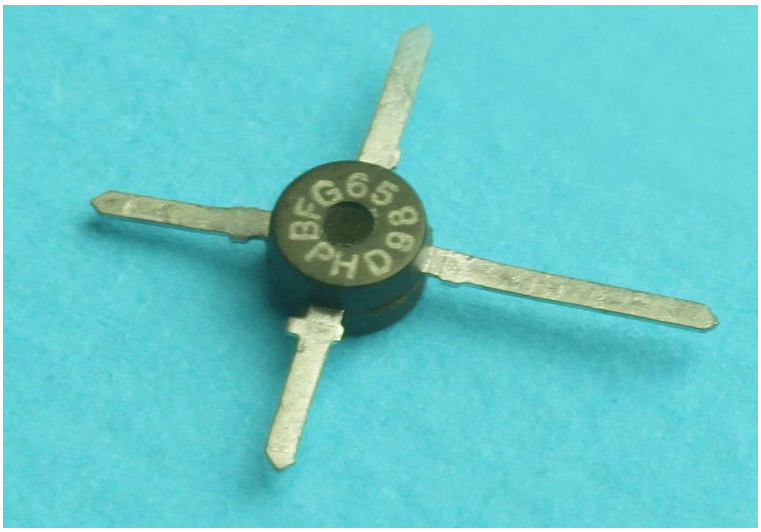


Рис. 4. Один из типов широкополосных транзисторов – BFG65

Таким образом, были рассмотрены основные принципы построения шумовых генераторов, описаны преимущества и недостатки всех типов источников шума.

Список используемых источников

1. Мясин Е. А. Генерация шума в одночастотном генераторе на лавинно-пролетном диоде миллиметрового диапазона длин волн под воздействием низкочастотного гармонического колебания // Письма в ЖТФ, 2021. Т. 47. Вып. 22. С. 1–5.
2. Корнилов С. А., Овчинников К. Д., Кислицын Э. Б. Источники 1/F-шума в лавинно-пролетных диодах из арсенида галлия // Журнал технической физики, 1997. Т. 67. № 8. С. 1–6.
3. Винокуров С. А., Кочемасов В. Н., Сафин А. Р. Генераторы шума (обзор) // Известия вузов России. Радиоэлектроника, 2023. С. 6–32.
4. Алексеев Ю. И., Демьяненко А. В., Малиев И. В. Генератор шума на лавинно-пролетном диоде // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2007. Вып. 3. С. 1–3.
5. Ларионова А. К., Седышев Э. Ю., Федоров С. И. Исследование микроволнового генератора шума, нагруженного многозаходной спиральной структурой // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2023. Т. 1. С. 672–676. EDN EHYKYB.
6. Радченко Д. Е., Калинин В. И., Котов В. Д., Любченко В. Е., Маречек С. В., Телегин С. А., Юневич Е. О. Генерация шумоподобного излучения СВЧ диапазона в одномерной решетке микрополосковых антенн-генераторов // Журнал радиоэлектроники, ISSN 1684-1719, N12, 2019 DOI 10.30898/1684-1719.2019.12.5.
7. Иванов В. П., Максимов Н. А., Панас А. И. Генератор сверхширокополосных шумовых СВЧ колебаний // Международная Крымская микроволновая конференция КрыМиКо, 2016.

Gavrikov I., Sedyshev E. **TYPES OF NOISE GENERATORS OPERATING IN THE MICROWAVE RANGE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

At present, one of the most promising and important tasks of electronic warfare and protection against unauthorized tracking and/or eavesdropping is the elimination of the possibility of various types of information leakage channels. Noise generators, especially those operating in the microwave range, can cope with this task perfectly. The work under discussion describes the main types of such generators, the principles of construction, advantages and disadvantages of each of them.

Key words: noise generators, microwave range, avalanche-transit diodes, vacuum elements, broadband amplifiers, ultra-wideband oscillations, electronic warfare.

УДК 537.86.029
ГРНТИ 47.45.31

ЭЛЕКТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫЙ АТТЕНЮАТОР KU-ДИАПАЗОНА

Р. С. Гуляев, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время Ku-диапазон широко применяется для обеспечения работы спутникового телевидения и навигации, радиолокации и радиосвязи. В данной работе представлена модель управляемого аттенюатора в виде объемной интегральной вставки в волновод.

Ku-диапазон, волновод, электрически управляемый аттенюатор, объемная интегральная схема

В настоящее время широко применяются системы, работающие в Ku-диапазоне. Ku-диапазоном называется диапазон сантиметровых волн с диной волны от 1,67 см до 3 см. На данный момент практически все частоты в области 10-18 ГГц заняты малыми спутниковыми станциями и телевещанием. Спутниковое вещание в Ku-диапазоне осуществляется главными российскими спутниковыми операторами, такими как ФГУП «Космическая связь» и АО «Газпром космические системы».

К способам управления усилением, получившим широкое распространение, относится введение в состав усилительных трактов сложных пассивных цепей, коэффициент передачи которых изменяется в заданных пределах в зависимости от условий приема информационного сигнала и особенностей его прохождения через усилительный тракт [1]. Такие цепи, называемые управляемыми аттенюаторами, выполняют в виде комбинации линейных резисторов и нелинейных элементов, сопротивление которых меняется под действием управляемого электрического, ручного или электромеханического воздействия. Аттенюатор, будучи включенным, в приемно-усилительный тракт дает возможность обеспечить требуемый характер управления коэффициентом усиления и уровнем выходного сигнала. Управляемый аттенюатор может быть отнесен к классу систем управления усилением. В зависимости от назначения аппаратуры, в состав которой входит приемно-усилительный тракт, и от условий ее работы управление параметрами элементов аттенюатора может быть механическим либо электрическим [2].

В работе рассматривается устройство управления мощностью Ku-диапазона. Разрабатываемая ОИС СВЧ должна влиять на сигнал во всей полосе частот. Данная волноводная вставка работает следующим образом: энергия собирается на одной пластине и через элемент управления передается на пластину с другой стороны. Две пластины – это аналоги волноводных штырей, которые должны работать в полосе

частот, а не на одной определенной частоте. Элементом управления в схеме является p-i-n-диод, работа которого регулируется подаваемым на него напряжением. Модель разработанной ОИС представлена на рис. 1. На передней стороне шлейф представлен ниже.

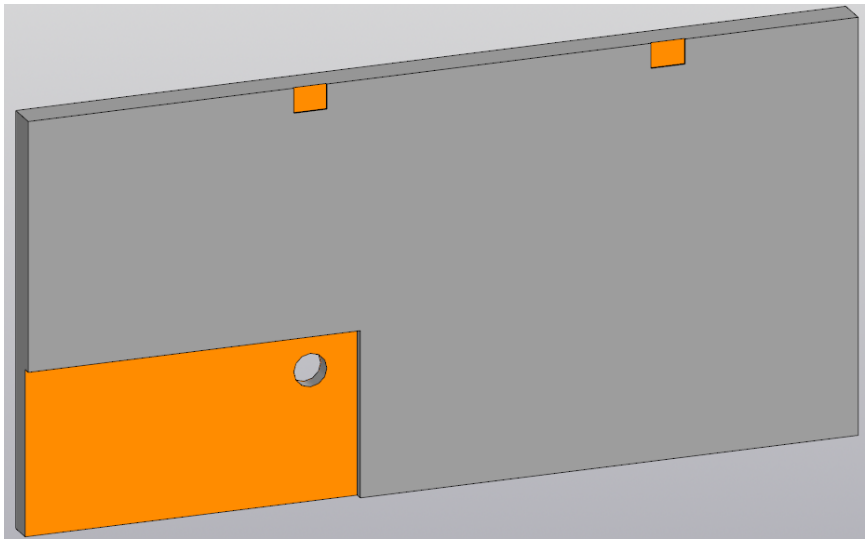


Рис. 1. Передняя часть разработанной ОИС

На обратной стороне шлейф находится на некотором отдалении, как показано на рис. 2.

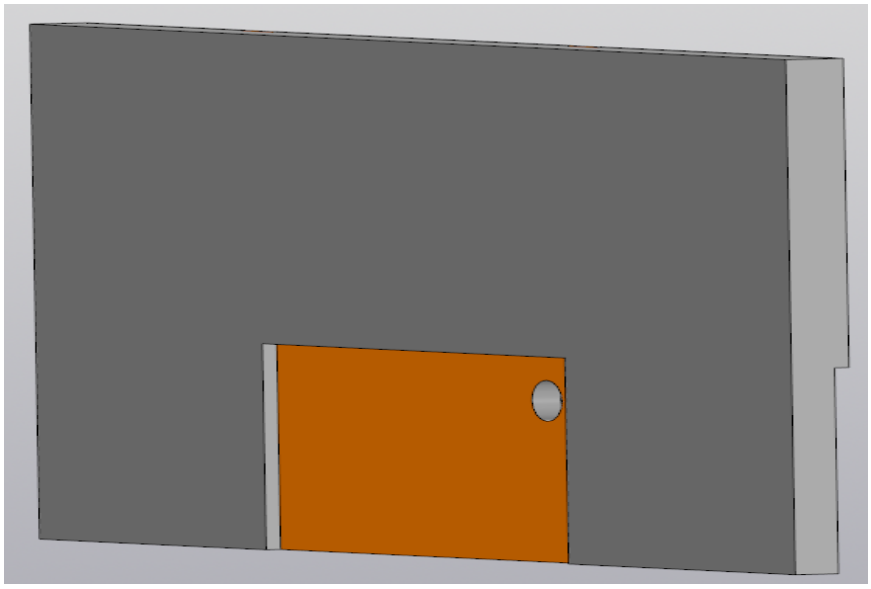


Рис. 2. Обратная часть разработанной ОИС

Был проведен эксперимент по изучению, как глубина погружения пластины влияет на ослабление сигнала (АЧХ). Также исследовано, как меняется АЧХ прямоугольного волновода при подаче на ИС напряжения. Результаты эксперимента представлены в таблицах 1,2 и 3. Графическое представление результатов можно увидеть на рис. 3, 4 и 5.

ТАБЛИЦА 1. Полное погружение пластины

U, В	Ослабление, дБ
0	-26.11
0.5	-27.1
0.8	-27.1
1.2	-27.1
1.6	-27.2
2	-27.2
3.8	-27.2
5	-27.3

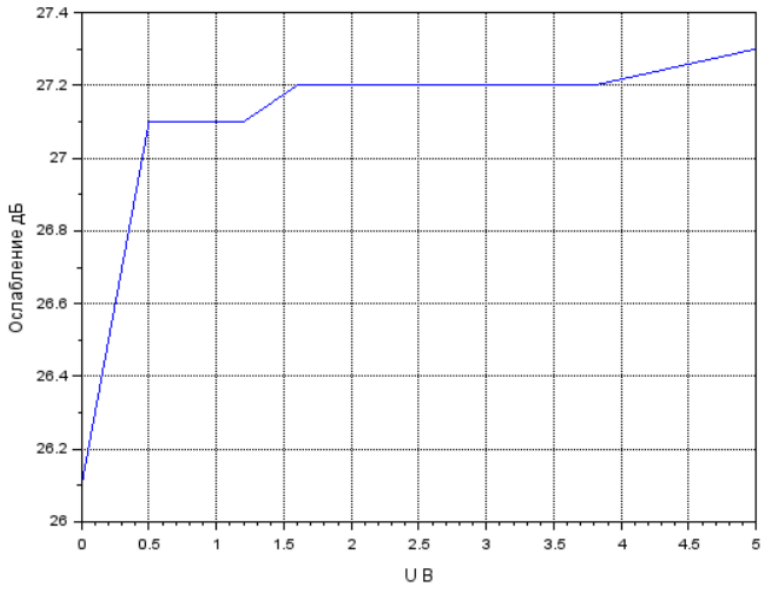


Рис. 3. График зависимости ослабления от подаваемого напряжения на диод при полном погружении волноводной вставки

ТАБЛИЦА 2. Погружение пластины на половину

U, В	Ослабление, дБ
0	-15.4
1.4	-15.5
1.7	-15.6
1.9	-15.7
2	-15.8
2.3	-15.9
2.4	-16.1
2.5	-16.2
3.2	-16.4
3.3	-16.5
3.6	-16.6
4	-16.7

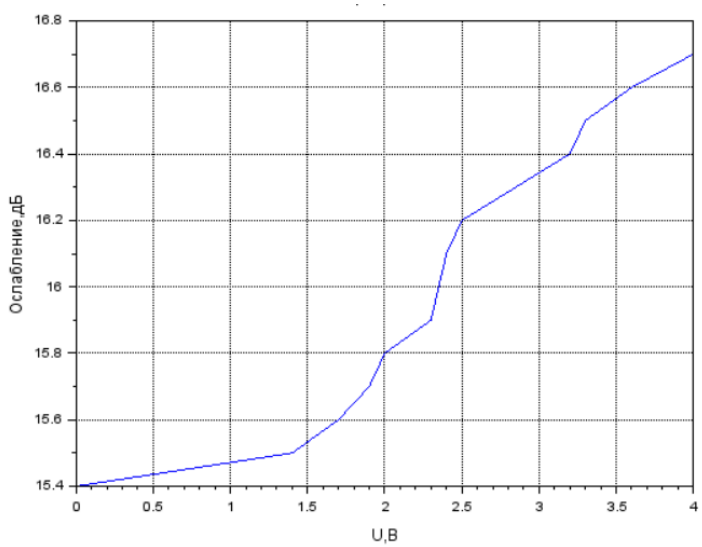


Рис. 4. График зависимости ослабления от подаваемого напряжения на диод при погружении волноводной вставки наполовину

ТАБЛИЦА 3. Погружение пластины на 3 мм

U, В	Ослабление, дБ
0	-14.9
0.3	-15.0
0.8	-15.0
1.5	-15.0
2	-15.0
3	-15.6
3.5	-15.7
4	-15.8
4.6	-15.9
5	-16.0

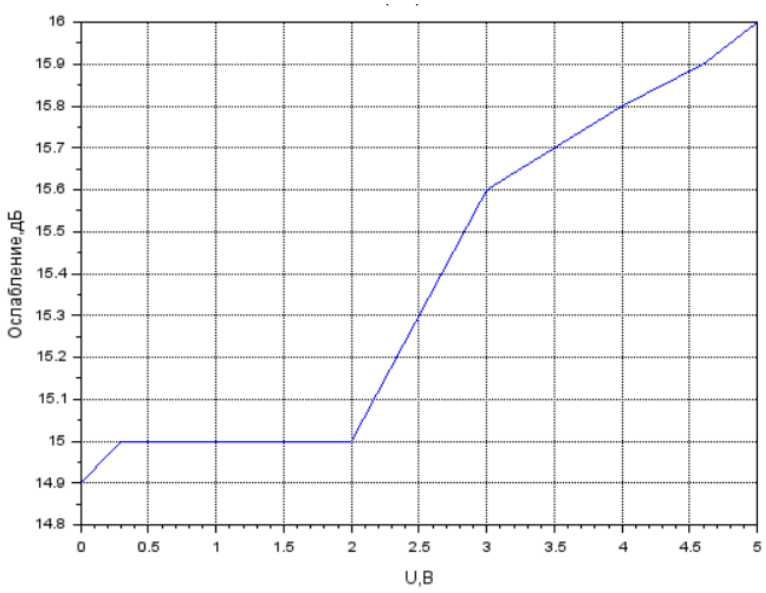


Рис.5. График зависимости ослабления от подаваемого напряжения на диод при погружении волноводной вставки на 3 мм

При погружении пластины на глубину до 3 мм и подаче напряжения на управляемый элемент волна "не видит" данное устройство и проходит пластину без ослабления.

Из результатов, приведенных выше, можно сделать вывод, что управление волной на данном этапе работы происходит неэффективно, так как ослабление не превышает 3 дБ, что недостаточно для управления волной.

Последние эксперименты показывают, что при изменении плоскости установки ОИС (Н-плоскость волновода) результат остается малоэффективным, так как ослабление достигает еще меньших величин вне зависимости от степени погружения в волновод.

В настоящее время доказана возможность управления уровнем сигнала с помощью вставки в волновод (не требует создания специальной секции) интегральной схемы СВЧ с управлением напряжением.

Список используемых источников

1. Крылов Г. М., Хоняк Е. И., Тынынька А. Н. и др. М.: Радио и связь Управляемые аттенюаторы 1985, 120 с.
2. Вабищевич Д. А. Влияние параметров pin-диода на излучение щели в волноводе: материалы конференции ПКМ 5 – 7 декабря 2020. С. 46.

Gulyaev R., Sedyshev E. **ELECTRICALLY CONTROLLED KU-BAND ATTENUATOR.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Currently, the KU band is widely used to ensure the operation of satellite television and navigation, radar and radio communications. This paper presents a model of a controlled attenuator in the form of a volumetric integral insert into a waveguide.

Key words: KU-band, waveguide, electrically controlled attenuator, volumetric integrated circuit.

УДК 621.314.263
ГРНТИ 47.45.99

ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ В ДИАПАЗОНЕ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

А. Н. Коробейников, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Вот уже многие десятилетия прямая обработка сигналов в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ) остается проблематичной в связи со сложностью оборудования способного работать на таких частотах. Одним из наиболее популярных подходов является преобразование частоты с использованием частотных смесителей на основе нелинейных элементов, таких как диоды или транзисторы. О проблематике их использования пойдет речь в данной статье.

СВЧ, радиочастотные смесители

Сверхвысокие частоты (300 МГц-300 ГГц) [1] прочно вошли в нашу жизнь и используются повсеместно. В основном это системы телекоммуникаций, однако, они находят применение и в других сферах, например медицине и радиоастрономии. Многие цифровые системы уже используют тактовые частоты свыше 300 МГц, однако проблема обработки СВЧ сигналов стоит все также остро в силу трудности проведения ее напрямую. В связи с этим, множество устройств обработки, приема и передачи СВЧ сигналов используют частотное преобразование с помощью смесителей для переноса спектра принятых или передаваемых сигналов в более удобный частотный диапазон. Однако, смесители частот не лишены недостатков, что побуждает разработчиков на поиск новых схемотехнических и топологических решений.

СВЧ-смесители находят широкое применение в областях, где требуется понижение или повышение частоты, например для задач анализа, обработки или передачи сигналов. Современная тенденция к цифровой обработке сигналов зачастую требует понижения частоты до уровня, доступного для аналого-цифрового преобразования (АЦП), так как прямое АЦП для высокочастотных сигналов остается дорогостоящим и часто ограничено в производительности из-за высокой стоимости микросхем, способных выполнять такую задачу в СВЧ-диапазоне. С цифро-аналоговым преобразованием (ЦАП) ситуация несколько иная – требуется перенести синтезированный сигнал в нужный (часто более высокий) диапазон, например для беспроводной передачи [2].

Основной функцией смесителя является преобразование частоты входного сигнала посредством подачи его вместе с частотой гетеродина на нелинейный элемент, что позволяет получить комбинационные составляющие в спектре выходного сиг-

нала. Наиболее просто работу смесителя можно объяснить на примере подачи суммы двух колебаний на нелинейный элемент с идеальной квадратичной характеристикой:

$$V_{in} = Acos(\omega_1 t) + Bcos(\omega_2 t), \text{ тогда}$$

$$V_{out} = (V_{in})^2 = (Acos(\omega_1 t) + Bcos(\omega_2 t))^2$$

где V_{in} – входной сигнал;

ω_1 – частота первого колебания;

ω_2 – частота второго колебания или частота гетеродина;

A – амплитуда первого колебания;

B – амплитуда второго колебания;

t – время;

V_{out} – выходной сигнал.

Далее проводим математические преобразования:

$$V_{out} = \frac{A^2}{2} + \frac{B^2}{2} + \frac{A^2}{2}cos(2\omega_1 t) + \frac{B^2}{2}cos(2\omega_2 t) + ABcos(\omega_1 + \omega_2)t + ABcos(\omega_1 - \omega_2)t$$

Получаем следующие комбинационные составляющие в спектре выходного сигнала:

$\frac{A^2}{2} + \frac{B^2}{2}$ – постоянный ток;

$(\omega_1 - \omega_2)$ – разностная частота;

$(\omega_1 + \omega_2)$ – суммарная частота;

$2\omega_1$, $2\omega_2$ – удвоенные частоты входных колебаний.

Однако, зачастую, характеристики нелинейных элементов далеки от идеальной степенной функции и могут давать дополнительные комбинационные составляющие, что сказывается на качестве выходного сигнала. Также, не всегда требуется получить на выходе удвоенные частоты гетеродина или входного сигнала. Это побуждает разработчиков на синтез более совершенных схем и топологий смесителей. В настоящее время существующие схемы можно поделить на несколько групп:

1. Пассивные смесители. Наиболее часто используют диоды, не усиливают сигнал и вносят затухание порядка 7-15 дБ. В этих схемах применяются диоды Шоттки, обеспечивающие быстрое переключение и низкие потери на высоких частотах. Смесители этого типа обычно демонстрируют низкий уровень шумов, но ослабляют сигнал, что может потребовать дополнительных каскадов усиления.

2. Активные смесители. Эти схемы включают транзисторы или усилители, которые обеспечивают некоторое усиление сигнала. Хотя активные смесители могут повышать уровень выходного сигнала и снизить потребность в дополнительных каскадах усиления, они иногда характеризуются более высоким уровнем шумов. В

большинстве активных смесителей применяются биполярные или полевые транзисторы, такие как HBT и GaAs FET.

3. Балансные смесители. Этот тип смесителей использует балансировочную топологию для минимизации гармоник гетеродина и входного сигнала. Они могут строиться как на диодах, так и на транзисторах, которые обычно включаются в кольцо. Такие смесители могут быть сложны в проектировании, но обеспечивают низкий уровень паразитных составляющих. Двойной балансный смеситель, например, использует два противофазных сигнала для компенсации гармоник и шумов. Пример схемы двойного балансного смесителя на диодном кольце представлен на рисунке 1 [3]

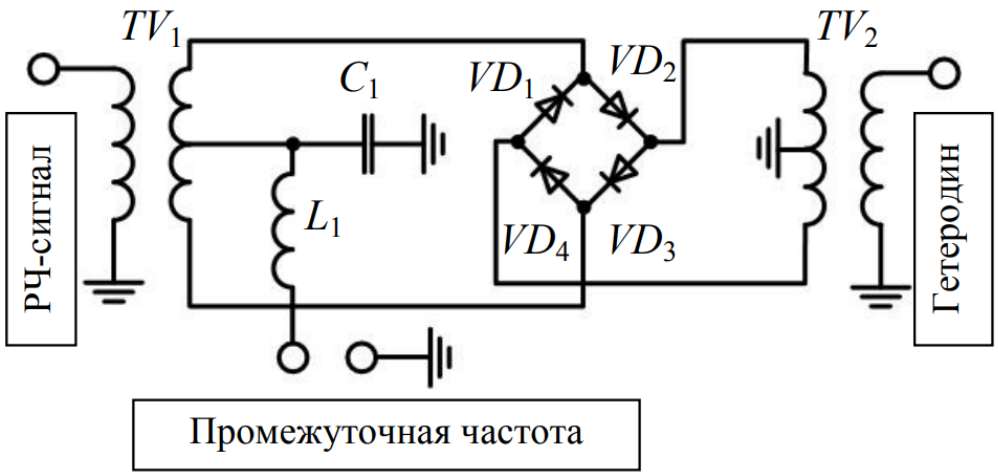


Рис. 1. Принципиальная схема двойного балансного смесителя

С помощью связанных линий создаются противофазные сигналы гетеродина и входного колебания (РЧ-сигнал), а основная часть смесителя выполнена в виде кольца из нелинейных элементов, в качестве которых обычно используются диоды Шоттки (рисунок 1) или малошумящие транзисторы. Преимущество двойного балансного смесителя состоит в том, что кратные гармоники гетеродина и входного сигнала уничтожаются за счет их противофазной подачи на смеситель. Существует также схема тройного балансного смесителя [4], которая позволяет еще сильнее подавить паразитные составляющие в выходном сигнале, хотя и имеет более сложную схемотехнику из-за чего менее популярна.

Классические схемы и топологии часто сталкиваются с рядом проблем:

1. Большинство смесителей, особенно пассивные, теряют часть энергии сигнала на диодах или транзисторах. Потери энергии в конечном итоге ограничивают мощность выходного сигнала, повышают уровень тепловых шумов, и в целом снижают эффективность устройства.

2. Смесители чувствительны к любым шумам, они также смешиваются и образуют комбинационные составляющие, что влияет на качество выходного спектра. Этот эффект можно частично компенсировать, улучшая частотные характеристики гетеродина, фазовой стабилизацией и экранированием.

3. Паразитные составляющие в спектре (удвоенные частоты гетеродина и входного сигнала). Они достаточно хорошо компенсируются в балансных схемах, но все же могут проникать в выходной сигнал.

4. Конечная (ограниченная) развязка портов между собой: сигналы могут проникать на входы или выходы для них не предназначенные, создавая нежелательные обратные связи и загрязняя спектр выходного сигнала.

5. Хотя современный технологический процесс позволяет создавать топологии размером чуть более миллиметра, габариты устройства и количество топологических элементов в нем все же являются немаловажной проблемой при разработке.

Таким образом, разработка новых топологий, которые могли бы преодолеть существующие ограничения и обеспечить высокий уровень точности и энергоэффективности остается востребованной.

С учетом вышеизложенного, задача последующих исследований СВЧ-смесителей заключается в создании новой топологии, которая решит часть существующих проблем, или снизит их влияние на работу устройства.

Разработка новой схемотехники или топологии СВЧ-смесителей является актуальной задачей, поскольку может способствовать улучшению характеристик устройства, обеспечивая минимизацию габаритов, потерь мощности, снижение уровня паразитных составляющих и шумов.

Список используемых источников

1. ГОСТ 24375-80. Радиосвязь. Термины и определения. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200015766

2. Дингес С., Кочемасов В. СВЧ-преобразователи частоты. Часть 1 Основные сведения о преобразователях частоты // Компоненты и технологии, 2018. № 4. С. 18–23.

3. Дроздов А. В., Дроботун Н. Б., Гошин Г. Г., Хорошилов Е. В. Монолитная интегральная схема двойного балансного смесителя диапазона частот 5–26 ГГц // Доклады ТУСУРа, 2017. Том 20. № 1. DOI: 10.21293/1818-0442-2017-20-1-23-25.

4. Дубровская А. А., Старинова Т. В. Тройной балансный смеситель диапазона 1–20 ГГц // Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ». 2023. 6 с.

Korobeinikov A., Sedishev E. **THE PROBLEMS OF USING MIXERS IN THE ULTRAHIGH FREQUENCY RANGE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

For many decades now, direct signal processing in the ultrahigh frequency (UHF) range has remained problematic due to the complexity of equipment capable of operating at such frequencies. One of the most popular approaches is frequency conversion using frequency mixers based on nonlinear elements such as diodes or transistors. The problems of their use will be discussed in this article

Key words: UHF, radio frequency mixers.

УДК 621.372.413
ГРНТИ 47.45.33

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЗОНАТОРОВ ДЛЯ СВЧ-УСТРОЙСТВ

А. А. Макаров, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Одним из важнейших элементов интегральной схемотехники СВЧ является резонатор, в данной работе приводятся некоторые соображения и результаты исследования разных конфигураций резонаторов для СВЧ-устройств. Также в работе будут рассмотрены различные варианты исполнения резонаторов: на микрополосковой, симметричной полосковой и копланарной линии. Приводятся экспериментальные характеристики макетов резонаторов.

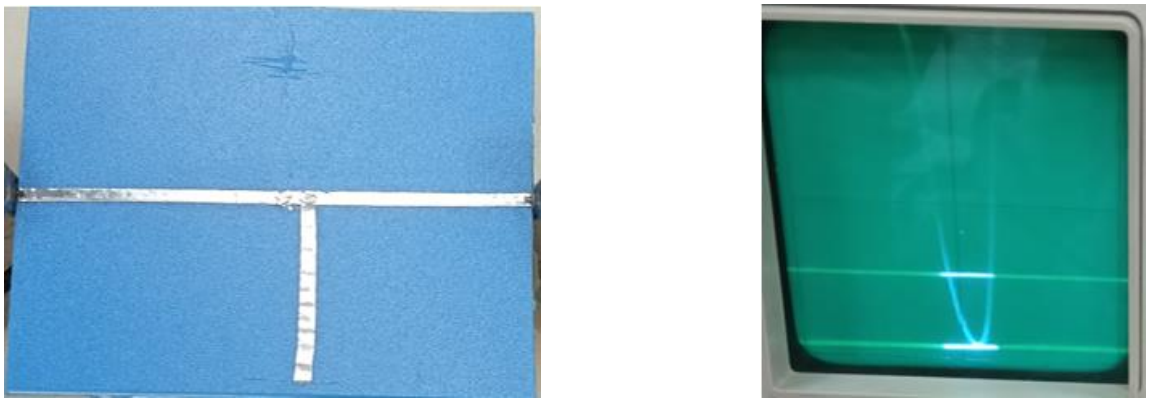
СВЧ, объемные резонаторы, кольцевые объемные резонаторы, кольцевые эллиптические резонаторы, микрополосковая линия, симметричная полосковая линия, компланарная линия

Основной задачей данной работы является исследование модифицированных кольцевых резонаторов на различных типах линий (исполнение эйконала). Для начала стоит сказать, что резонатор представляет собой элемент, предназначенный для резонирования электромагнитных волн в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ). На сегодняшний день известны резонаторы различных форм и размеров, одни из них используются довольно часто, другие вызывают интерес в виду низкой степени изученности. Разработка различных конструкций резонаторов является весьма перспективной областью, так как на основе явления резонанса возможно проектирование различных функциональных узлов устройств СВЧ диапазона. Например, резонаторы могут использоваться в устройствах фильтрации, частотной селекции и в устройствах генерации СВЧ-сигнала [1].

Особую роль при проектировании различных конструкций резонаторов стоит уделять получению высокой добротности, зависящей от геометрии его структуры и материалов. А для получения резонаторов высокой добротности следует минимизировать число неоднородностей, которые встречает волна на своем пути [2].

Переходя к разным видам резонаторов, в первую очередь, следует сказать про шлейфные резонаторы, которые используются в качестве конструктивных элементов интегральных схем (ИС) СВЧ, и представляют собой отрезки полосковых линий. А их использование весьма обширны, начиная с использования для создания различных типов фильтров и заканчивая их применением в устройствах распределения энергии. Основным типом линии при создании шлейфа выступает микрополосковая линия (МПЛ), выполненная на пластине металлизированного диэлектрика (подложки) с одной стороны и тонкой полоски проводника с другой. Однако стоит заме-

тить, что данная линия обладает довольно низкой добротностью, что ограничивает ее применения в различных устройствах СВЧ. А также с ростом частоты длины шлейфов, особенно на подложках с высокой проницаемостью, становятся очень малыми (мкм), что затрудняет их использование в традиционных интегральных схемах сантиметрового и миллиметрового диапазона [3, 4]. Пример шлейфной структуры на МПЛ представлен на рис. 1. Подложка представленной платы сделана из полиуретана с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2.1$, ширина полоска составляет $w = 1.2$ мм и волновое сопротивление $Z_0 = 72.1$ Ом.



а) б)

Рис. 1. Макет шлейфного резонатора на МПЛ (а) и его передаточная характеристика (б)

По полученной АЧХ было установлено, что плата работает в диапазоне частот $f = 2..4$ ГГц. Частота резонанса $f_{рез} = 3.1$ ГГц.

В последние годы активно стало развиваться создание объемных интегральных схем (ОИС) СВЧ, где также требуется наличие резонансных структур, обладающих высокой добротностью. Ввиду этого в ОИС СВЧ используются определенные коммутационные линии несимметричная полосковая линия (аналог МПЛ в гибридных интегральных схемах), щелевая линия и копланарный волновод [5].

Про первый тип стоит сказать, что НПЛ состоит из двух металлических пластин и плоского токонесущего проводника между ними, что с точки зрения электродинамики говорит о том, что волна распространяется в изотропной однородной среде – в диэлектрике. В свою очередь, щелевая и копланарная линии относятся к плоскостным, распространение сигнала в них осуществляется между двумя или тремя проводниками. У щелевой линии это две полубесконечные плоскости, у копланарной еще и токопроводящий проводник между ними. Несмотря на довольно интересные характеристики и широкое применение шлейфных резонаторов в разном исполнение, их технологичность и добротность с ростом частоты оставляет желать лучшего и потому особое внимание стоит уделить эллиптическим резонаторам, частным случаем которых является кольцевые (рис. 2) [5].

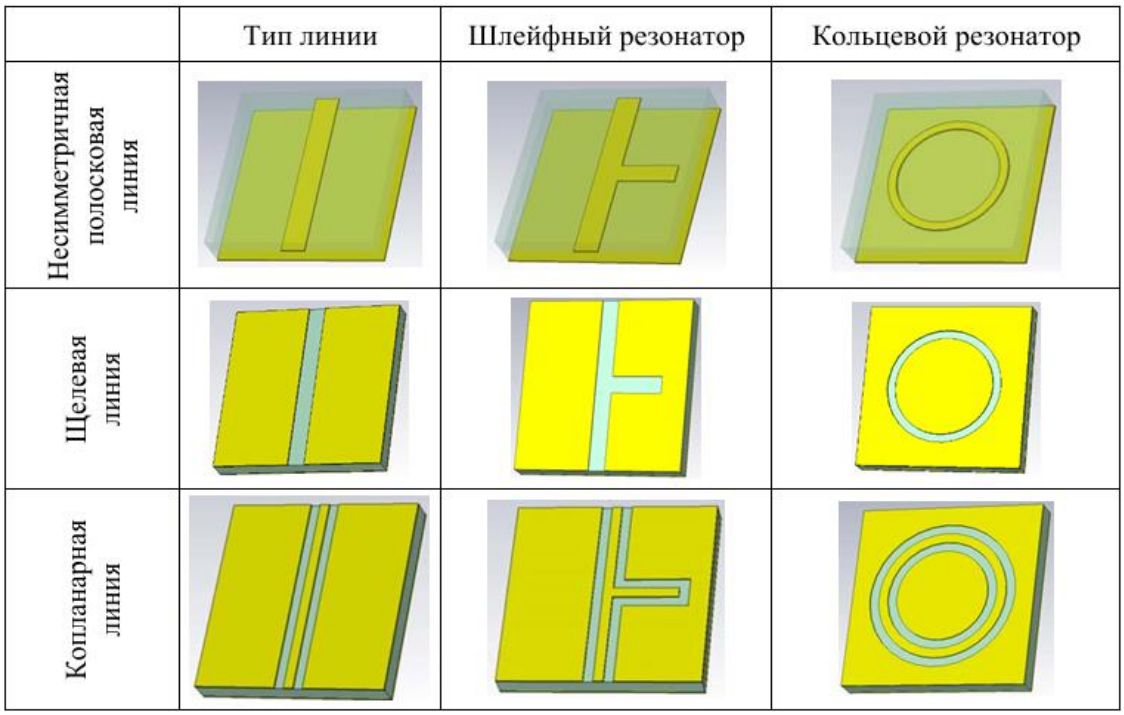


Рис. 2. Типы линий и соответствующие им конструкции резонаторов

Эллиптический резонатор можно представить в виде колебательного контура, параметры L и C которого, будут соответствовать в квазистатическом приближении интегралам по контуру погонной индуктивности и погонной емкости кольцевого резонатора. В этом случае резонансную частоту эллиптического резонатора и добротность можно рассчитать по формулам (1) [3, 6].

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad Q = R\sqrt{\frac{C}{L}}, \#(1)$$

Виды эллиптических резонаторов могут быть реализованы разным конструктивным образом. Так, они могут быть представлены в виде замкнутых в кольцо полосковыми или компланарными волноводами. Форма окружности может быть заменена на эллиптическую, так как любая плавно-гладкая поверхность для волны предпочтительнее, чем конструкция с наличием изломов (рис. 3).



Рис. 3. Виды эллиптических кольцевых резонаторов

В резонаторах на полосковых линиях волна распространяется в диэлектрике между полоском и «землей», которая расположено на другой стороне диэлектрика. В компланарном резонаторе заземленный и токонесущий проводник расположены в одной плоскости – волна распространяется в щелях, между этими полосками [1].

Приведенные структуры – это резонаторы бегущей волны, а их основным параметром, влияющим на их резонансную частоту, является длина окружности резонатора. Качество резонанса, в свою очередь будет зависеть от способа включения в тракт [1].

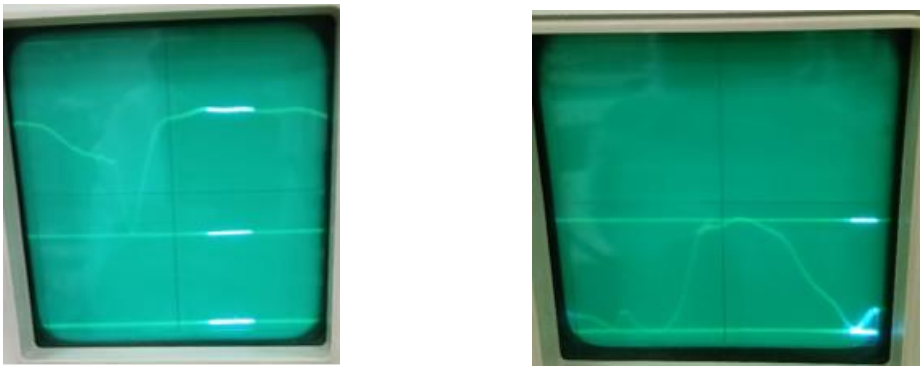
Для проведения исследования были взяты два кольцевых эллиптических резонатора в микрополосковом исполнении. Первый (рис. 4а.) представляет собой металлизированное кольцо, которое связанно с питающей линией гальванической связью. У второго (рис. 4б.) имеется разорванное кольцо с областью линейной связи. Материалом подложки являлся полистирол с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2.1$. Диапазон рабочих частот $f = 2..4$ ГГц.



а) б)

Рис. 4. Макет первого исследуемого резонатора (а) и макет второго исследуемого резонатора (б)

После проведенных измерений были получены следующие характеристики (рис. 5).



а) б)

Рис. 5. АЧХ первого исследуемого резонатора (а) и АЧХ второго исследуемого резонатора (б)

По данным АЧХ можно сделать вывод, что макет первого кольцевого эллиптического резонатора представляет собой режекторный фильтр, в то время как вторая структура является полосно-пропускающим фильтром.

В работе были рассмотрены различные резонаторы и изучены их возможные конструктивные исполнения. Также проведены эксперименты по исследованию характеристики макетов резонаторов.

Список использованных источников и литературы:

1. Кольцевые эллиптические резонаторы для СВЧ-устройств / Е. И. Бочаров, М. А. Кондрашова, К. А. Ракова [и др.] // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2018. Т. 1. С. 688–692.
2. Сазоненко Н. Ю. Устройства частотной селекции на основе кольцевого эллиптического резонатора на микрополосковой линии / Н. Ю. Сазоненко, Э. Ю. Седышев // Электроника и микроэлектроника СВЧ, 2019. Т. 1. С. 409–411.
3. Бочаров Е. И., Рыбалко И. А., Седышев Э. Ю., Селиверстов Л. А., Сикора Г. Р. Устройства частотной селекции и стабилизации частоты на эллиптических резонаторах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т. СПб.: СПбГУТ, 2017. С. 426–431.
4. Леонтьев А. С., Седышев Э. Ю. Микроволновые кольцевые эллиптические резонаторы в устройствах интегральной схемотехники // Электроника и микроэлектроника СВЧ. СПб.: Санкт-петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2023. С. 442-448.
5. Бочаров Е. И., Рыбалко И. А., Седышев Э. Ю., Селиверстов Л. А., Сикора Г. Р. Устройства частотной селекции и стабилизации частоты на эллиптических резонаторах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т. СПб.: СПбГУТ, 2018. С. 426–431.
6. Седышев Э. Ю., Селиверстов Л. А. Микроволновый фильтр на кольцевом эллиптическом резонаторе // Проектирование и технология электронных средств. 2018. Выпуск 61. № 1. С. 52–56.

Makarov A., Sedyshev E. **INVESTIGATION OF VARIOUS RESONATORS FOR MICROWAVE DEVICE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

One of the most important elements of a microwave integrated circuit is a resonator. This article presents some considerations and the results of a study of various resonator configurations for microwave devices. The work will also consider various options for resonators: microstrip-based, symmetrical strip and coplanar lines. Experimental characteristics of resonator layouts are given.

Key words: UHF, volumetric resonators, annular volumetric resonators, annular elliptical resonators, microstrip line, symmetrical stripe line, coplanar line.

УДК 621.372.543.2
ГРНТИ 47.45.99

ТОЧНОСТЬ ПОВТОРЕНИЯ МИКРОВОЛНОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ФИЛЬТРОВ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Э. Ю. Седышев, Д. А. Смирнова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе описан процесс создания макетов полосно-пропускающего фильтра СВЧ на фрезерном станке с ЧПУ. Описаны преимущества использования данного метода при создании макетов устройств по сравнению с фотолитографией. Сравнение характеристик полученных фильтров СВЧ, оценка погрешности изготовления.

фильтр, СВЧ, фрезерный станок с ЧПУ, печатная плата

На сегодняшний день существует несколько способов создания проводящих слоев на диэлектрическом основании печатной платы. Одним из самых распространенных является фотолитографический способ. Данный метод заключается в переносе изображения проводников на заготовку печатной платы с помощью фотошаблона с дальнейшим травлением излишек фольгированного слоя растворами активных сред. Однако такой способ создания проводящих слоев на печатной плате является достаточно затратным и токсичным. Другим способом изготовления микроволновых печатных плат является фрезеровка на станках с ЧПУ. У такого способа много преимуществ, в том числе: высокая точность, позволяющая создавать мелкие элементы, быстрота и сокращение этапов изготовления при единичном и мелкосерийном производстве, отсутствие контакта с химически опасными веществами.

В СВЧ лаборатории кафедры электроники СПбГУТ были изготовлены макеты полосно-пропускающего фильтра (ППФ) на фрезерном станке с ЧПУ CH-3018. Расчетные характеристики ППФ указаны в таблице 1 [1, 2].

ТАБЛИЦА 1. Расчетные характеристики ППФ

Центральная частота, f_0	2200 МГц
Полоса пропускания, Δf	50 %
Потери в полосе, dB	< 3 dB

Для изготовления топологии рассчитанного фильтра был создан G-код в программе FlatCAM. Фрагмент G-кода приведен ниже (рис. 1):

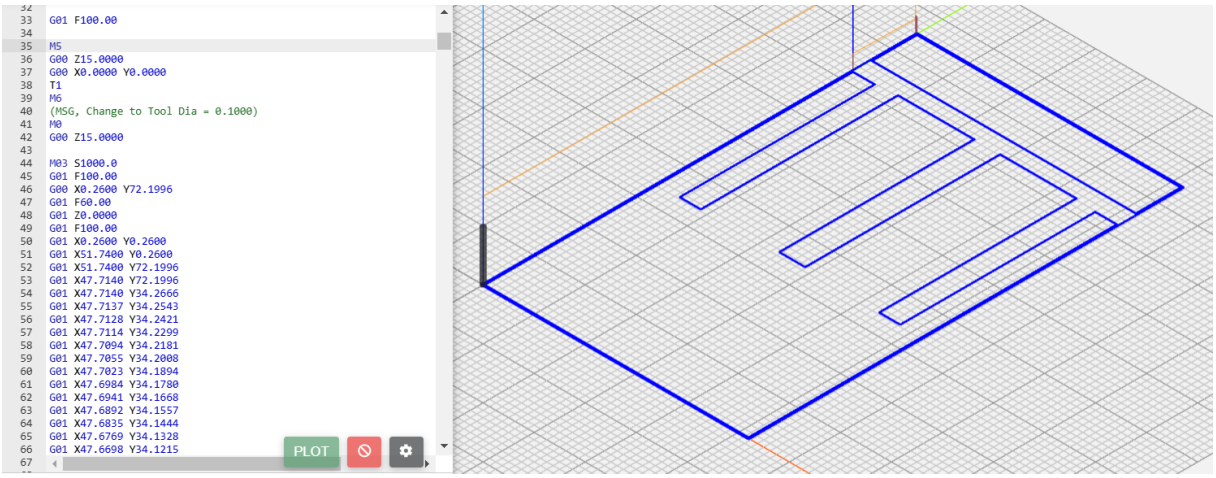


Рис. 1. Фрагмент G-кода

Заявленная точность фрезерного станка CH-3018 ± 40 мкм, что достаточно для создания масштабных макетов СВЧ устройств. На рисунке 2 приведены фотографии процесса изготовления макета ППФ.

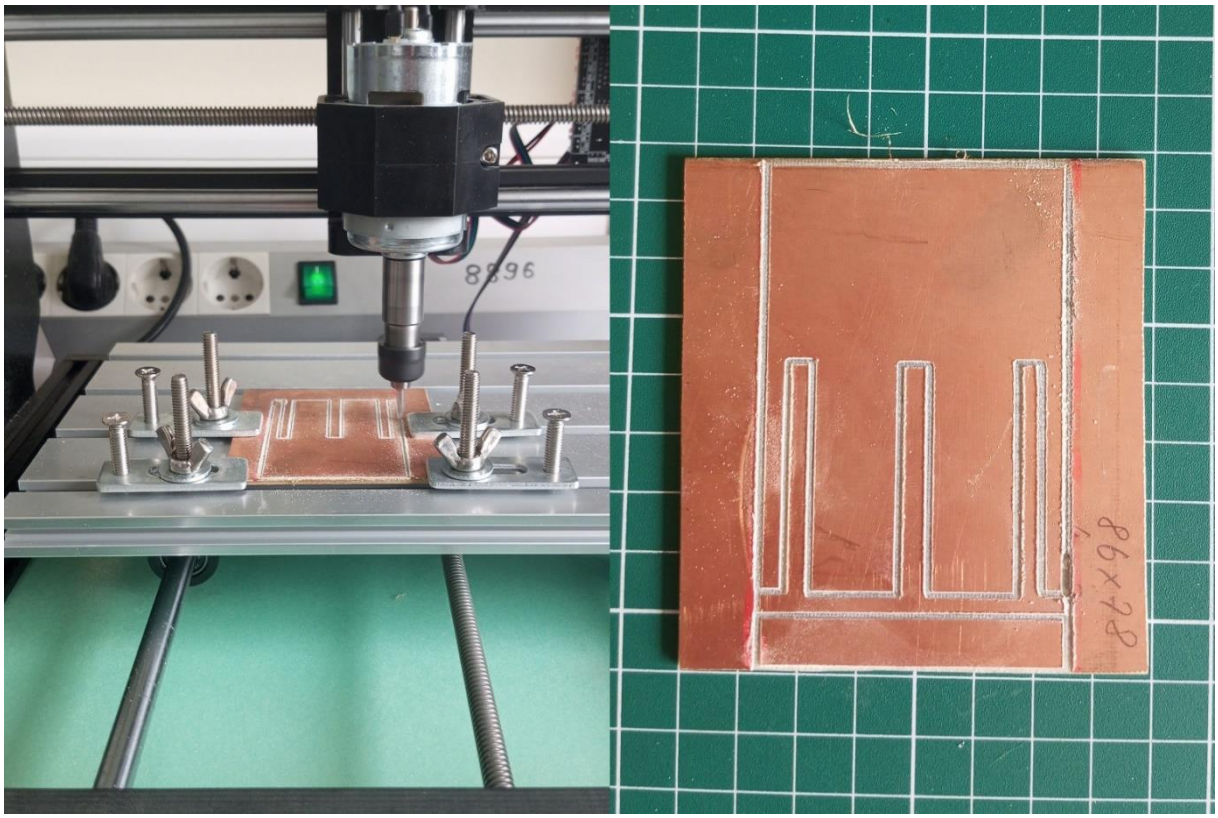


Рис. 2. Изготовление ППФ на фрезерном станке с ЧПУ

Результатом работы являются два макета ППФ (рис. 3). Макеты изготовлены на подложке из стеклотекстолита с диэлектрической проницаемостью ε = 5. Первый макет был изготовлен для проверки работы станка, второй макет выполнен с обработкой торцов металлического слоя.

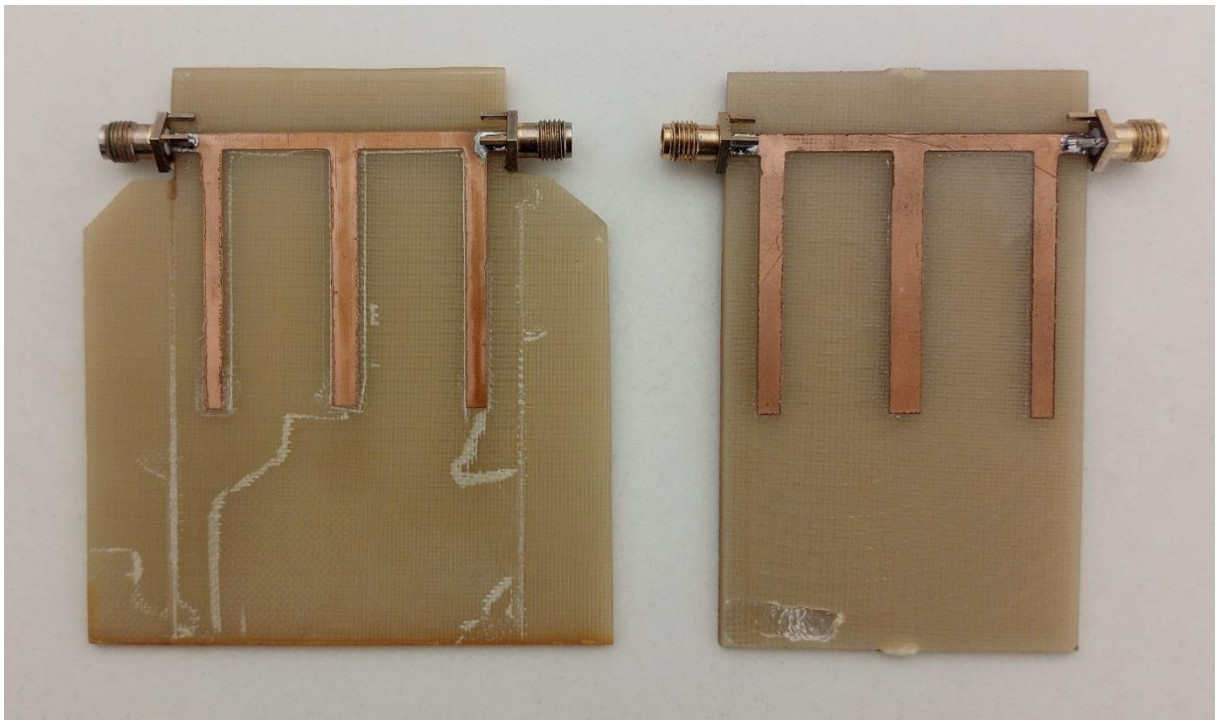


Рис. 3. Макеты ППФ

Для сравнения характеристик первого и второго макетов они были измерены с помощью векторного анализатора цепей (рис. 4, 5).

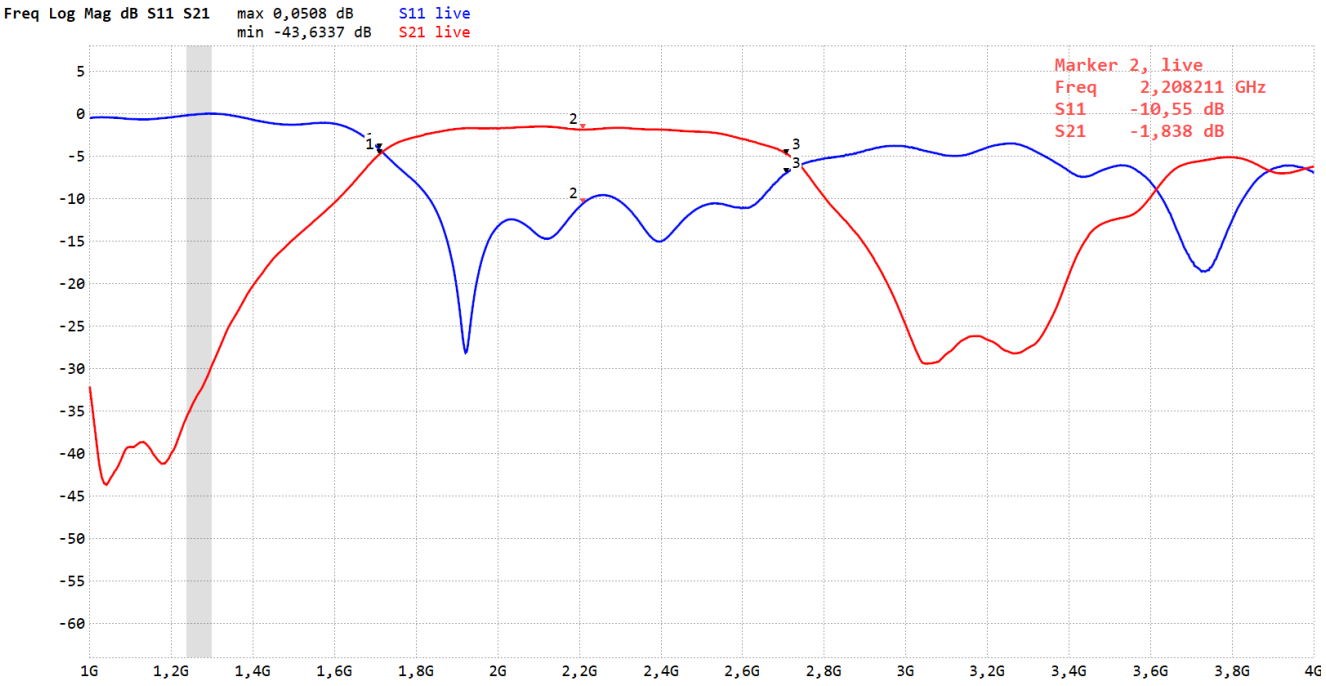


Рис. 4. S-параметры макета № 1

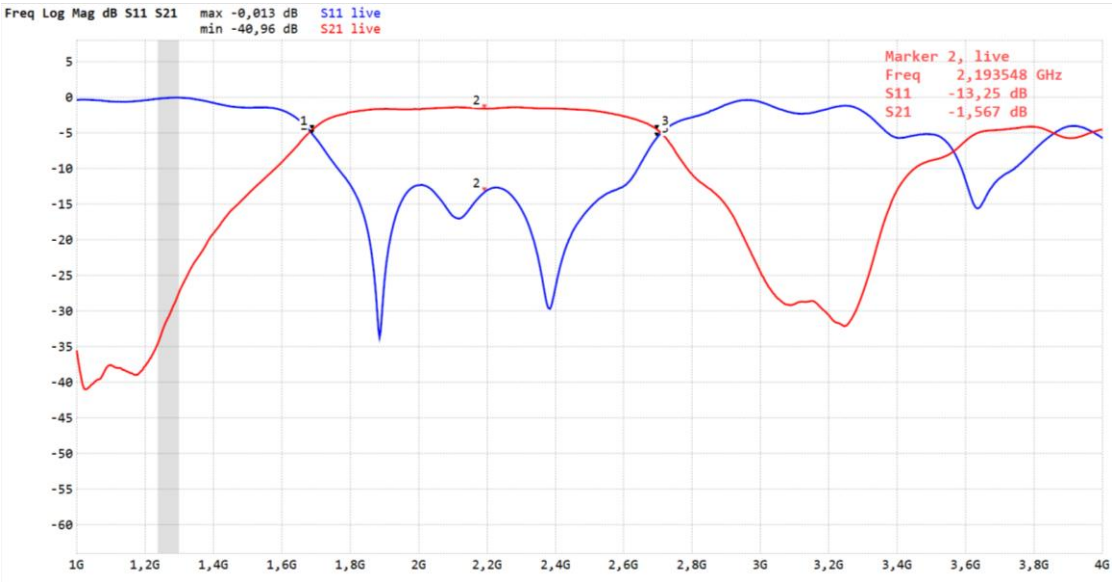


Рис. 5. S-параметры макета № 2

Как видно из графиков, центральная частота у макетов отличается на 15 МГц, ширина полосы пропускания на 10 МГц. Это происходит из-за допуска фрезеровки. При обработке торцов слоя металла отражение в полосе уменьшилось на 3 dB, потери в полосе уменьшились на 0,27 dB. Погрешность составляет 0,5 %.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при создании макета необходимо учитывать частотный диапазон, на который рассчитано устройство: чем выше частота, тем больше погрешность изготовления относительно размеров элементов. Применение фрезерного станка с ЧПУ для создания масштабных макетов СВЧ устройств в нижней части СВЧ диапазона целесообразно. Данный способ позволяет сохранять достаточную точность и качество изготавливаемых макетов. Кроме того, при использовании современных горизонтально-фрезерных станков с ЧПУ возможно изготовление фильтров СВЧ, например, на цилиндрической поверхности.

Список используемых источников

1. Маттей Д. Л., Янг Л., Джонс Е. М. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи: в 2 т. / под ред. Л. В. Алексеева, Ф. В. Кушнира. М.: Связь, 1971. Т. 1. 440 с.
2. Седышев Э. Ю. Компьютерное моделирование ОИС СВЧ: методические указания по курсовому проекту.

Sedyshev E., Smirnova D. **PRECISION OF REPRODUCTION OF MICROWAVE INTEGRATED CIRCUITS OF FILTERS ON CNC MACHINES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The paper describes the process of creating layouts of a microwave bandpass filter on a CNC milling machine. The advantages of using this method when creating device layouts in comparison with photolithography are described. Comparison of the characteristics of the obtained microwave filters, estimation of manufacturing error.

Key words: filter, microwave, CNC milling machine, printed circuit board.

Радиосвязь и радиодоступ

УДК 621.391
ГРНТИ 47.05.15

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОСИГНАЛОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НА ПЛИС

А. С. Артамонов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе проводится анализ существующих методов классификации радиосигналов с целью поиска оптимального и его реализации на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). Производится сравнительный анализ различных методов с учетом их производительности, эффективности использования ресурсов ПЛИС Cyclone IV и требований к скорости обработки сигналов. В результате исследования предлагается выбор оптимального метода или их комбинации для реализации на ПЛИС с учетом конкретных задач и ограничений проекта. Полученные результаты могут быть использованы для разработки систем классификации радиосигналов на базе ПЛИС с высокой производительностью и эффективностью использования ресурсов.

классификация сигналов, модуляция, ПЛИС, ЦОС

С развитием технологий и ростом числа устройств, использующих радиосигналы, возникает потребность в эффективных алгоритмах классификации, способных обрабатывать сигналы в режиме реального времени и обеспечивать высокую точность распознавания. В этом контексте программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) представляют собой мощный инструмент для реализации таких алгоритмов благодаря их высокой производительности, параллельным вычислениям и гибкости конфигурации.

Существует несколько методов классификации радиосигналов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от конкретных условий применения и характеристик сигналов. Основными методами и алгоритмами классификации радиосигналов являются:

1. Методы машинного обучения, такие как метод опорных векторов (Support Vector Machine, SVM), случайный лес (Random Forest), нейронные сети и др., ши-

роко применяются для классификации радиосигналов. Эти методы позволяют обучать модели на основе больших объемов данных и автоматически извлекать признаки из сигналов, что делает их эффективными для различных типов сигналов и условий.

2. Методы на основе спектрального анализа, такие как методы периодограммы, преобразование Фурье и вейвлет-преобразование, позволяют анализировать спектральные характеристики сигналов и выделять характерные особенности, которые могут быть использованы для их классификации. Эти методы особенно полезны для классификации сигналов с различными модуляциями и ширинами полосы пропускания.

3. Статистические методы, такие как метод максимального правдоподобия, критерий Неймана-Пирсона и др., используются для оценки статистических параметров сигналов и принятия решений об их классификации на основе статистических критериев. Эти методы могут быть эффективны при работе с шумными сигналами и неполной информацией;

4. Эвристические методы классификации основаны на эмпирических правилах и опыте специалистов. Они могут быть эффективны в случаях, когда нет возможности использовать большие объемы данных или когда требуется быстрое принятие решений. Данный метод используется людьми, а не вычислительными платами.

Для реализации на ПЛИС выберем метод на основе спектрального анализа, данный метод позволяет нам выделить особенности каждой модуляции с последующим анализом, что является оптимальным решением по скорости работы и затраченным ресурсам ПЛИС. В приведенной статье разбирается метод БПФ на плис, в выводе к данной работе [1] приведена таблица используемых ресурсов, которая говорит нам о том, что данный проект использует малое количество вычислительных мощностей, данный метод меньше требует ресурсов для реализации.

Для работы метода с машинным обучением необходимы большие вычислительные мощности, которых не имеется в ПЛИС используемой в проекте (Cyclone IV). Реализация данного метода в рамках нашей работы затруднительна из-за недостаточного количества блоков умножения на плате, что приводит к замедлению работы программы. В приведенном источнике для реализации работы нейронной сети задействована плата Cyclone V, имеющая большие характеристики по сравнению с платой, используемой в проекте. У платы Cyclone V, так же недостаточно блоков умножения, но за счет использования дополнительных мощностей платы это удается компенсировать за счет замедления работы. В Cyclone IV не имеется дополнительных мощностей достаточных для работы [2].

Статистический метод подразумевает под собой работу с большим количеством данных, в нашем случае с каждой точкой отсчета сигнала в каждый момент времени. Для работы на ПЛИС данный метод нерационален, так как для его работы

не нужно потоковой передачи данных, но необходимо сохранять большое количество информации в один момент времени;

Таким образом выберем метод спектрального анализа. Рассмотрим этапы определения модуляции методом спектрального анализа.

Этап 1. Применение преобразования Фурье

– аппаратная реализация FFT: используем быстрое преобразование Фурье (FFT) на ПЛИС для преобразования временной области сигнала в частотную;

– выбор окна для преобразования: для повышения точности анализа необходимо выбрать подходящее окно (например, Ханна или Хэмминга) перед применением FFT.

Этап 2. Анализ частотных компонент

– поиск пиков амплитуд: после выполнения FFT идентифицируем амплитуды и частоты пиков, соответствующих основной частоте и ее гармоникам;

– коэффициент шума: оценим соотношение сигнал/шум (SNR) для выделения полезных частотных компонентов на фоне шума.

Этап 3. Определение типа модуляции

Определение признаков модуляции:

– AM (Амплитудная модуляция): наличие основной частоты несущего сигнала и ее боковых частот с одинаковой разницей;

– FM (Частотная модуляция): характерные боковые частоты вокруг несущей, которые меняются при изменении частоты модуляции;

– PSK (Фазовая модуляция): характерный спектр без боковых частот, но возможные пики в фазовой спектральной плотности;

– QAM (Квадратурная амплитудная модуляция): совокупность амплитудной и фазовой модуляции, с более сложным спектром;

– сравнение спектра с эталоном: сравним полученный спектр с заранее известными шаблонами для каждого типа модуляции и определим наиболее подходящий.

Этап 4. Вывод результата

– определение вероятности модуляции: на основе совпадения спектра с эталонами разных типов модуляций, выдаем вероятностный вывод о типе модуляции.

Рассмотрим алгоритм согласно выбранному методу (рис. 1).

1. Начало: «Инициализация», где настраиваются АЦП и буферы.

2. Сбор данных: «Сбор данных» для постоянного считывания данных с АЦП.

3. Предобработка «Фильтрация» для удаления шума. «Нормализация» для нормализации амплитуды сигнала.

4. Спектральный анализ: «Оконное преобразование» для разделения сигнала на окна. «БПФ» для выполнения быстрого преобразования Фурье.

5. Извлечение признаков: «Извлечение пиков» для определения частотных пиков. «Расчет мощности» для оценки мощности в полосах частот.

6. Классификация: решающий блок с условиями для каждой модуляции (AM, FM, PSK, QAM, FSK).

7. Вывод результатов: «Вывод» для отправки результатов на интерфейс.

8. Цикл обработки: стрелка, возвращающаяся к блоку «Сбор данных» для непрерывной обработки.

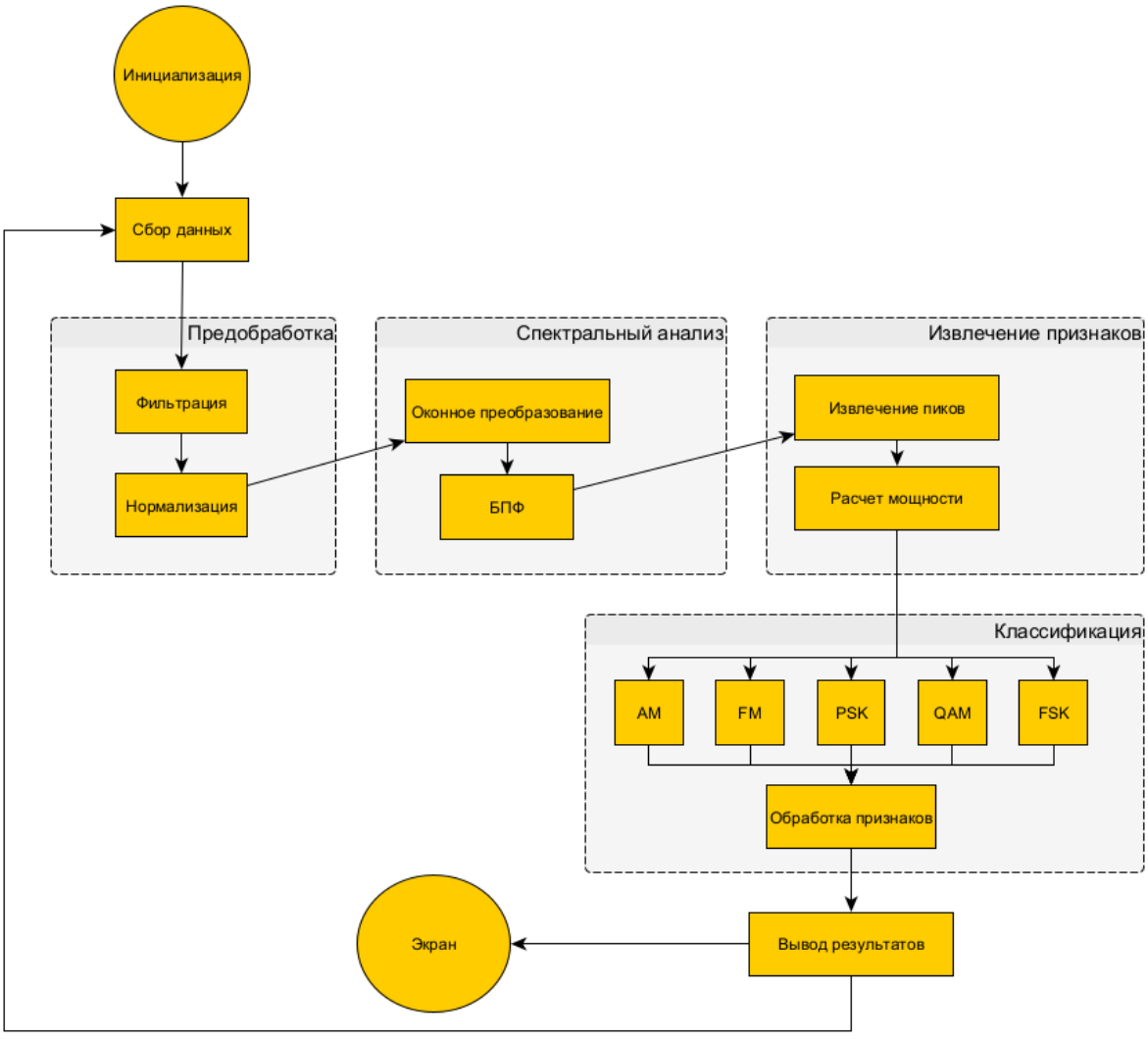


Рис. 1. Алгоритм работы метода определения модуляции сигнала

Таким образом, в данной работе были рассмотрены методы и выбран оптимальной для данной задачи. Предложены этапы работы программы с использованием данного метода. В продолжении данной работы планируется реализовать алгоритм для определения модуляции сигнала на ПЛИС.

Список используемых источников

1. Сверхдлинное преобразование Фурье на FPGA // URL: https://habr.com/ru/articles/526690/ (дата обращения 03.11.2024).
2. Воробьев А. Н; инж., к.т.н. Шидловский Д. Ю.; инж., к.т.н. Багров А. А. (Центр инженерных технологий и моделирования «Экспонента») // Аппаратная реализация сверточной нейросети на плис с использованием модельно-ориентированного проектирования. URL: https://hub.exponenta.ru/post/apparatnaya-realizatsiya-svertochnoy-neyroseti-na-plis-c-ispolzovaniem-modelno-orientirovannogo-proektirovaniya535 (дата обращения 03.11.2024).

***Artamonov A*. FEATURES OF THE IMPLEMENTATION OF METHODS FOR CLASSIFYING RADIO SIGNALS FOR IMPLEMENTATION ON FPGAS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In this work, an analysis of existing radio signal classification methods is conducted to identify the optimal approach for implementation on Field-Programmable Gate Arrays (FPGAs). A comparative analysis of various methods is performed, considering their performance, resource efficiency on Cyclone IV FPGAs, and signal processing speed requirements. Based on the research results, an optimal method or a combination of methods is proposed for FPGA implementation, taking into account specific project tasks and constraints. The findings can be used to develop high-performance, resource-efficient FPGA-based radio signal classification systems.

Key words: Signal Classification, Modulation, FPGA, DSP.

УДК 629.05
ГРНТИ 47.49.31

ОБЗОР МЕТОДОВ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ГЛОНАСС

В. В. Гмырин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На стадии планирования разработки любой навигационной системы необходимо сначала определиться с требованиями к будущему продукту, в том числе и с требованиями к точности получаемых данных. Для этого требуется рассмотреть общие принципы построения таких систем и выбрать оптимальные решения.

ГНСС, точность позиционирования, система дифференциальных поправок

Современную жизнь невозможно представить без технологий, электронных устройств и сервисов, которые позволяют решать ряд повседневных задач и проблем. Электроника и электронные изделия стали частью нашей жизни, телефоны, планшеты и прочие гаджеты. Такие сервисы, как онлайн карты от Яндекс, определение местоположения и прокладка маршрута прочно вошли в нашу жизнь, совершенствуясь с каждым годом.

В промышленном сегменте, а также в морской отрасли вопросы определения координат, направления и скорости движения составляют неотъемлемую часть безопасности как на суше, так и на воде. И чем точнее расчеты, тем более точно будет скоординирована надежная работа на объектах.

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) позволяет получить координаты местоположения, скорость и направление движения объекта. Основной принцип определения местоположения состоит в определении расстояния от спутника, который посылает сигнал, до приемника таких сигналов.

Однако, в такой системе есть свои нюансы и погрешности. Точность определения местоположения может зависеть от многих факторов. Погодные условия, скорость движения спутника, зона видимости. Источников ошибок при определении местоположения несколько:

– часы спутника;
– ошибки эфемерид;
– наносекундные задержки;
– тропосферные задержки;
– собственные шумы приемника;
– влияние многолучевого распространения.

Ошибки, связанные с задержкой сигнала в ионосфере и тропосфере, могут быть исправлены путем приема сигналов на двух разных частотах L1 и L2. Принимая и

сравнивая измерения на L1 с измерениями на L2, приемник может определить задержку сигнала и использовать эту погрешность в расчетах местоположения.

Компенсация собственных шумов приемника выполняется схемотехническими решениями.

Ошибки эфемерид и часов спутника корректируются базовыми опорными станциями на земле, которые имеют известные координаты.

В зависимости от режима и способа определения координат точность позиционирования местоположения может варьироваться от нескольких метров до пяти сантиметров [1].

Все методы спутниковых определений местоположения и методы повышения точности можно свести в таблицу 1.

ТАБЛИЦА 1. Методы определения местоположения

<table>
<tr><td colspan="5">Методы определения местоположения с использованием ГНСС</td></tr>
<tr><td colspan="3">Методы определения абсолютных координат</td><td colspan="2">Методы определения относительных координат</td></tr>
<tr><td>Автономный метод
Точность 5-10 м</td><td colspan="2">Абсолютные определения координат с поправками к эфемеридно-временной информации</td><td>Дифференциальные методы</td><td>Относительные методы</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">Метод широкозонной дифференциальной Коррекции
Точность 0.5-2м</td><td rowspan="2">Метод точного позиционирования PPP
Точность 0,04 – 0.2м</td><td>Метод определения псевдодальностей по коду
Точность 0.05-0.5м</td><td>Методы определения разности координат по обработке фазы кода
Точность 0.2 – 0.5м</td></tr>
<tr><td>Метод определения псевдодальностей по фазе несущей
Точность 0.01-0.05м</td><td>Методы определения разности координат по обработке фазы несущей
Точность 0.001-0.1м</td></tr>
</table>

Рассмотрим каждый из методов.

Методы определения абсолютных координат можно разделить на два, таких как автономный метод и метод определения координат, при котором используется бортовая эфемеридно-временная информация. При автономном методе точность позиционирования достаточно грубая, в пределах 5-10 метров.

При использовании абсолютного определения координат с поправками к эфемеридно-временной информации возможны два варианта. При первом используются широкозонные системы дифференциальной коррекции, при которых точность позиционирования может лежать в пределах 0.5–2 метра.

Во втором случае используются глобальные системы дифференциальной коррекции, которые могут увеличить точность до дециметрового диапазона.

Под методом определения относительных координат понимается такой метод, при котором получение информации осуществляется, как минимум двумя приемниками. Один из них является приемником, который определяет свое местоположение, второй является стационарным и имеет свои фиксированные координаты.

При использовании дифференциального метода приемник базовой станции вычисляет корректировки к своим координатам, получая информацию со спутников и транслирует их подвижному приемнику. Получая корректировки, подвижный приемник уже вносит поправки к определению своих собственных координат. Возможны методы определения псевдодальностей по коду (DGPS, DGNSS) и методы определения псевдодальностей по фазе несущей (RTK).

При использовании относительных методов определения определяется приращение координат подвижного приемника относительно базового, координаты которого заранее известны. В этом случае также возможны определения разности координат при постобработке фазы кода (диапазон погрешности позиционирования 0.2–0.5 м) или постобработке фазы несущей (погрешность позиционирования 0,001–0,1 м) [2].

В морском и речном судоходстве наиболее распространенным методом получения и корректировки местоположения является метод, при котором объект (судно) получает свои абсолютные координаты и корректирует их при помощи дифференциальных поправок. Сами же дифференциальные поправки формируются на базовых станциях и передаются по специально выделенному каналу связь.

Точность позиционирования в морском судоходстве устанавливается Российским Морским Регистром и определяет абсолютную точность в пределах 100 метров. С использованием системы дифференциальных поправок Регистр устанавливает точность в пределах 10 метров [3].

Таким образом, использование систем дифференциальных поправок позволяет на порядок повысить точность позиционирования объектов. От выбора метода определения местоположения также зависят и будущие схемотехнические решения в разрабатываемом устройстве приема и обработки данных.

Список используемых источников

1. Антонович К. М. А11 Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. Т. 2. Монография / К. М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2006. 360 с.: ил.
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Радиотехника, 2010. 800 с., ил.
3. Правила по оборудованию морских судов. Часть 4. Навигационное оборудование. НД № 2-020101-096. СПб., 2017.

Gmyrin V. **OVERVIEW OF POSITIONING METHOD IN THE GLONASS SYSTEM.**
The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

At the plane stage of the development of any navigation system, it is necessary first to determine the requirements for the future product, including the requirements for the accuracy of the data obtained. To do this, it is necessary to consider the general principles of building such systems and choose the optimal solutions.

Key words: GNSS, position accuracy, differential correction system.

УДК 621.396
ГРНТИ 49.03.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОГОВ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ CRC И LDPC КОДОВ В КОРОТКОВОЛНОВОМ КАНАЛЕ РАДИОСВЯЗИ

М. В. Исаков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире происходит стремительное развитие программных комплексов, позволяющих обеспечивать различные методы цифровой обработки сигналов. Таким образом, появляется возможность применения CRC и LDPC кодов в коротковолновом канале радиосвязи для снижения негативного влияния поляризационных замираний, возникающих в процессе ионосферного распространения радиосигнала.

CRC, LDPC, кодирование, короткие волны, радиосвязь

В современном мире радиосвязи и телекоммуникаций коротковолновой диапазон играет важную роль в обеспечении передачи данных на большие расстояния. Однако сигналы подвергаются воздействию различных факторов, включая поляризационные замирания – явление, которое может значительно снижать качество связи и вызывать проблемы в передаче данных [1].

Добиться снижения негативного воздействия от поляризационных замираний и повысить помехоустойчивость в коротковолновом канале радиосвязи возможно с помощью использования циклического избыточного кода (CRC – Cyclic Redundancy Check), а также кода с малой плотностью проверок на четность (LDPC – Low Density Parity Check). На рис. 1 представлена структурная схема типового комплекса радиосвязи, которая включает в себя кодер и декодер, использующие кодирование CRC или LDPC.

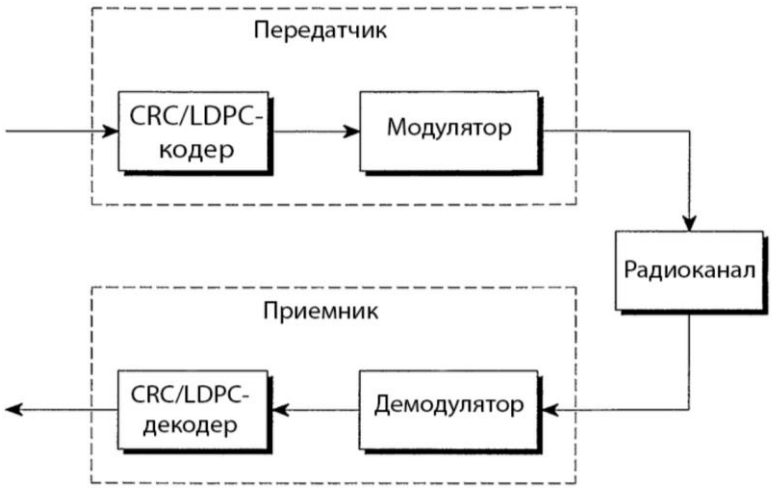


Рис. 1. Структурная схема типового комплекса радиосвязи

Кодирование с циклической проверкой избыточности (CRC) – это метод кодирования с обнаружением ошибок, возникающих при передаче кадра данных. В отличие от блочных или сверточных кодов, CRC-коды не имеют встроенной возможности исправления ошибок. Вместо этого, когда система связи обнаруживает ошибку CRC-кодирования в принятом кодовом слове, получатель запрашивает отправителя повторно передать кодовое слово.

Коды с малой плотностью проверок на четность (LDPC) – это линейные блочные коды с проверкой четности, которые описываются низкоплотностной проверочной матрицей. Коды LDPC сложнее в реализации и требует больше вычислительных ресурсов. Данные кодируются с использованием LDPC-матрицы перед отправкой. Если данные повреждаются при передаче, код позволяет не только обнаружить, но и исправить ошибки. При использовании только LDPC-кода ошибки в декодированном слове имеют тенденцию группирования в пакеты ошибок [2].

FT4 и FT8 (Franke-Taylor design, 4(8)-FSK модуляция) – это цифровые протоколы, которые разработаны для связи в условиях слабых сигналов. Размеры сообщений FT4 и FT8 равны 77 битам, содержащим пользовательскую информацию. Из 77 бит 3 бита выделены для указания одного из восьми возможных типов сообщений. Оставшиеся 74 бита используются для информации о пользователе [3].

Обнаружение и исправление ошибок происходит следующим образом: 14-битная циклическая проверка избыточности (CRC) добавляется к каждому информационному пакету для создания 91-битного слова «сообщение + CRC».

Коррекция ошибок производится с помощью кода LDPC, созданного специально для FT8 и FT4. Код определяется двумя матрицами: порождающей матрицей, используемой для вычисления 83 битов четности, а также матрицей четности, которая используется для того, чтобы определить, является ли данная 174-битная последовательность допустимым кодовым словом.

ТАБЛИЦА 1. Пороги декодирования для FT4 и FT8

Алгоритм декодирования	Аддитивный белый гауссовский шум (дБ)	Канал со средним частотным разбросом (дБ)	Канал с большим частотным разбросом (дБ)
FT4:			
N=1; BP	-14,2	-11,6	-10,2
N=1, 2, 4; BP	-15,7	-13,0	-11,1
N=1,2,4; BP+OSD	-16,4	-14,1	-12,6
FT8:			
N=1; BP	-19,1	-15,4	-5,5
N=1, 2, 4; BP	-19,9	-16,8	-6,8
N=1,2,4; BP+OSD	-20,5	-17,9	-8,9

В таблице 1 показаны измеренные пороги декодирования для FT4 и FT8, полученные в результате моделирования для полосы 2500 Гц. Числа в первой строке таблицы для каждого режима представляют базовый случай с односимвольным обнаружением N = 1 и декодированием BP.

Следующие две строки добавляют блок детектирования и блок детектирования с гибридным (BP и OSD) декодированием [4]. В колонке 2 приведены результаты для канала не затухающего аддитивного белого гауссовского шума (AWGN), а в колонках 3 и 4 – для каналов с частотными разбросами 1 Гц и 10 Гц соответственно.

Видно, что на канале AWGN блок обнаружения повышает чувствительность на 1,5 дБ и 0,8 дБ для FT4 и FT8 соответственно. Добавление гибридного декодирования обеспечивает еще 0,7 дБ и 0,6 дБ. В целом блочное обнаружение и гибридный декодер обеспечивают улучшение чувствительности [5] на 2,2 и 1,4 дБ по сравнению с базовым случаем для FT4 и FT8 соответственно.

Измеренная вероятность декодирования в зависимости от SNR для FT8 и FT4 основана на моделировании для трех каналов распространения: аддитивного белого гауссова шума (AWGN) и стандартов МСЭ для среднеширотных возмущенных и высокоширотных умеренных условий (рис. 2).

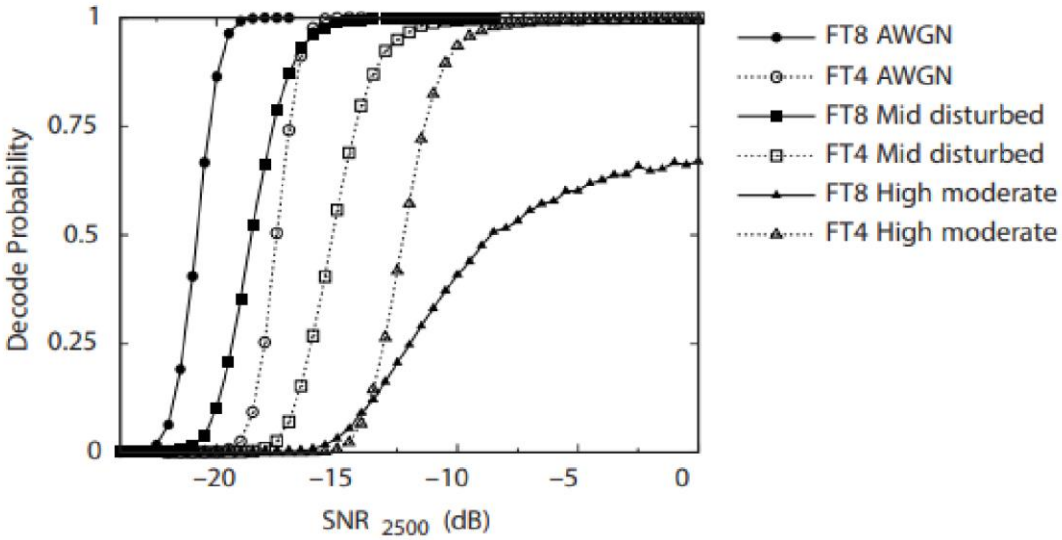


Рис. 2. Вероятность декодирования в имитационной модели радиоканала

Таким образом, полученные данные позволят усовершенствовать существующие методы снижения поляризационных замираний, а также помочь в изучении процессов, которые приводят к возникновению замираний.

Список используемых источников

1. Грудинская Г. П. Распространение радиоволн: учеб. Пособие / Г. П. Грудинская. М.: Высшая школа, 1975. 280 с.

2. Бальди М., Матуро Н., Риччутелли Дж., Кьяралуче Ф. On the Error Detection Capability of Combined LDPC and CRC Codes for Space Telecommand Transmissions // IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC), 2016. С. 1058–1065.
3. Франк С., Сомервилл Б., Тейлор Дж. The FT4 and FT8 Communication Protocols, QEX, 2020. С. 7–17.
4. Шу Линн, Даниель Костелло мл. Error Control Coding: Fundamentals and Applications, 2-издание, Pearson Prentice Hall, 2004.
5. Симон М., Дивсалар Д. Maximum-Likelihood Block Detection of Noncoherent Continuous Phase Modulation // IEEE Transactions on Communications, 1993. В. 41. № 1. С. 90–98.

Isakov M. **APPLICATION OF CRC AND LDPC CODES IN THE SHORTWAVE RADIO CHANNEL.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, there is a rapid development of software systems that allow providing various methods of digital signal processing. Thus, it becomes possible to use CRC and LDPC codes in a short-wave radio communication channel to reduce the negative impact of polarization fades that occur during the ionospheric propagation of a radio signal.

Key words: CRC, LDPC, coding, short waves, radio communication.

УДК 621.375.026
ГРНТИ 47.41.33

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 3,1 - 10,6 ГГЦ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО УСИЛИТЕЛЯ КАСКАДНОЙ ТОПОЛОГИИ

Т. В. Киселев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В связи с растущим спросом на широкополосные устройства, тема проектирования сверхширокополосных усилителей является актуальной. В работе представлена схема электрическая принципиальная сверхширокополосного 3,1 – 10,6 ГГц усилителя каскадной топологии. Результатом выступают графическое представление выходных характеристик и их оценка.

сверхширокополосный усилитель, каскадная топология, коэффициент усиления, входные потери, К-фактор

Недавний всплеск спроса на портативную беспроводную электронику с низким энергопотреблением, способную обеспечить чрезвычайно высокую скорость передачи данных, привел к активным исследованиям в области сверхширокополосных (UWB) систем. UWB широко признана как перспективная технология для приложений с высокой скоростью передачи данных, малой дальностью действия, точным временным разрешением и высокой энергоэффективностью [1]. Все эти преимущества обусловлены широкополосными характеристиками передаваемых/принимаемых импульсных сигналов в UWB-системе. При современных технологиях UWB может обеспечивать скорость передачи данных до 480 Мбит/с, а ее рабочий частотный спектр находится в диапазоне от 3,1 до 10,6 ГГц.

Усилитель мощности – важный блок в системе беспроводной связи. Он обычно располагается на последнем этапе в блоке передатчика. Он усиливает сигнал и генерирует достаточную мощность, чтобы сигнал мог передаваться в требуемом диапазоне. Усилитель мощности является одним из самых сложных устройств для проектирования UWB-трансивера, поскольку он должен передавать сигнал в широкой полосе частот. Он должен отвечать нескольким требованиям, таким как хорошая линейность, хорошее широкополосное согласование, высокая эффективность и низкое энергопотребление [2].

СШП усилитель мощности показан на рисунке 1. Он состоит из трех каскадных усилительных. На первом каскаде в качестве входной согласующей сети используется LC-фильтр C1 и L1. Резистивная шунтирующая обратная связь R1 обеспечивает более широкую полосу пропускания, а высокое значение индуктивного ослабления

источника L3 используется для улучшения входного согласования. Межкаскадное соединение между первым и вторым каскадом состоит из C2. Конденсатор связи в промежуточном каскаде используется для блокировки постоянного тока. Резистивная шунтирующая обратная связь R3 используется для улучшения коэффициента усиления. Второй каскад представляет собой простую топологию с общим источником для поддержания высокого коэффициента усиления параметра S21. Следующий промежуточный этап между вторым и третьим каскадом состоит из LC-фильтра, L5 и C3 для улучшения равномерности усиления. Третий каскад имеет индуктор L6, а в согласовании выхода участвует один конденсатор, C4, для улучшения согласования выхода. Каждый транзистор во всех каскадах (X1, X2, X3) установлен для стабилизации коэффициента усиления, поскольку транзистор является активным устройством, которое может повлиять на общую производительность. Индуктор L3 используется в качестве индуктивной дегенерации источника в первом каскаде усилителя мощности для улучшения линейности и стабильности усилителя.

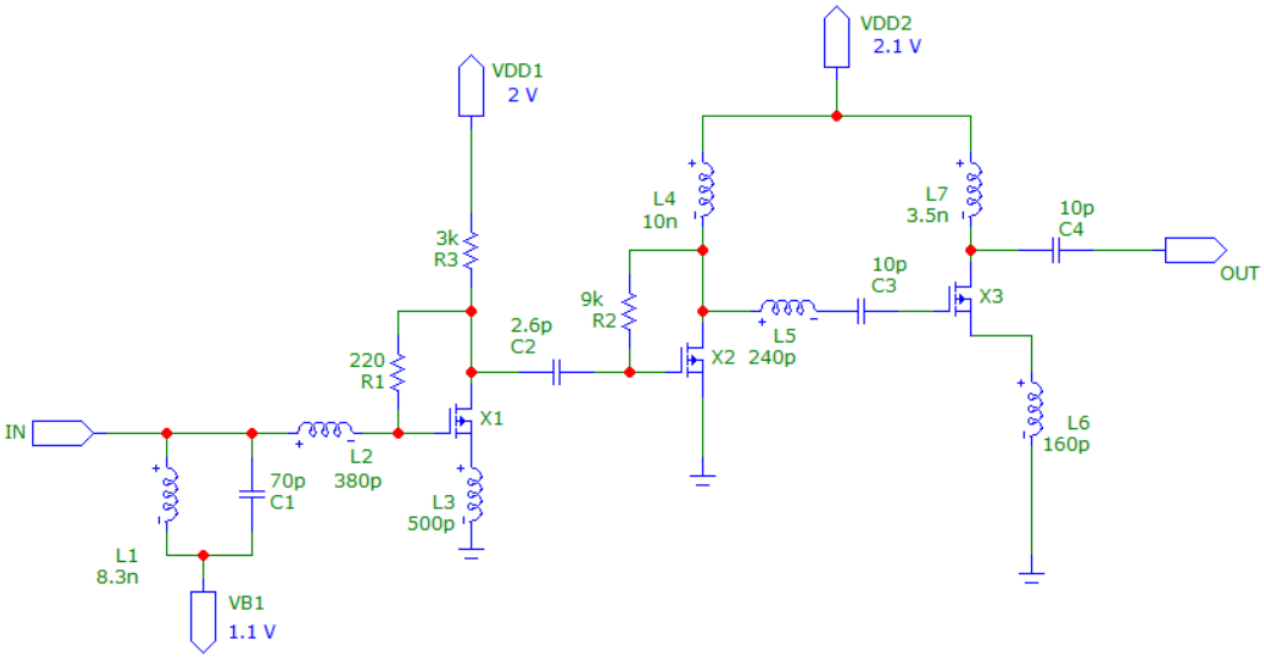


Рис. 1. Схема СШП усилителя

Отражательный коэффициент S11 показан на рисунке 2. Как видно из результатов, полученных после макетирования, отражательный коэффициент на частоте 3,0 ГГц составляет -6 дБ и постоянно уменьшаются до -11 дБ на частоте 7 ГГц, а на частоте 10 ГГц они увеличиваются до -9 дБ. Минимальное значение составляет <-5 дБ. Поскольку результат моделирования показывает, что отражательный коэффициент меньше -5 дБ, входное согласование 50 Ω достигнуто. Минимальные точки на графике означают, что достигнуто высокоточное согласование входа 50 Ω.

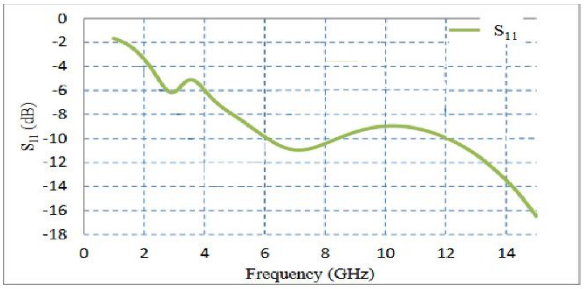


Рис. 2. Обратная изоляция S12

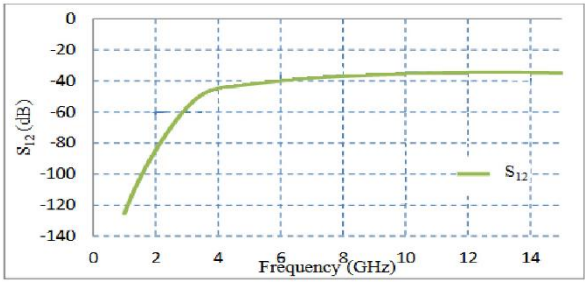


Рис. 3. Отражательный коэффициент S11

Смоделированная обратная изоляция показана на рисунке 3. Результат показывает, что предложенный UWB-усилитель мощности достиг хорошей обратной изоляции в 35 дБ в диапазоне частот от 3,0 до 10,6 ГГц. Это указывает на то, что высокая обратная изоляция достигается для предотвращения передачи сигнала утечки на антенну.

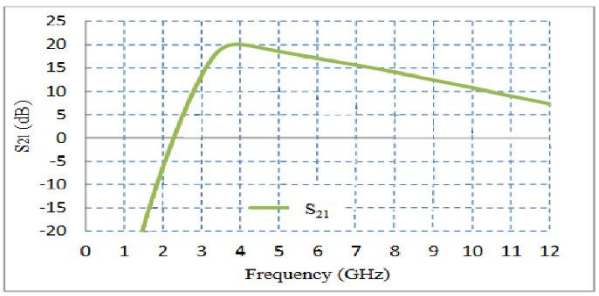


Рис. 4. Коэффициент усиления S21

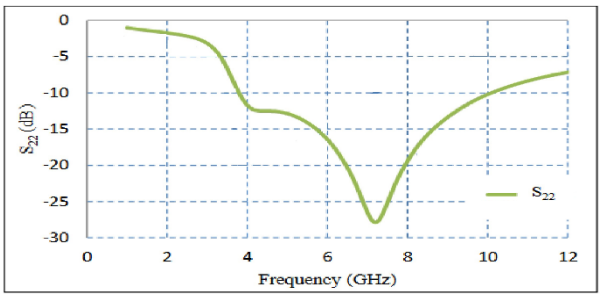


Рис. 5. Входные возвратные потери S22

Среднее значение коэффициента усиления, S21 для предлагаемого UWB-усилителя мощности показано на рисунке 4. Как можно видеть, среднее значение S21 составляет 16 дБ. Плоскостность коэффициента усиления оказался довольно плохой из-за высокого значения R3, равного 9 кОм. Однако если уменьшить значение R3, это приведет к снижению усиления, поскольку он используется для поддержки второго каскада.

Выходные возвратные потери S22 для предлагаемого UWB-усилителя мощности показаны на рисунке 5. Как видно, выходные возвратные потери на частоте 3,0 ГГц составляют -3,782 дБ и постоянно уменьшаются до -26,97 дБ. Минимальное допустимое значение выходных возвратных потерь составляет менее -5 дБ [3]. Это означает, что предложенная нами конструкция имеет хорошие возвратные потери и обеспечивает согласование с выходом 50 Ом. Меньшее значение S22 свидетельствует о лучшем согласовании выхода усилителя мощности. Следовательно, узкая форма в точках минимума < -23,97 дБ и < -27,45 дБ на графике показывает, что схема имеет очень хорошее согласование выхода с нагрузкой 50 Ом [4].

На рисунке 6 показан результат моделирования устойчивости, вычисленный с помощью анализа S-параметров. Он ясно показывает, что предложенный усилитель

мощности UWB безусловно стабилен, поскольку коэффициент стабильности более 10,6 получен во всем диапазоне.

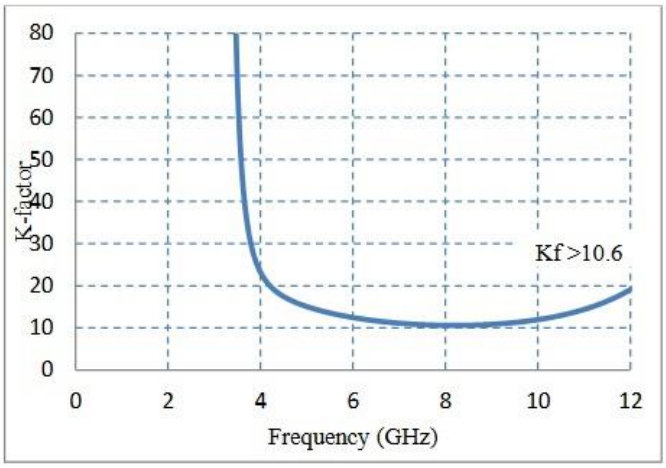


Рис. 6. K-фактор

Список используемых источников

1. Wong Sew-Kin, Siti Maisurah, Mohd Nizam Osman, Fabian Kung, and Jin-Hui See. High efficiency CMOS power amplifier for 3 to 5 GHz ultra-wideband (UWB) application // IEEE Transactions on Consumer Electronics55, 2009. № 3. PP. 1546–1550.
2. Mosalam Hamed, Ahmed Allam, Hongting Jia, Adel B. Abdel-Rahman, and Ramesh K. Pokharel. High Efficiency and Small Group Delay Variations 0.18-µm CMOS UWB Power Amplifier // IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs66, 2018. № 4. PP. 592–596.
3. Sapawi Rohana, Ramesh K. Pokharel, Haruichi Kanaya, and Keiji Yoshida. A wide range CMOS power amplifier with improved group delay variation and gain flatness for UWB transmitters // IEICE Transactions on Electronics95, 2012. № 7. PP. 1182–1188.
4. Mat, D. Azra Awang, N. Syuhada Hasim, Nurmiza Othman, Amira Amran, D. Norkhairunnisa Abang Zaidel, AS Wani Marzuki, Shafrida Sahrani, and Rohana Sapawi. Integrated open loop resonator filter designed with notch patch antenna for microwave applications // TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control) 2017. № 3. PP. 1485–1492.

Kiselev T. **DESIGN OF A 3,1 – 10,6 ULTRA-WIDEBAND AMPLIFIER OF CASCADED TOPOLOGY.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Due to the growing demand for broadband devices, the topic of designing ultra-wideband amplifiers is topical. In this paper, an electrical schematic diagram of an ultra-wideband 3.1–10.6 GHz cascaded topology amplifier is presented. The result is a graphical representation of the output characteristics and their evaluation.

Key words: Ultra-wideband amplifier, cascaded topology, gain, input loss, K-factor.

УДК 621.396.41
ГРНТИ 39.31.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНТЕРМОДУЛЯЦИИ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ РАДИОДОСТУПА

М. А. Мельникова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В условиях роста числа мобильных абонентов и увеличения объемов передаваемых данных, особое внимание уделяется качеству радиосигналов в многоканальных системах радиодоступа. Важным фактором, влияющим на это качество, являются процессы интермодуляции, которые могут существенно снижать эффективность работы радиосистем.

интермодуляция, радиосистемы, многоканальные технологии, качество сигнала, радиодоступ

Согласно данным, предоставленным Федеральной службой государственной статистики, количество мобильных пользователей в стране растет с каждым годом, что вызывает необходимость в улучшении качества связи и увеличении пропускной способности сетей [1] (представлено на рисунке 1). Однако, с увеличением числа пользователей на одну базовую станцию возрастает вероятность возникновения интермодуляционных искажений.

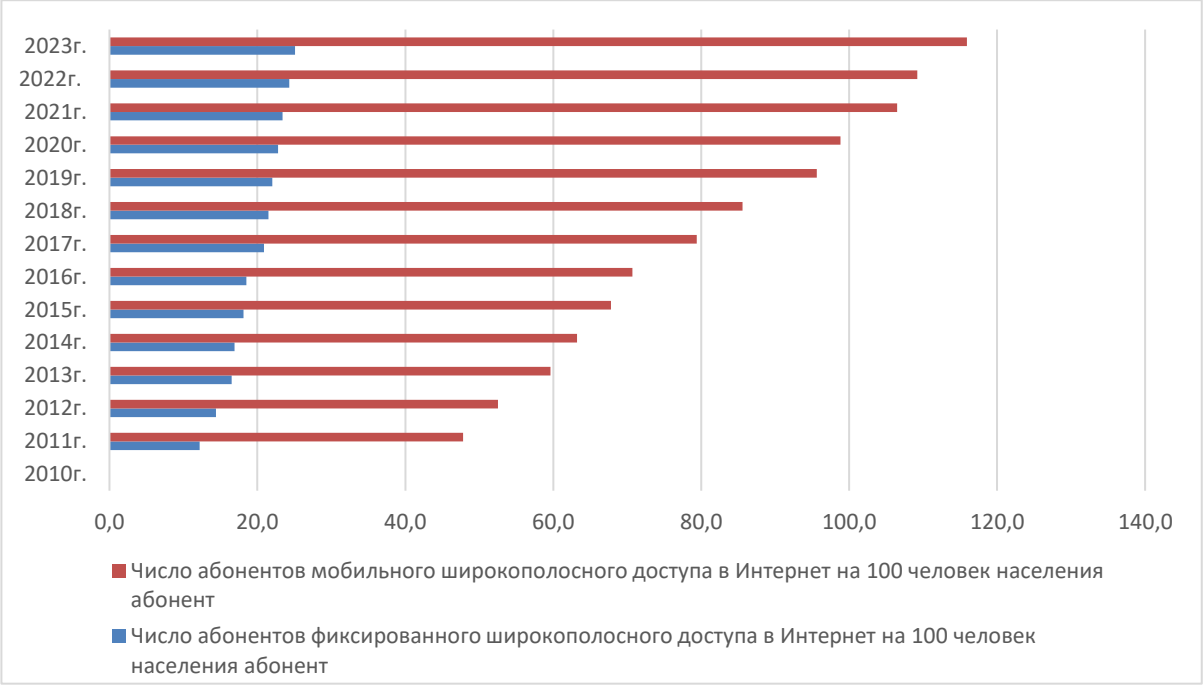


Рис. 1. Статистика Федеральной службой государственной статистики о количестве пользователей интернета

Исследования показывают [2], что интермодуляция возникает, когда два или более сигнала взаимодействуют в нелинейных элементах системы, таких как усилители и антенны. Это приводит к образованию дополнительных частот, которые могут создавать помехи для других каналов, ухудшая качество связи [3].

В настоящее время существует множество методов и технологий, направленных на минимизацию интермодуляционных искажений.

Одним из методов коррекции спектра может стать настройка мощности входных сигналов, так как уровень интермодуляций обычно пропорционален квадрату (для интермодуляций 3-го порядка) или более высоким степеням (для интермодуляций более высоких порядков) входной мощности. Это означает, что даже небольшое увеличение входной мощности может привести к значительному увеличению уровня интермодуляций.

Пусть исходные данные системы:

Частота первого сигнала (f1) равна 11 ГГц, тогда частота второго сигнала – 12.6 ГГц. Тогда мощности сигналов равны соответственно 150 дБ для обоих сигналов. паразитный сигнал у твердотельного источника, обычно используемого в инженерных целях, может достигать 15-20 дБс, что означает, что паразитный сигнал обычно на 15-20 ниже дБс.

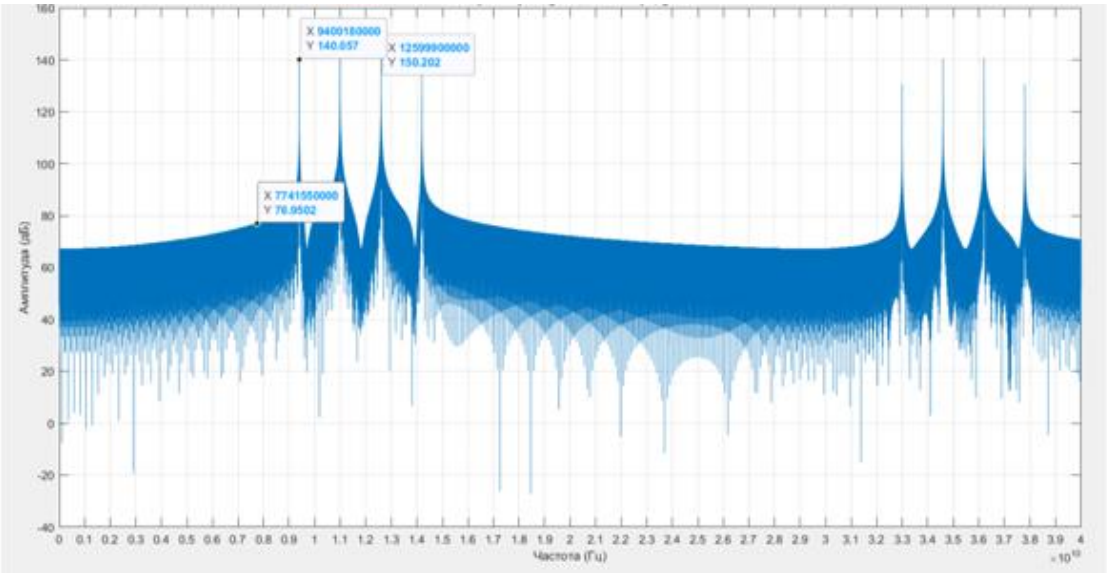


Рис. 2. Спектр интермодуляционных искажений

ТАБЛИЦА 1. Результаты моделирования спектра с помехами

	Частота (ГГц)	Мощность (дБ)
Несущая 1	11	150
Несущая 2	12.6	150
3-й порядок	9.4	140
5-й порядок	7.8	78.9

Результаты моделирования с измененными входными параметрами сигналов представлены на рисунке 3:

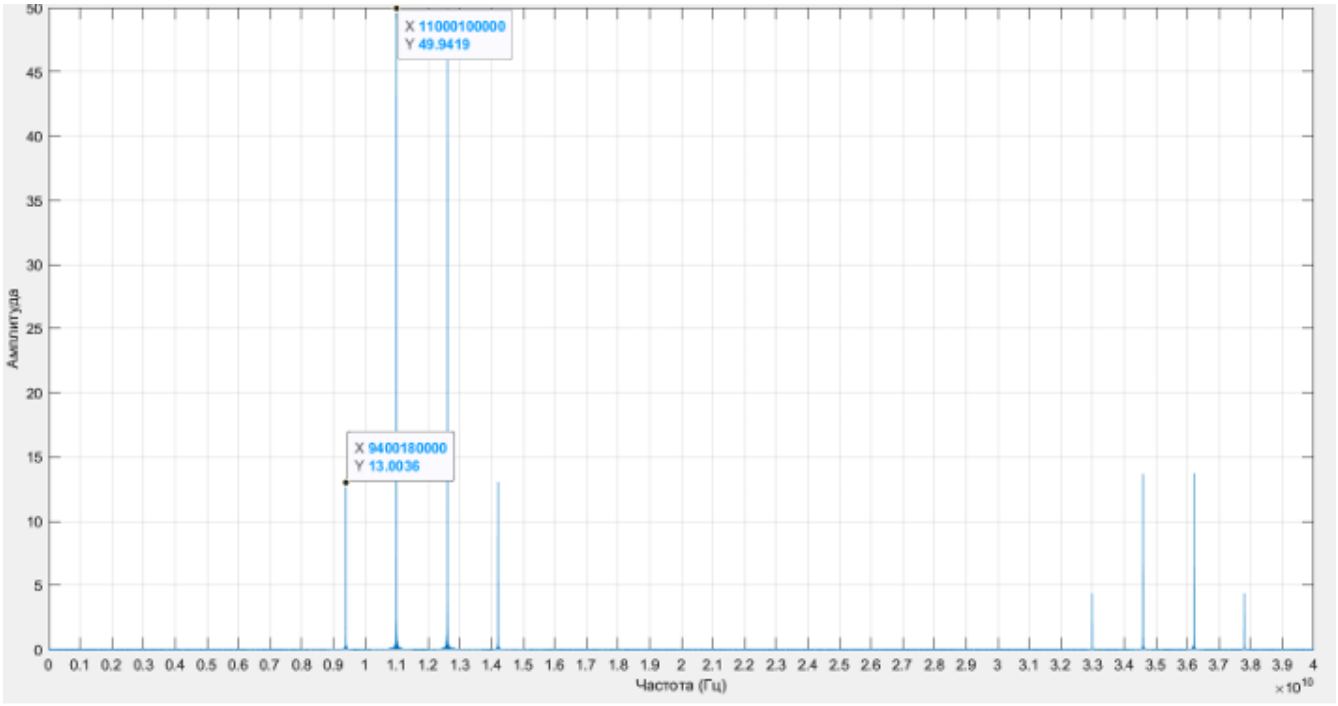


Рис. 3. Спектр интермодуляционных искажений с применением метода настройки мощности входных сигналов

ТАБЛИЦА 2. Результаты моделирования спектра с помехами

	Частота (ГГц)	Мощность (дБ)
Несущая 1	11	50
Несущая 2	12.6	50
3-й порядок	9.4	13

Из результатов моделирования можно сделать вывод, что необходимое 13 интермодуляционное отношение, обеспечивающее адекватное подавление интермодуляционных искажений сигналов, равное 37 дБ получено.

Таким образом, несмотря на существующие проблемы, исследования в области интермодуляции в многоканальных системах радиодоступа продолжают развиваться. Применение современных технологий и подходов к проектированию поможет снизить проявление интермодуляционных искажений, что, в свою очередь, улучшит качество связи и удовлетворит растущие запросы пользователей.

Список используемых источников

1. Мониторинг развития информационного общества в Российской Федерации. URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/infocommunity (дата обращения 06.10.2024).
2. Джуринский К. Интермодуляции в радиочастотных соединителях для мобильной и сотовой связи // Компоненты и технологии, 2010. № 107. С. 26–30.
3. Amir Dayan; Yi Huang; Mattias Gustafsson; Torbjörn Olsson; Alexander G. Schuchinsky Passive Intermodulation in Metal-to-Metal Contacts Caused by Tunneling Current / Amir Dayan; Yi Huang; Mattias Gustafsson; Torbjörn Olsson; Alexander G. Schuchinsky // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 16 February 2024. PP. 1–8.

Melnikova M. **STUDY OF INTERMODULATION PROCESSES IN MULTICHANNEL RADIO ACCESS SYSTEMS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the context of the growing number of mobile subscribers and the increase in the volume of transmitted data, special attention is paid to the quality of radio signals in multichannel radio access systems. An important factor influencing this quality is intermodulation processes, which can significantly reduce the efficiency of radio systems.

Key words: intermodulation, radio systems, multichannel technologies, signal quality, radio access.

УДК 621.396.1
ГРНТИ 49.43.29

АНАЛИЗ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ В ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКЕ И НА ОТКРЫТОЙ МЕСТНОСТИ

Е. А. Романова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная работа посвящена исследованию радиоканала, предназначенного для передачи видеоинформации от наземных беспилотных аппаратов с использованием среды моделирования MATLAB. В статье основное внимание уделяется изучению зависимости дальности связи и скорости передачи данных от частоты и ширины полосы пропускания. Описаны сложности проектирования такого канала, связанных с низкой высотой приемных и передающих антенн и ограниченной прямой видимостью между наземным беспилотным аппаратом и оператором.

радиоканал, MATLAB, беспроводная связь, наземные беспилотные аппараты, RSSI, SNR, битрейт, видеоинформация

Наземные беспилотные аппараты (НБА) представляют собой инновационные устройства, способные автономно перемещаться по поверхности земли без участия человека. Эти устройства нашли широкое применение в различных сферах, включая военную, промышленную, аграрную, исследовательскую и развлекательную. Управление этими аппаратами может осуществляться как автономно, на основе предварительно заданных программ или алгоритмов, так и дистанционно с помощью оператора.

Радиосвязь играет ключевую роль в обеспечении эффективного контроля и управления НБА. Проектирование радиоканала для наземных беспилотных аппаратов представляет собой задачу с несколькими сложностями.

Для беспилотника, передающего видео, нужно спроектировать два канала связи: управления и передачи полезной информации. Схема представлена на рис. 1.

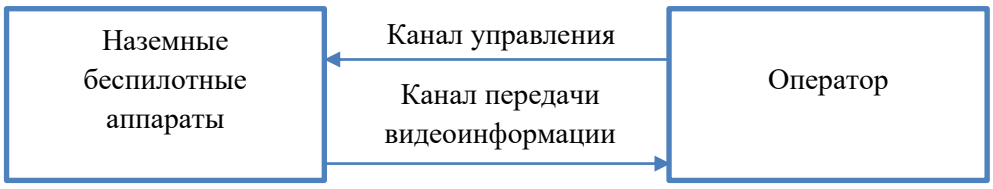


Рис. 1. Схема взаимодействия

Наиболее сложным является проектирование канала передачи видеоинформации – по нему передается большой объем данных.

Одной из основных сложностей является низкая высота подвеса антенн. Это может привести к ограниченной прямой видимости между аппаратом и оператором, особенно на неровной поверхности или при наличии высоких препятствий. Низкое расположение антенн также может увеличить вероятность возникновения множественных отражений сигнала. Сигналы, отраженные от поверхности земли или других объектов, могут создавать интерференцию, которая будет затруднять прием. Исходя из сложностей, описанных выше, можно сделать вывод, что дальность связи может быть сильно ограничена.

Таким образом возникает необходимость создания имитационной модели для анализа и оптимизации работы радиосвязи. Моделирование в MATLAB позволит оценить влияние различных факторов на качество и дальность связи.

Мощность передатчика, чувствительность приемника определены спецификациями существующего оборудования [1].

ТАБЛИЦА 1. Техническое описание ППУ

Технология		TD-LTE
MIMO		2x2
Коэффициент усиления антенн, дБи		2
Высота подвеса передающей антенны, м		0.5
Высота подвеса приемной антенны, м		1.5
Мощность, дБм		23
Модуляция		QPSK, 16QAM, 64QAM
Частоты, МГц	Ширина полосы пропускания, МГц	Чувствительность, дБм
800 (806-826) 1400 (1427.9-1447.9) 2400 (2401.5-2481.5)	3	-106
	5	-104
	10	-103
	20	-99

Для определения максимально допустимых потерь сигнала на трассе учитывались чувствительность приемника, мощность передатчика, коэффициент усиления антенн, потери на трассе, связанные с затуханием и интерференцией.

$$PL_{max} = P_{trx} + G_{trx} - P_{sensitivity} - Loss_{other},$$

где PL_{max} – максимально допустимые потери на трассе, дБ, P_{trx} – мощность передатчика, дБм, G_{trx} – коэффициент усиления передающей антенны, дБи, $P_{sensitivity}$ – чувствительность приемника, дБм, $Loss_{other}$ – потери на трассе, дБ.

Для вычисления максимально допустимой дальности использовалась модель двухлучевого отражения. Она предполагает, что сигнал, переданный от передатчика к приемнику, может достигнуть приемника двумя путями: прямым путем и путем отражения от земли. В данном случае эта модель распространения используется из-за отсутствия строгих требований к высоте подвеса антенн.

Уровень принимаемого сигнала (RSSI) на расстоянии вычисляется на основе мощности передатчика и расстояния до передатчика

$$RSSI = P_0 - 20\,log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right),$$

где RSSI – уровень принимаемого сигнала, дБм, P_0 – мощность передатчика, дБм, d – расстояние до передатчика, м, λ – длина волны сигнала, м.

Отношение сигнал/шум (SNR) вычисляется как отношение мощности сигнала к мощности шума. В данном случае, мощность шума определяется по ширине полосы канала.

$$SNR = 10^{\frac{RSSI-Noise}{10}},$$

где SNR – отношение сигнал/шум, RSSI – уровень принимаемого сигнала, дБм, Noise – полная шумовая мощность над полосой пропускания, дБм.

Теоретическая скорость передачи данных вычисляется с использованием теоремы Шеннона-Хартли и зависит от отношения сигнал/шум

$$Bitrate = Bandwidth \cdot log2(1 + SNR),$$

где Bitrate – пропускная способность, бит/с, Bandwidth – ширина полосы канала, Гц, SNR – отношение сигнал/шум.

Частота и ширина полосы должны обеспечивать достаточную пропускную способность для передачи видео с требуемым разрешением и качеством. В таблице 2 [2] указан необходимый битрейт для каждого конкретного случая.

ТАБЛИЦА 1. Требуемый битрейт

Тип	Битрейт видео (24, 25, 30 кадров)	Битрейт видео (48, 50, 60 кадров)
2160p (4K)	35-45 Мбит/с	58-65 Мбит/с
1440p (2K)	16 Мбит/с	24 Мбит/с
1080p	8 Мбит/с	12 Мбит/с
720p	5 Мбит/с	7,5 Мбит/с
480p	2,5 Мбит/с	4 Мбит/с
360p	1 Мбит/с	1,5 Мбит/с

По результатам моделирования для открытой (рис. 2) и городской среды (рис. 3) для одинаковых частот и полос пропускания можно сделать вывод, что наземный беспилотник с заданной чувствительностью приемника может передавать видеоинформацию на незначительные расстояния, особенно в местах с плотной застройкой.

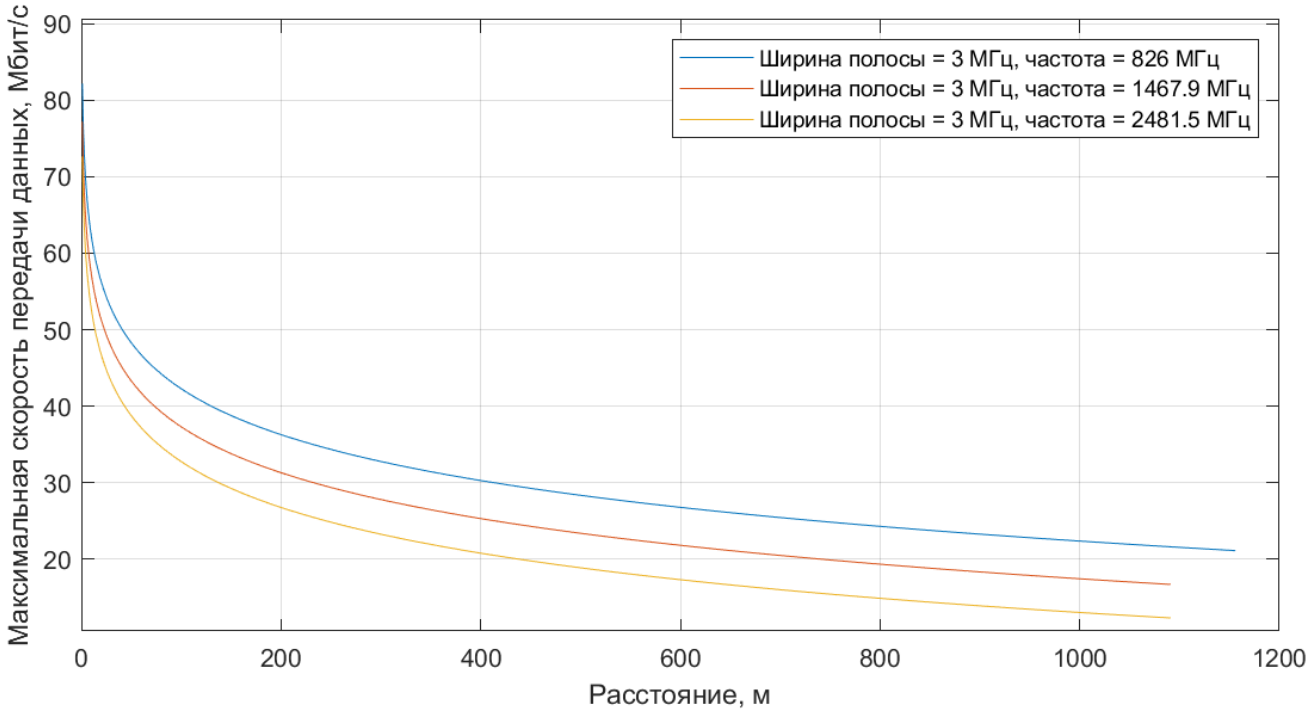


Рис. 2. График зависимости скорости передачи данных на открытой местности от расстояния до НБА для ширины полосы 3 МГц

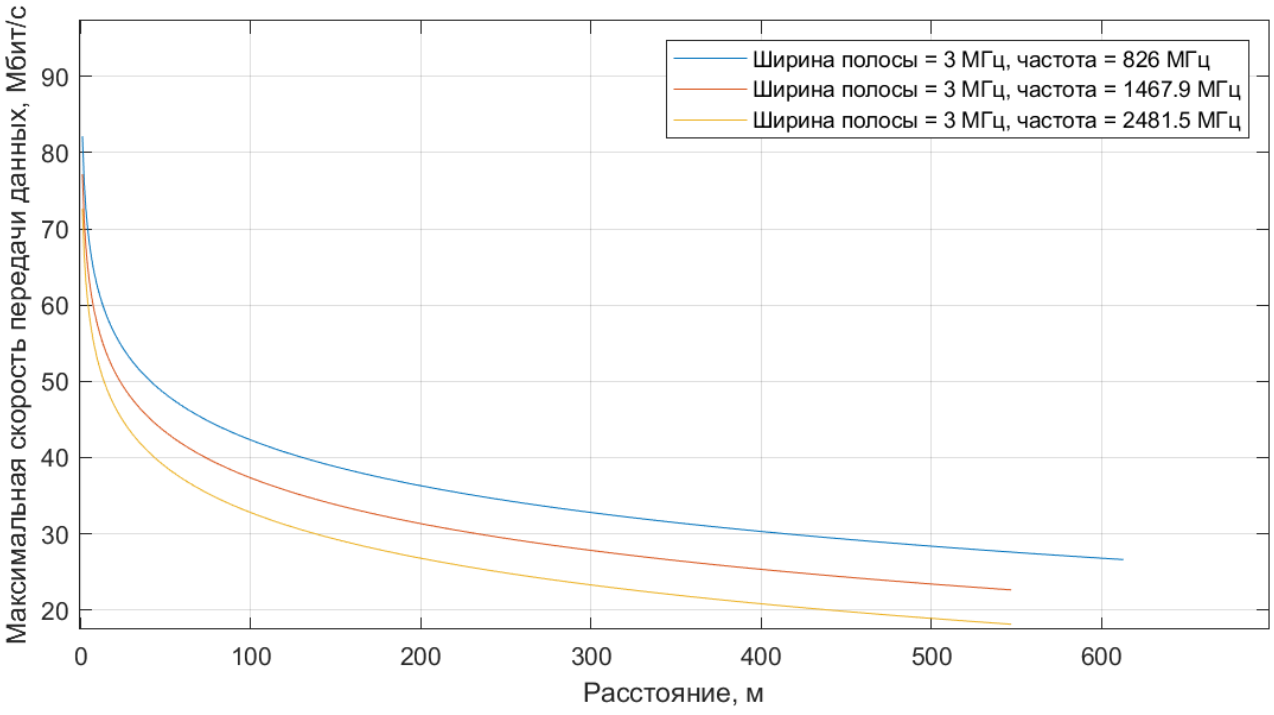


Рис. 3. График зависимости скорости передачи данных в городской застройке от расстояния до НБА для ширины полосы 3 МГц

Как видно из графиков, нижнее значение не превышает 10 Мбит/с на максимальном расстоянии для диапазона 2400 МГц. Согласно таблице 2 такая скорость подходит для передачи видео в разрешении 720p с любой частотой кадров.

Таким образом, для передачи видео высокого качества на расстояния до 500 м подойдут все частоты и полосы из расчетов.

Список используемых источников

1. Kitasuka, T., Hisazumi, K., Nakanishi, T., Fukuda, A. Positioning Technique of Wireless LAN Terminals Using RSSI between Terminals // Proceedings of the 2005 International Conference on Pervasive Systems and Computing, 2005.
2. Рекомендуемые настройки кодирования. URL: Рекомендуемые настройки кодирования - Справка - YouTube (google.com) (дата обращения 29.04.2024).
3. IWAVE Data Sheet. URL: Download Data Sheet - Iwave Communications Co., Ltd. (iwavecomms.com) (дата обращения 16.10.2024).

Romanova E. **ANALYSIS OF THE VIDEO INFORMATION TRANSMISSION CHANNEL FOR GROUND-BASED UNMANNED VEHICLES IN DENSE BUILDINGS AND OPEN AREAS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article is related to the study of radio channel designed to transmit video information from unmanned ground vehicles using MATLAB modeling environment. The paper focuses on the study of the dependence of communication range and data transmission rate on frequency and bandwidth. The difficulties of designing such a channel, associated with the low height of receiving and transmitting antennas and limited line of sight between the ground unmanned vehicle and the operator, are described.

Key words: radio channel, MATLAB, wireless communication, ground unmanned vehicles, RSSI, SNR, bitrate, video information.

УДК 621.396
ГРНТИ 47.35.39

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАНТОВЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ В СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ

А. Э. Савкин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В последние годы квантовая связь привлекла значительное внимание со стороны исследователей и инженеров. Спутниковая квантовая связь выделяется как одна из наиболее перспективных направлений в данной области, предлагая надежные и высокозащищенные способы передачи данных.

квантовая связь, спутниковые системы, защита информации

Квантовая связь – это совокупность методов для передачи квантовой информации, т. е. информации, закодированной в квантовых состояниях (КС), из одной пространственной точки в другую. Носителями квантовой информации являются квантовые системы, которые могут находиться в различных квантовых состояниях [1].

Квантовая связь основывается на эксплуатации квантовых свойств частиц, таких как фотоны. Основой данной технологии являются явления квантовой суперпозиции и запутанности. Когда две частицы оказываются запутанными, их состояния оказываются взаимосвязаны, независимо от расстояния между ними. Это подразумевает, что изменение состояния одной из частиц мгновенно отражается на состоянии другой, даже если они расположены на противоположных концах Вселенной [2].

Квантовая спутниковая связь применяет этот эффект для обеспечения безопасной передачи информации между двумя удаленными точками [3]. В центре этой технологии находится спутник, оборудованный специальными устройствами для генерации и измерения запутанных фотонов. Когда спутник создает пару запутанных фотонов, один из них отправляется в одну точку связи, а другой – в другую. Далее приемные станции в этих точках измеряют состояния фотонов и получают ключи, которые можно использовать для шифрования данных.

Одним из ключевых достоинств квантовой спутниковой связи является ее абсолютная безопасность. Квантовые состояния по своей природе невозможно перехватить или скопировать без внесения изменений, что означает, что любая попытка прослушивания будет немедленно обнаружена. Это делает квантовую связь идеальной для передачи конфиденциальной информации, такой как банковские пароли или государственные тайны. Кроме того, использование квантовой связи позволяет со-

здавать абсолютно надежные системы идентификации и аутентификации, что в свою очередь повышает общую безопасность в различных сферах.

Помимо безопасности, квантовая связь предлагает и другие преимущества. Во-первых, она значительно увеличивает пропускную способность передачи данных. Традиционные каналы связи подвержены физическим ограничениям, которые можно обойти с помощью квантовых технологий. Например, запутанные фотоны могут быть использованы для создания каналов с большей вместимостью, что позволяет передавать больше информации за меньший промежуток времени.

Во-вторых, квантовая связь устойчива к эффектам деградации сигнала, вызываемым дисперсией и потерями в классических оптоволоконных линиях. Запутанные фотоны могут передаваться на значительные расстояния с минимальными потерями и искажениями, что делает квантовую связь высоконадежной и устойчивой.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение видов спутниковой связи

Канал связи	Принцип работы	Преимущества	Недостатки
Классическая спутниковая связь	Радиоволны	Широко доступна, высокая пропускная способность	Небезопасная, уязвима для перехвата
Оптическая спутниковая связь	Лазерные лучи	Более высокая пропускная способность, меньше помех	Дороже, требует более точной юстировки
Квантовая спутниковая связь	Квантовые свойства фотонов	Абсолютно безопасная, неуязвима для подделки	Ограниченная пропускная способность, требует специализированного оборудования

Сейчас в мире ведется активная работа над проектами квантовых спутников связи, вот некоторые из них.

Китай:

– Micius (墨子号). Запущен в 2016 году, он провел первые успешные эксперименты по квантовой спутниковой связи, включая передачу ключей шифрования на расстояние более 1200 км;

– Quantum Experiments at Space Scale (QUESS). Планируется запустить в ближайшем будущем, чтобы изучить возможные приложения квантовой связи в космосе.

Европа:

– Space-QUEST. Проект Европейского космического агентства (ЕКА), который изучает возможности использования квантовой связи в космосе;

– Quantum Internet Alliance (QIA). Объединяет исследователей из разных стран Европы для создания квантовой сети на основе спутников.

США:

– Space-Based Quantum Key Distribution (SBQKD). Программа DARPA, которая изучает возможности создания квантовой спутниковой системы связи для военных целей;

– Quantum Science Satellite (QSS). Проект, который планируется запустить в ближайшем будущем для исследования квантовых явлений в космосе.

В работе планируется исследовать методы квантовой передачи, произвести улучшения по пропускной способности, повысить стабильность работы, облегчить реализацию и уменьшить стоимость оборудования, выяснить на сколько данная технология рентабельна, также расшить области применения данной технологии.

Квантовая спутниковая связь обладает потенциалом революционизировать сферу связи, предоставляя совершенно новый уровень безопасности.[5] Однако пока она находится в начальной стадии развития, и ее применение ограничивается. Традиционные каналы спутниковой связи продолжают оставаться актуальными для широкого круга задач, в то время как квантовая спутниковая связь может стать более распространенной в будущем.

Список используемых источников

1. Гриц В. И., Малышев Д. О. Спутниковые системы на основе квантовых линий связи // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2018. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sputnikovye-sistemy-na-osnove-kvantovyh-liniy-svyazi (дата обращения 10.11.2024).
2. Gisin N., et al. Quantum key distribution: A review // Reviews of Modern Physics, 2002, № 74. P. 145. URL: http://dx.doi.org/10.1103/RevModPhys.74.145 (дата обращения 10.11.2024).
3. Jian-Wei Pan. Quantum communication with satellites: The dawn of a new era // (2017). Nature Reviews Physics. 2017/
4. Сайт квантового спутника Micius. URL: https://www.spacenews.com/chinas-micius-quantum-satellite-continues-to-set-records/ (дата обращения 10.11.2024).
5. Xiao-Yun Li, et al. Satellite-based quantum communication: an overview // Chinese Physics B. 2020.

Savkin A. **THE USE OF QUANTUM COMMUNICATION LINES IN SATELLITE SYSTEMS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In recent years, quantum communication has attracted considerable attention from researchers and engineers. Satellite quantum communication stands out as one of the most promising areas in this field, offering reliable and highly secure data transmission methods.

Key words: Quantum communications, satellite systems, information security.

УДК 621.396.933
ГРНТИ 47.49.33

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ БПЛА-НЦУ В УСЛОВИЯХ ГРУППОВОГО ПОЛЕТА

К. И. Семиндеев, А. Г. Чернышов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В последние годы все больше набирает популярность применение БПЛА в сфере мониторинга геодезии и сельского хозяйства. Использование группового полета БПЛА позволяет в значительной мере оптимизировать ранее ресурсоемкие процессы, такие как мониторинг больших территорий. В данной статье рассмотрены ключевые параметры обеспечения связи между БПЛА и НЦУ, а также определены критерии для построения оптимизационной модели и решения задачи коммивояжера.

групповой полет, БПЛА, задача коммивояжера, многокритериальная оптимизация

Групповой полет БПЛА представляет собой упорядоченное взаимодействие нескольких БПЛА, управляемых главенствующим дроном или напрямую наземным центром управления (НЦУ) для выполнения общей задачи. Подобное использование беспилотников имеет ряд преимуществ перед одиночным полетом. Групповой полет позволяет эффективнее решать поставленные задачи на обширной территории: группа дронов может покрывать большую территорию, и работать на нескольких участках зоны одновременно. Особенно это при решении оптимизационных задач [1, 2].

Одним из примеров подобной задачи является задача коммивояжера, которая завязана на выявлении оптимального пути через n-число точек и возвращения на исходную позицию. В рамках этой задачи необходимо определить кратчайший путь, расходующий наименьше энергоресурсов. Для разработки аналитической модели на основе задачи коммивояжера нужно определиться с ее ключевыми параметрами. Фундаментальным моментов при решении оптимизационных задач является принятие решения в сторону одного единственного варианта. Целью многокритериальной задачи выступает моделирование выбора, т.е. сравнение нескольких вариантов между собой, их оценка и отбор оптимального на основе алгоритмической обработки. Каждый вариант приводит к своему исходу, оцениваемому по критериям. Критериями называются показатели, имеющие следующие признаки:

– являются характеристикой степени достижения цели;

– общие и измеримые для всех вариантов решений;

– имеют прямую зависимость с качеством: чем больше или меньше значение показателя, тем лучше решение при прочих равных условиях;

– характеризуют общую ценность решений таким образом, что у лица, принимающего решение, (ЛПР) имеется стремление получить по ним наиболее предпочтительные оценки; это означает, что они не могут быть представлены в виде конкретно заданных значений.

Критерии делятся на количественные, которые возможно численно измерить и определить на сколько значение одного критерия отличается от другого, и качественные, которые оцениваются с использованием категорий и часто зависят от субъективных оценок.

В многокритериальных задачах набор критериев должен отвечать конкретным требованиям [3]:

– полнота. Набор критериев считается полным, если добавление новых критериев не влияет на полученный результат, но если убрать один из выбранных ранее критериев, то это скажется на результате;

– операциональность. Критерий не должен точно сформулирован и не вызывать трудностей с интерпретацией;

– декомпозируемость. Набор критериев должен обеспечивать возможность подразделения на части с меньшей размерностью. Эта необходимость следует из того, что требуется дать оценку некоторой m-мерной функции, а при случайных событиях найти их совместное распределение вероятностей;

– неизбыточность. Каждый критерий учитывает только один уникальный аспект, чтобы избежать повторений;

– минимальность. Набор критериев должен быть как можно меньше для упрощения оценки со стороны ЛПР;

– измеримость. Критерий должен быть таким, чтобы его можно было оценить в количественной или качественной форме.

Критерии для обеспечения надежной и эффективной радиосвязи берутся из основных параметров радиоканала:

1. Дальность связи. Минимальная и максимальная дальность, на которой БПЛА должен поддерживать стабильную связь с НЦУ. На данный критерий оказывают влияние рабочая частота, высота полета БПЛА, тип антенны, а также среда распространения. Для расчета дальности связи в условиях свободного пространства часто используется формула потерь на пути в свободном пространстве [4].

$$L = 20\lg(d) + 20\lg(f) + 20\lg\left(\frac{4\pi}{c}\right),$$

где L – потери в свободном пространстве, дБ, d – расстояние между передатчиком и приемником, м, f – частота сигнала, Гц, c – скорость света, м/с.

2. Скорость передачи данных. Необходимая скорость передачи данных для обмена КУ, телеметрии, видеосигнала. На данный критерий сказываются полоса пропускания, тип и объем передаваемых данных.

3. Вероятность ошибки на бит передаваемой информации. Частота возникновения ошибки в передаваемом бите данных. На данный критерий влияют интерференция, отношение сигнала к мощности шума, модуляция, тип кодирования.

$$BER_{M-PSK} = \frac{2}{log_2 M}\sqrt{\frac{2E_0}{N_0} sin^2 \frac{\pi}{M}},$$

где $BER_{M\text{-}PSK}$ – коэффициент ошибки бит, E_b – энергия на бит, Дж/бит, N_0 – спектральная плотность шума, Дж/Гц/бит, M – количество состояний фазы.

4. Безопасность. Защита каналов связи от несанкционированного доступа и перехвата. На данный критерий оказывают влияние метод шифрования и кодирования [5].

5. Устойчивость к помехам. Способность системы поддерживать работоспособность в условиях преднамеренных и непреднамеренных помех. На данный критерий влияют фильтры подавления помех, протоколы передачи данных, радиоэлектронные помехи, интерференция.

Данные критерии полностью соответствуют требованиям, которые предъявляются в многокритериальных задачах, что позволяет эффективно и точно оценивать различные варианты решений с учетом нескольких факторов одновременно.

Один из подходов образования векторного критерия состоит в том, чтобы вначале составить наиболее полный перечень критериев, затем исключить те критерии, что не имеют значимости для задачи. Исходя из этого, для построения аналитической модели в рамках задачи коммивояжера достаточно использование двух ключевых критериев: дальности связи, которая определяет максимальную зону покрытия, в пределах которой группа БПЛА может взаимодействовать без потери связи, и скорости передачи данных, влияющей на задержки в канале.

Таким образом, в данной статье были выделены основные параметры связи между БПЛА и НЦУ и на их основе сформулированы критерии для создания оптимизационной модели и решения задачи коммивояжера в условиях группового полета БПЛА.

Список используемых источников

1. Бабич Л. А., Групповое применение разведывательных и ударных беспилотных летательных аппаратов: статья // Молодой ученый, 2019. № 45 (283). С. 3–6.

2. Семиндеев К. И., Чернышов А. Г., Сравнительный анализ стандартов связи, применяемых в каналах управления и связи с БПЛА: статья // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке

и образовании. XIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2024. Т. 3. С. 410–413.
3. Ланнэ А. А., Улахович Д. А. Многокритериальная оптимизация – ВАС, 1984, с. 1-94.
4. Ranjan A. et al. A study on pathloss model for UAV based urban disaster and emergency communication systems //2018 Twenty Fourth National Conference on Communications (NCC) // IEEE, 2018. PP. 1–6.
5. Синицын Ю. Ю., Сизоненко А. Б., Атлашов А. В. Постановка задачи разработки алгоритма восстановления синхронизации при обмене сообщениями в защищенном канале связи комплексов с беспилотными летательными аппаратами: статья // Научные труды КубГТУ, 2021. № 5. С. 103–109.

Semindeev K., Chernyshov A. **DEVELOPMENT OF A CRITERIA SYSTEM FOR PROVIDING A CONTROL CHANNEL BETWEEN UAV AND GROUND CONTROL CENTER FOR A GROUP FLIGHT.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In recent years, the use of UAVs in the field of monitoring, geodesy and agriculture monitoring has become increasingly popular. The use of a group UAV flight makes it possible to optimize previously resource-intensive processes, such as monitoring large areas. This article discusses the key parameters for ensuring communication between UAV and and ground control center, as well as defines criteria for building an optimization model and solving the traveling salesman problem.

Key words: Group flight, UAV, traveling salesman's task, multi-criteria optimization.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 47.13.10

МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ МОСТОВ, РАБОТАЮЩИХ НА ЧАСТОТЕ 70-80 ГГЦ

А. В. Сертаков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе рассмотрены методы увеличения дальности радиорелейных мостов, работающих на частоте 70-80 ГГц. Отмечается, что выделяют ряд методов повышения радиуса действия радиорелейных мостов, функционирующих в диапазоне частот 70-80 ГГц: применение параболических антенн; размещение станций на значительной высоте; увеличение выходной мощности передатчика; улучшение чувствительности приемника.

метод, радиорелейный мост, частота, дальность, каналы передачи

Радиорелейные мосты широко используются в транспортных и различных сетях доступа благодаря своей возможности быстрого развертывания по сравнению с волоконно-оптическими линиями связи при существенно меньших капиталовложениях.

Радиорелейная связь – это наземный способ радиосвязи, осуществляемый по принципу ретрансляции радиосигналов с помощью промежуточных станций. В настоящее время данная технология широкополосной беспроводной связи пользуется заслуженным признанием как высоконадежная и высокоскоростная. Радиорелейная связь представляет собой перспективную замену проводным каналам связи в сетях доступа и транспортных сетях, особенно в ситуациях, когда прокладка кабельных линий из меди или оптического волокна затруднена, невозможна или связана с чрезмерными временными затратами [1].

Возникновение и эволюция радиорелейной связи были продиктованы острой потребностью в существенном расширении пропускной способности радиоканалов за счет использования новых, более высокочастотных диапазонов радиоволн (метровых и сверхвысоких). Учитывая особенности распространения радиоволн в указанных диапазонах частот, потребовалось создание сети дополнительных ретрансляционных станций для обеспечения надежной связи на большие расстояния [2].

Дальность действия магистральных радиорелейных мостов с пропускной способностью 10 Гбит/с в диапазоне 71–76/81–86 ГГц является решающим фактором, если необходимо преодолеть значительное расстояние одним переходом, при этом установка ретранслятора ограничена (водоемы, лесные массивы и т. п.). В российских климатических условиях типичная дальность действия в диапазоне 70–80 ГГц

составляет 3-6 км. Учитывая, что для гражданских систем этого диапазона мощность передатчика ограничена 0,15 Вт, преодоление расстояния более 10 км представляет собой сложную инженерную задачу. Создание радиомоста на дистанции 19,5 км стало новым достижением в области беспроводных систем связи 71–76/81–86 ГГц [3, 4].

Рассмотрим характеристики некоторых моделей радиорелейных мостов, работающих на частоте 70–80 ГГц (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. Характеристика моделей радиорелейных мостов

Модель	Характеристики
PPC-10G-E-HP/2+0	Устройство оснащено двумя независимыми каналами передачи данных Ethernet с пропускной способностью 10 Гбит/с каждый, реализованными по схеме 2+0
ALFOplus 80	Используются в целях создания каналов связи с высокоскоростными беспроводными характеристиками «точка-точка». Пропускная способность в двух направлениях составляет до 2,5 Гбит/с. Для них характерен радиус действия от 3 до 10 километров
Siklu EtherHaul 710TX ODU PoE	Данная модель передает данные на расстояние до 10 км, скорость передачи – 1000 мегабит в секунду
Siklu EtherHaul-2500FX ODU Tx High Power	Система передачи данных обеспечивает радиус действия до 10 километров при скорости передачи 700 мегабит в секунду
ALFOplus 80 РОТЕК E-band 70–80 ГГц (SIAE)	Современная IP-модель, которая может передавать данные со скоростью до 2,5 Гбит/с
PPC-10G-E	Радиорелейная система обеспечивает передачу данных со скоростью 10 гигабит в секунду. Работа системы осуществляется в миллиметровом диапазоне частот (71-76/81-86 ГГц)

Устройство PPC-10G-E-HP/2+0 оборудовано двумя независимыми каналами передачи данных, пропускная способность котрых достигает 10 Гбит/с, работа осуществляется по схеме 2+0. Использование параллельной работы 2-х радиорелейных соединений, функционирующих на различных несущих частотах с применением поперечной поляризации сигнала, позволяет достичь суммарной пропускной способности беспроводного канала связи до 40 Гбит/с. Данная модель разработана с учетом специфических условий эксплуатации в Арктике и оснащена интегрированной системой подогрева критически важных узлов.

Системы ALFOplus 80 характеризуются высокой пропускной способностью, компактным форм-фактором, удобством монтажа и технического обслуживания. В

силу указанных преимуществ, системы ALFOplus 80 представляют собой оптимальное решение для развертывания магистральных сетей мобильных операторов, работающих по стандартам 3G/4G/LTE, корпоративных и ведомственных сетей связи, а также для провайдеров услуг Интернета [5].

Система ALFOplus 80 РОТЕК E-band, работающая в диапазоне частот 70–80 ГГц (SIAE), предназначена для создания высокоскоростных каналов связи «точка-точка», работающих на беспроводной основе на расстоянии 3-10 километров. Устройство PPC-10G-E обладает возможностью работы в беспроводных сетях с радиусом действия до 20 километров.

Радиорелейные системы связи, работающие в миллиметровом диапазоне волн (70-80 ГГц), осуществляют двустороннюю передачу данных путем разделения частот для различных направлений связи. Для функционирования канала связи необходимо зарезервировать две несущие частоты. В E-диапазоне предусмотрено использование двух несущих частот: одна из них должна быть расположена в диапазоне от 71 до 76 ГГц, а вторая – в диапазоне от 81 до 86 ГГц. Расстояние между несущими частотами, составляющее 10 гигагерц, обеспечивает надлежащую функциональность дуплексного фильтра в приемопередатчике [6].

Для повышения дальности связи станции устанавливаются на высоких опорах. Важно обеспечить прохождение сигнала от одной станции к другой, исключая наличие препятствий на пути распространения волн, в том числе в зоне Френеля.

Рассмотрим методы повышения радиуса действия радиорелейных мостов, функционирующих в диапазоне частот 70-80 ГГц:

1. Применение параболических антенн. В целях оптимизации габаритов приемно-передатчика, в основном применяются антенны Кассегрена. Их конструкция основана на использовании двух соосных отражающих поверхностей: главного параболоидального зеркала и вспомогательного гиперболического (рис. 1).

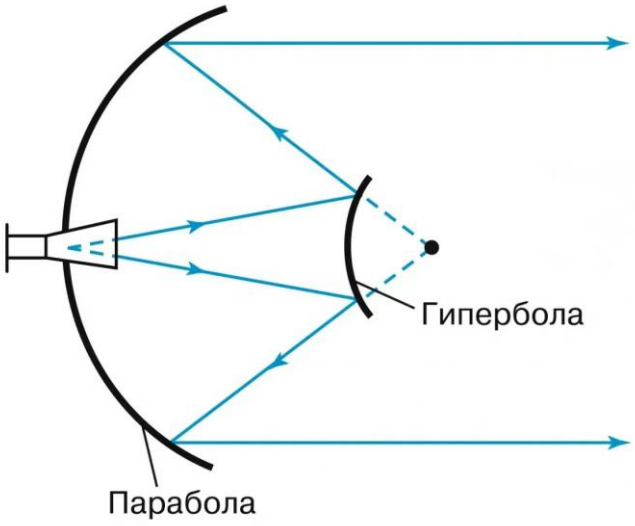


Рис. 1. Антенна Кассегрена [7]

Данная конфигурация способствует минимизации габаритов антенны и ее интеграции в защищенный корпус, что обеспечивает защиту от неблагоприятных погодных условий и механических повреждений.

2. Размещение станций на значительной высоте, достигаемой с помощью высоких мачтовых конструкций, способствует увеличению радиуса действия системы связи. Это обусловлено необходимостью обеспечения прямой видимости между станциями для бесперебойной передачи радиосигналов без помех со стороны наземных препятствий.

3. Увеличение выходной мощности передатчика. В обновленной версии модели PPC-10G-E, работающей в диапазоне 70–80 ГГц, отмечено существенное повышение выходной мощности передатчика. Мощность достигает 17 дБм, что свидетельствует о пятикратном увеличении по сравнению с предшествующей версией радиорелейной линии связи.

4. Улучшение чувствительности приемника. Усовершенствованная модель приемника характеризуется повышением чувствительности за счет увеличения мощности передатчика до 27 дБм (500 мВт) и снижения коэффициента шума приемника до 3 дБ [8].

В современных магистральных радиорелейных линиях широко применяется адаптивная модуляция для минимизации негативного воздействия атмосферных осадков. Эта функция обеспечивает динамическое изменение типа модуляции в зависимости от интенсивности осадков [9].

Использование миллиметровых радиоволн в системах передачи данных способно существенно увеличить их пропускную способность. Вместе с тем, одной из ключевых задач также является увеличение расстояния передачи без потери качества сигнала.

Одним из перспективных решений этой проблемы предлагается применение технологии Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output) в сочетании с дифференциальной пространственной модуляцией (DSM).

Massive MIMO – это технология, использующая большое количество антенн на передающей и принимающей сторонах для увеличения пропускной способности и надежности передачи данных. Одной из главных проблем в e-band является высокая затухаемость сигнала, особенно на больших расстояниях. Использование Massive MIMO должно компенсировать эти потери за счет формирования узконаправленных лучей, которые фокусируют энергию в направлении приемника. В отличие от традиционных систем MIMO, которые могут использовать несколько антенн, Massive MIMO может задействовать десятки или даже сотни антенн одновременно. Это должно позволить более эффективно использовать спектр и значительно улучшить качество и дальность систем связи [10].

Дифференциальная пространственная модуляция (DSM) – это метод, который может быть использован в сочетании с MIMO для дальнейшего улучшения эффективности передачи данных [11]. DSM позволяет передавать информацию не только через амплитуду и фазу сигнала, но и через выбор активных антенн в массиве. DSM устраняет необходимость в сложных алгоритмах оценки канала, а за счет использо-

вания пространственного измерения для кодирования данных, DSM позволяет увеличить количество передаваемой информации без увеличения полосы частот. Поскольку DSM использует пространственные изменения для передачи данных, система становится более устойчивой к интерференции и шумам.

Таким образом, сочетание технологий Massive MIMO и DSM предлагает определенные улучшения в области эффективности и устойчивости систем передачи данных в радиомостах, работающих на частоте 70-80 ГГц. Эти технологии перспективны для решения задач по увеличению дальности работы таких радиомостов. Это особенно актуально для систем связи, где скорость передачи данных не является ключевым критерием оценки эффективности. В таких системах первостепенными факторами становятся дальность организации каналов, их стабильность и возможность работы в нелицензируемом диапазоне.

Список используемых источников

1. Афонин И. Г. Перспективы применения средств радиорелейной связи в условиях радиоэлектронной борьбы // Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации. М.: Информационный мост, 2018. 210 с.
2. Кукк К. И. Из истории становления отечественной военной радиорелейной и тропосферной связи (часть 1) // Электросвязь: история и современность, 2008. № 1. С. 13–17.
3. Миркин В. В. Эволюция отечественных систем радиорелейной связи // Вестник Томского государственного университета, 2013. № 372. С. 120–125.
4. Статистика отрасли: Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. URL: https://digital.gov.ru/ru/pages/statistika-otrasli/ (дата обращения 05.11.2024).
5. Одоевский С. М., Степанец В. А. Проектирование РРЛ: программный комплекс ONEPLAN RPLS // Первая миля, 2016. № 61. С. 18–23.
6. Особенности частотного обеспечения, проектирования и строительства радиорелейных систем связи. Учебное пособие: В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, Ю. А. Распаев, В. Н. Харин, И. А. Хворов / под общ. ред. В. А. Григорьева. СПб: НИУ ИТМО, 2013. 149 с.
7. Антенна Кассегрена. Большая российская энциклопедия. URL: https://bigenc.ru/c/antenna-kassegrena-0f5e04 (дата обращения 04.11.2024).
8. Обзор способов повышения производительности радиорелейных линий связи / Е. В. Рогожников, Е. П. Ворошилин, А. С. Колдамов, А. А. Гельцер // Вестник СибГУТИ. 2013. № 4 (24). С. 3–11.
9. Коновалов Л. М. Основные тенденции развития радиорелейной связи в современных условиях // Труды Научно-исследовательского института радио, 2015. № 1. С. 59–63.
10. Chen Sun, Xiqi Gao, Shi Jin et al. Beam division multiple access transmission for massive MIMO communications // IEEE Transactions on Communications, 2015. Vol. 63. № 6. PP. 2170–2184.
11. Thu Phuong Nguyen1, Xuan Nam Tran, Minh-Tuan Le and Huan X. Nguyen. Differential spatial modulation for high-rate transmission systems // Nguyen et al. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2018. № 6. PP. 1–9.

Sertakov A. **METHODS OF INCREASING THE RANGE OF RADIO RELAY BRIDGES OPERATING AT A FREQUENCY OF 70-80 GHZ.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The paper considers methods for increasing the range of radio relay bridges operating at a frequency of 70-80 GHZ. It is noted that there are a number of methods for increasing the range of radio relay bridges operating in the frequency range of 70-80 GHz: the use of parabolic antennas; station placement at a significant height; increasing the output power of the transmitter; improving the sensitivity of the receiver.
Key words: method, radio relay bridge, frequency, range, transmission channels.

УДК 621.372.54
ГРНТИ 47.05

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВНЕСЕНИЯ ПРЕДЫСКАЖЕНИЯ

Д. П. Смирнов, А. А. Шевченко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная работа рассматривает существующие методы внесения предыскажения в сигнал с целью выявления наиболее эффективного метода предыскажения для нивелирования нелинейности системы передачи сигнала. В статье рассмотрены различные методы внесения предыскажения: линейные, нелинейные и цифровые. Описаны их положительные и отрицательные стороны. Выбран самый эффективный метод из существующих.

цифровое предыскажение, линейное предыскажение, нелинейное предыскажение

В современной коммуникационной технике повсеместно используются усилители мощности, нелинейные по своей природе. Чтобы нелинейность усилителя мощности не внесла искажение до усиления сигнала, в него вносится предыскажение. В современной технике применяются 3 типа предыскажений: линейное предыскажение, нелинейное предыскажение и цифровое предыскажение (таблица 1). Они отличаются способами взаимодействия с сигналом.

ТАБЛИЦА 1. Методы внесения предыскажения

Название	Способы взаимодействия
Линейное предыскажение	сигнал умножается на коэффициент, чтобы компенсировать нелинейность
Нелинейное предыскажение	использует сложные функции, чтобы компенсировать нелинейности
Цифровое предыскажение	использует цифровые алгоритмы для создания и применения функции предыскажения

Целью статьи является определение наиболее эффективного метода внесения предыскажения.

Рассмотрим особенности каждого способа подробнее.

Линейное предыскажение сигнала (Linear Pre-distortion, LPD) – это метод обработки сигнала, который вносит контролируемые искажения в исходный сигнал с целью компенсации искажений, возникающих в канале передачи. Сигнал при передаче через физический канал (например, кабельный, радиоканал, оптический кабель) искажается (таблица 2). Прежде чем передать сигнал по каналу в него вносятся специально подобранные искажения (предыскажения) таким образом, чтобы компенсировать искажения канала и улучшить его характеристики (таблица 3). При получении сигнала на приемнике, предыскажения нивелируются, и восстанавливается исходный сигнал.

ТАБЛИЦА 2. Виды искажений в канале передачи

Вид искажения	Особенности
Затухание	Сигнал ослабевает по мере прохождения через канал
Размытие	Сигнал распространяется с разной скоростью для разных частот, что приводит к размытию импульсов
Интерференция	Посторонние сигналы могут исказить сигнал, проходящие в канале

ТАБЛИЦА 3. Улучшаемые LPD характеристики

Характеристика	Положительный эффект
Качество сигнала	Линейное предыскажение позволяет получить более четкий и качественный сигнал на приемнике, минимизируя искажения, возникающие в канале
Скорость передачи	Линейное предыскажение способствует более быстрой передаче данных, поскольку сигнал может быть более насыщенным
Дальность передачи	Линейное предыскажение позволяет передавать сигнал на более дальние расстояния, так как сигнал может быть более устойчивым к затуханию

У линейных предыскажений есть некоторые преимущества и недостатки по сравнению с нелинейными предыскажениями (таблица 5).

ТАБЛИЦА 4. Преимущества и недостатки LPD

	Характеристика	Пояснение
Преимущества	Простота реализации	LPD относительно просто реализовать, особенно в сравнении с нелинейными методами предыскажения
	Низкая сложность вычисления	Для LPD не требуются сложные вычисления, что делает их пригодными для реального времени
	Низкие затраты на проектирование	Простые в реализации и не требующие больших вычислительных ресурсов методы LPD могут быть более экономичными, чем нелинейные методы.
Недостатки	Малоэффективен при сильных нелинейностях	LPD не может эффективно компенсировать сильные нелинейные искажения, такие как клиппинг или переходные искажения.
	Ограниченная точность	Линейные модели не могут точно описывать сложные нелинейные характеристики усилителей мощности, что ограничивает точность компенсации искажений
	Ограниченное область применение	LPD используется исключительно в системах с незначительными нелинейными искажениями, где высокая точность компенсации не является необходимой

Нелинейные предыскажения (Nonlinear Pre-distortion, NPD) сигнала применяются с использованием более сложных алгоритмов, которые принимают во внимание нелинейные характеристики усилителя мощности. В отличие от линейных предыскажений, NPD не просто добавляет линейный сигнал к исходному, а исполь-

зует нелинейные функции для моделирования и компенсации искажений [1]. Процесс реализации NPD состоит из пяти этапов (таблица 5).

ТАБЛИЦА 5. Этапы реализации NPD

Этап	Описание реализации
Анализ нелинейности	Осуществляется детальное измерение и моделирование параметров усилителя мощности. NPD применяет нелинейные модели, такие как полиномиальные функции, ряды Волтерра или нейронные сети, которые способны наиболее точно описывать сложные нелинейные зависимости
Создание обратного искажения	Разрабатывается нелинейный фильтр, который добавляет «обратное искажение» к исходному сигналу. Этот фильтр имеет нелинейную зависимость от исходного сигнала и принимает во внимание все известные нелинейности усилителя
Предыскажение сигнала	Исходный сигнал проходит через фильтр предыскажения, который накладывает на него «обратное искажение»
Передача сигнала	Модифицированный сигнал проходит через усилитель мощности
Компенсация искажений	Искажения, создаваемые усилителем, компенсируются заранее введенным обратным искажением, что обеспечивает более чистый сигнал на выходе устройства

Нелинейное предыскажение имеет свои плюсы и минусы по сравнению с линейными предыскажениями (таблица 6).

ТАБЛИЦА 6. Преимущества и недостатки NPD

	Характеристика	Пояснение
Преимущества	Высокая точность	NPD может компенсировать более широкий спектр нелинейных искажений, чем линейное предыскажение
	Эффективность для сложных систем	NPD демонстрирует большую эффективность в системах с выраженными нелинейностями, например, в мощных усилителях с высокой выходной мощностью
Недостатки	Высокая сложность реализации	NPD требует более сложных алгоритмов и большей вычислительной мощности по сравнению с линейными предсказаниями
	Необходимо больше данных при проектировании	Для обучения нелинейных моделей NPD требуется больше информации о характеристиках усилителя, чем для линейных моделей

Цифровое предыскажение сигнала (Digital Pre-distortion, DPD) представляет собой метод, применяемый для компенсации нелинейных искажений, возникающих в

радиочастотных системах. Этот подход заключается в добавлении преднамеренного искажения к исходному сигналу перед его передачей через нелинейный элемент, такой как усилитель мощности. DPD использует цифровые фильтры для моделирования нелинейных характеристик усилителя и внедрения «обратного искажения» в исходный сигнал. DPD применяет цифровые фильтры для моделирования нелинейности усилителя и добавления «обратного искажения» в исходный сигнал [2]. Цифровые предыскажения имеют свои преимущества и недостатки по сравнению с нелинейными предыскажениями (таблица 7).

ТАБЛИЦА 7. Преимущества и недостатки DPD

	Характеристики	Пояснение
Преимущества	Упрощенная конструкция	DPD позволяет использовать менее сложные усилители мощности, так как им не нужно быть идеально линейными
	Высокая эффективность	DPD позволяет усилителю работать ближе к своим максимальным возможностям, увеличивая выходную мощность и снижая энергопотребление
	Улучшенное качество сигнала	Компенсация нелинейных искажений приводит к более чистому и стабильному сигналу
	Увеличенный диапазон частот	DPD позволяет расширить частотный диапазон, в котором работает система, благодаря уменьшению искажений
Недостатки	Сложность реализации	DPD требует более сложных алгоритмов и вычислительных ресурсов по сравнению с линейными методами предыскажения
	Требование к данным	Для эффективной работы DPD требуется достаточное количество данных о характеристиках усилителя мощности
	Чувствительность к шуму	DPD может быть чувствителен к шуму, который может исказить процесс оценки характеристик усилителя и привести к неточности компенсации искажений
	Ограниченная скорость обработки	Алгоритмы DPD могут требовать значительного времени для выполнения вычислений, что может ограничить скорость обработки сигнала и привести к задержкам в реальных системах
	Проблемы с адаптацией	DPD-фильтры могут не адекватно адаптироваться к быстрым изменениям в характеристиках усилителя мощности, например, в случае изменения температуры или нагрузки
	Проблемы с переобучением	DPD-фильтры могут переобучиться на определенных условиях, что приводит к плохой работе при изменениях в характеристиках усилителя или сигнала
	Сложность в компенсации сложных нелинейностей	DPD может быть не очень эффективным в компенсации сложных нелинейных искажений, например, межмодуляционных искажений (IMD)
	Ограниченная эффективность для широкополосных сигналов	DPD может не так эффективно работать с широкополосными сигналами из-за ограничений в скорости обработки и сложности моделирования

Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Нелинейное предыскажение является наиболее эффективным, так как позволяет компенсировать более широкий спектр нелинейных искажений и применим в большинстве сложных систем. Также данный метод является наиболее универсальным, что позволяет применять его в любых условиях и для любой мощности;

2. Линейные предыскажения эффективны в простых системах из-за малых затрат на разработку;

3. Цифровые предыскажения применяются в мобильных устройствах, где важны малые размеры устройства.

Список используемых источников

1. Digital predistortion for RF power amplifiers: State of the art and advanced approaches. URL: https://www.researchgate.net/publication/261310345_Digital_predistortion_for_RF_power_amplifiers_State_of_the_art_and_advanced_approaches (дата обращения 13.11.2024).
2. Tikhonov V. Yu. Comparison of nonlinear distortion compensation methods in power amplifiers / V. Yu. Tikhonov, A. R. Abdipour // Synchroinfo Journal, 2023. Vol. 9. № 5. PP. 2–8. DOI: 10.36724/2664-066x-2023-9-5-2-8. EDN FLXEDN.

Smirnov D. **ANALYSIS OF METHODS FOR INTRODUCTION PREDISTORTION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The work examines existing methods of introducing pre-distortions into a signal, describes the features of linear pre-distortions, features of non-linear pre-distortions, features of digital pre-distortions, describes its positive and negative features, describes its positive and negative features. The best method from the existing ones is selected.

Key words: digital pre-distortion, linear pre-distortion, nonlinear pre-distortion.

УДК 621.396
ГРНТИ 49.33.31

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ РАДИОКАНАЛА ДЛЯ СВЯЗИ С БЕСПИЛОТНЫМИ НАЗЕМНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

А. М. Стрижкина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время беспилотные наземные объекты становятся все более популярными и востребованными. Они широко используются в различных областях, таких как логистика, транспортировка, оборонная и промышленная сфера, сельское хозяйство, мониторинг и многое другое. Однако, важной проблемой при управлении беспилотными наземными объектами является обеспечение надежной и стабильной связи с ними. В результате исследования будет предложен сравнительный анализ нескольких методов увеличения дальности радиоканала, который поможет определить наиболее оптимальный метод в различных условиях эксплуатации и сферах применения.

беспроводная сеть передачи данных, беспилотные наземные объекты, увеличение дальности радиоканала, LoRa, Wi-Fi

В современном мире радиосвязь стала неотъемлемой частью взаимодействия с беспилотными наземными объектами. Технологии радиосвязи позволяют обеспечить надежную и безопасную передачу данных между операторами и беспилотными устройствами, контролировать и управлять их действиями на расстоянии.

Для связи с беспилотными наземными объектами могут использоваться различные технологии радиосвязи, в зависимости от конкретных задач и требований.

LoRa и Wi-Fi – это две разные технологии беспроводной связи со значительными различиями в области применения, радиусе действия, энергопотреблении и скорости передачи данных (табл. 1) [1, 2], поэтому на примере этих технологий было проведено моделирование различных сценариев связи с беспилотными наземными объектами.

Для моделирования выбрано ПО CupCarbon, т.к. программа позволяет создавать реалистичные модели беспроводных сетей, учитывая особенности среды, географические характеристики и различные технические параметры оборудования; предоставляет возможность визуализации данных; имеет интуитивно понятный интерфейс, что делает его доступным для широкого круга пользователей, а также имеет высокую гибкость настройки.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение технологий Wi-Fi и LoRa

Параметр	Wi-Fi		LoRa
	2,4 ГГц	5 ГГц	
Дальность связи	до 200 м	до 50 м	до 10 км
Потребляемая мощность	до 2 Вт		10-100 мВт
Безопасность	WEP, WPA, WPA2	WEP, WPA, WPA2, WPA3	AES
Пропускная способность	до 600 Мбит/с	до 1300 Мбит/с	до 50 Кбит/с
Области применения	в домашних и офисных сетях, в общественных местах и т.д.		Интернет вещей (IoT), умные города, системы мониторинга и управления

Для увеличения дальности радиоканала для связи с беспилотными наземными объектами можно использовать следующие методы [3]:

1. Установка более мощных передатчиков и приемников: использование передатчиков и приемников с более высокой мощностью позволяет увеличить дальность связи.

2. Использование ретрансляторов: установка ретрансляторов на промежуточных участках позволяет передавать сигнал на большие расстояния.

3. Увеличение высоты установки антенн: чем выше расположены антенны, тем дальше можно передавать сигнал.

Результаты моделирования этих методов представлены в таблице 2 для технологии Wi-Fi и в таблице 3 для технологии LoRa.

ТАБЛИЦА 2. Результаты моделирования методов увеличения дальности радиоканала для технологии Wi-Fi

Параметр / Метод	Кол-во сообщений	Кол-во нулей	Покрываемость маршрута, %
Начальные параметры	160	42	73.75
Увеличение мощности передатчика	167	18	88.75
Улучшение чувствительности приемника	160	29	81.875
Увеличение мощности передатчика + Улучшение чувствительности приемника	167	8	95
Увеличение высоты подвеса антенн	160	29	81.875
Увеличение мощности передатчика + Улучшение чувствительности приемника + Увеличение высоты подвеса антенн	170	3	98.125
Добавление в сеть новых узлов	180	0	100

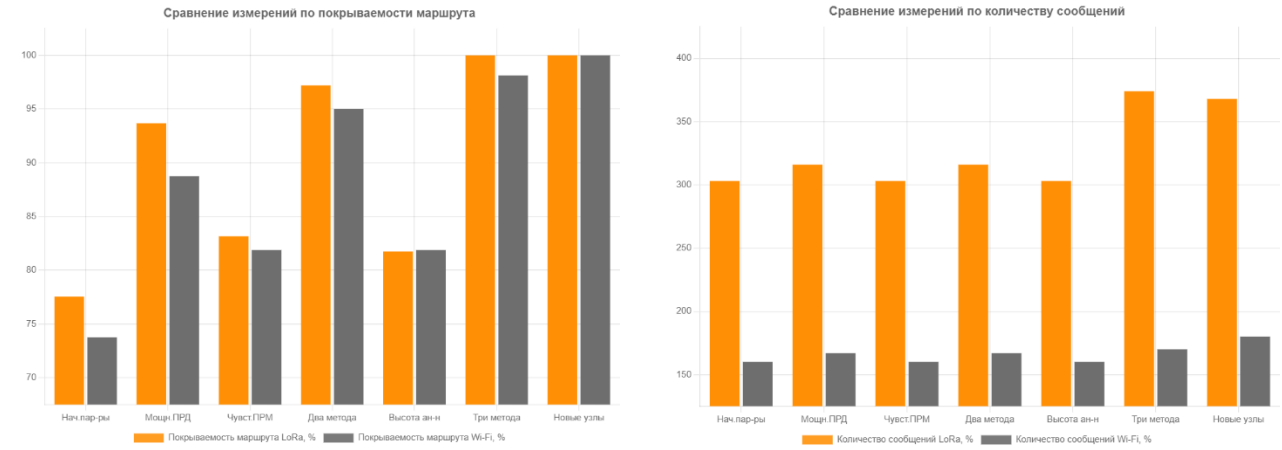
ТАБЛИЦА 3. Результаты моделирования методов увеличения дальности радиоканала для технологии LoRa

Параметр / Метод	Кол-во сообщений	Кол-во нулей	Покрываемость маршрута, %
Начальные параметры	303	64	77.54
Увеличение мощности передатчика	316	18	93.68
Улучшение чувствительности приемника	303	48	83.157
Увеличение мощности передатчика + Улучшение чувствительности приемника	316	8	97.193
Увеличение высоты подвеса антенн	303	52	81.75
Увеличение мощности передатчика + Улучшение чувствительности приемника + Увеличение высоты подвеса антенн	374	0	100
Добавление в сеть новых узлов	368	0	100

В данной работе для оценки эффективности будут использоваться параметры «процент покрываемого маршрута» и «количество сообщений», полученных координатором при использовании различных методов увеличения дальности радиоканала.

При сравнении изменений (рис. 1, а) по параметру «процент покрываемого маршрута» видим, что значения для различных методов не сильно отличаются. Наиболее эффективным методом, обеспечивающим 100 % покрытие маршрута, является добавление в сеть новых узлов. Однако, при моделировании LoRa полного покрытия удалось достичь комбинированием трех методов (увеличение мощности передатчиков, улучшение чувствительности приемника, изменение высоты подвеса антенн).

Радиус действия LoRa значительно превышает радиус действия Wi-Fi, поэтому моделирование проводилось в масштабах города и в масштабах района города соответственно. Следовательно, количество точек на маршруте следования беспилотного объекта при моделировании LoRa в разы больше, чем количество точек маршрута при моделировании Wi-Fi. Сравнивая измерения по параметру «количество сообщений» (рис. 1. б) видим, что при моделировании LoRa наиболее эффективным оказалось совместное использование трех методов, а при моделировании Wi-Fi – добавление в сеть новых узлов.



а) б)

Рис. 1. Сравнение результатов моделирования

Для определения оптимального метода увеличения дальности радиоканала обратимся к методу скаляризации [4], который является способом выбора наилучшего параметра путем преобразования многокритериальной задачи в однокритериальную (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4. Результаты выбора оптимального метода

Метод увеличения дальности радиоканала	Нормированные оценки весов, C_{ij}				Ср. знач. веса, C_i
	Кол-во сообщений, Wi-Fi	Кол-во сообщений, LoRa	Процент покрываемого маршрута, Wi-Fi	Процент покрываемого маршрута, LoRa	
Увеличение мощности передатчика	0.143	0.138	0.143	0.148	0.143
Улучшение чувствительности приемника	0.137	0.133	0.132	0.131	0.133
Увеличение мощности передатчика + Улучшение чувствительности приемника	0.143	0.138	0.153	0.153	0.147
Увеличение высоты подвеса антенн	0.137	0.133	0.132	0.129	0.133
Увеличение мощности передатчика + Улучшение чувствительности приемника + Увеличение высоты подвеса антенн	0.164	0.164	0.158	0.158	0.156
Добавление в сеть новых узлов	0.161	0.161	0.161	0.158	0.159

Таким образом, наиболее эффективным оказался метод добавления в сеть новых узлов. Данный метод позволяет расширить зону покрытия радиосигнала, что повышает доступность сети для пользователей в различных местах; позволяет сократить расстояние между устройствами, что способствует уменьшению помех и улучшению качества сигнала; позволяет увеличить плотность узлов, что помогает улучшить покрытие радиосигналом и увеличить дальность передачи данных. Что касается именно увеличения дальности радиоканала, то наиболее эффективным является комбинированное использование трех методов.

Список используемых источников

1. Пролетарский А. В. Технология современных беспроводных сетей Wi-Fi / А. В. Пролетарский, Е. В. Смирнова, Е. А. Ромашкина. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 448 с.
2. Bor M.; Vidler J. E.; Roedig U. Lora for the Internet of Things. In Proceedings of the 2016 International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks (EWSN ’16), TU Graz, Styria, Austria, 15–17 February 2016. PP. 361–366.
3. Модели распространения радиоволн. URL: http://telecomproject.tripod.com/mod.htm (дата обращения 10.11.2024).
4. Ланнэ А. А., Улахович Д. А. Многокритериальная оптимизация. Типография ВАС, 1984. С. 1–94.

Strizhkina A. **ANALYSIS OF METHODS FOR INCREASING THE RANGE OF A RADIO CHANNEL FOR COMMUNICATION WITH UNNAMED GROUND OBJECTS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Unmanned ground facilities are becoming more and more popular and in demand. They are widely used in various fields such as logistics, transportation, defense and industrial sectors, agriculture, monitoring and more. However, an important problem in the management of unmanned ground facilities is to ensure reliable and stable communication with them. As a result of the study, a comparative analysis of several methods for increasing the range of a radio channel will be proposed, which will help determine the most optimal method in various operating conditions and applications.

Key words: wireless data transmission network, unmanned ground objects, increasing the range of the radio channel, LoRa, Wi-Fi.

УДК 621.396
ГРНТИ 47.43.21

ВЫБОР ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ СВЯЗИ БЕСПИЛОТНЫМИ КАТЕРАМИ

И. С. Тагаров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Использование беспилотных объектов различного назначения является крайне актуальным. При этом в основном внимание уделяется беспилотным летающими аппаратам, но крайне редко затрагиваются вопросы управления наземными и надводными аппаратами. Ряд задач, возникающих при разработке связи с такими устройствами, ориентирован на особенности распространения волн в той среде, в которой данное устройство планируется использовать. Так, для беспилотных катеров стоит задача сохранить работоспособность радиоканала даже в условиях сложной погодной обстановки: шторма, тумана, обледенении и т.п. В данной работе представлено обоснование выбора частотного диапазона, позволяющего учесть затухание в гидрометеорах. Показано, что в зависимости от задач реализации каналов (управление, передача данных, передача видео) для надводных катеров может быть использовано несколько существующих технических решений и частотных диапазонов от 100 МГц до 450 МГц.

частотный диапазон, затухание в гидрометеорах, беспилотные катера

Задачи использования беспилотных катеров сталкиваются с особенностями реализации радиосвязи с такими объектами.

Крайне важной задачей на этапе разработки систем радиосвязи с беспилотным катером является выбор частотного диапазона. Традиционно для связи с беспилотными аппаратами различного назначения используются частотные диапазоны, относящиеся к нелицензируемым. Однако в настоящее время в РФ практически реализуются системы только в 12 частотных диапазонах [1]: 137-174 МГц и 395-400 МГц для реализации канала управления; 430-460 МГц: 433,05-434,79 МГц для канала управления и 438-448 МГц – для канала передачи телеметрии; 860-880 МГц, 902-928 МГц и 1100-1400 МГц – для канала управления FPV БПЛА и передачи видео в реальном времени, для каналов управления; 2400-2483,5 МГц – для потокового видео и канала управления. Также для передачи телеметрии и полезной нагрузки в РФ возможно использование диапазонов частот 5030-5091 МГц и 5850-6425 МГц [2].

При этом при организации радиоканала в непосредственной близости от воды необходимо учитывать особенности распространения радиоволн [3]. Туман и водяные облака состоят из водяных капель, находящихся во взвешенном состоянии. Диаметры этих взвешенных капель, как правило, находятся в диапазоне от 10 мкм (туман) до 100 мкм (дождевые облака), а значения плотности их количества находятся

в диапазоне от 100 до 500 на см3. Результатом этого являются значения плотности воды от 0,01 до 1 гм/м3.

В миллиметровом и сантиметровом диапазонах водяные облака и туман могут вызвать заметное ослабление сигнала, и для систем с низким коэффициентом готовности такое ослабление может стать основной причиной ухудшения их работы. Помимо ослабления ледяные облака могут привести к значительной деполяризации при отсутствии существенного ослабления (рис. 1).

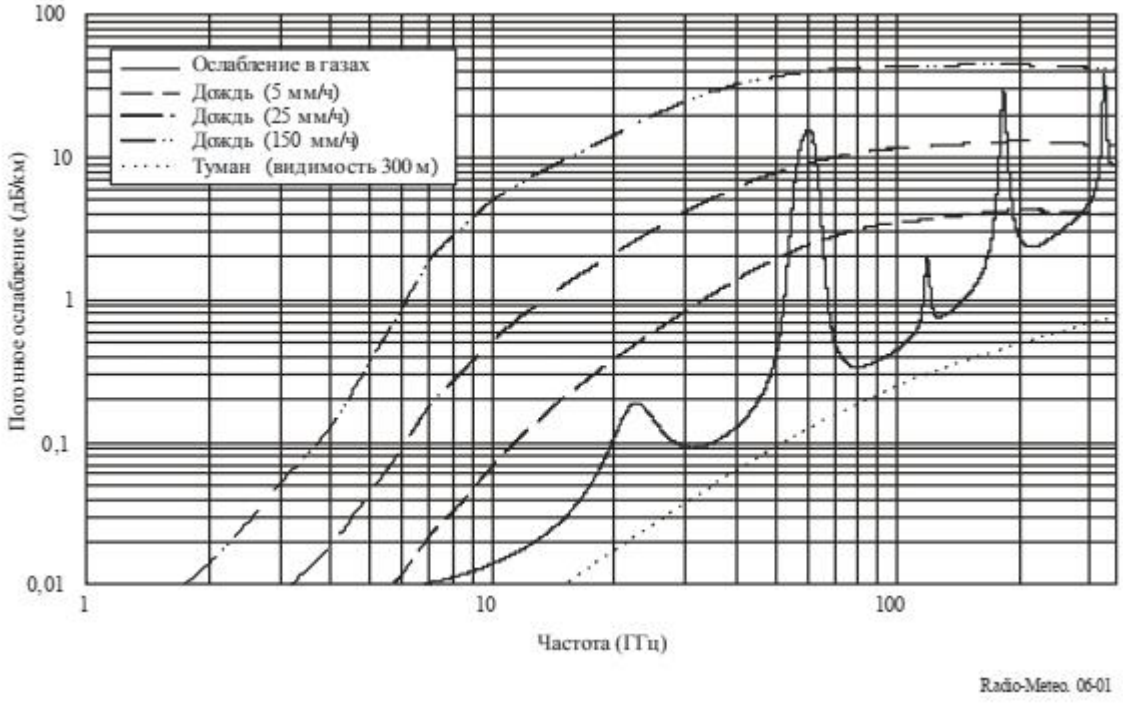


Рис. 1. Погонное ослабление, вызванное атмосферными газами (молекулярным кислородом и водяным паром), дождем и туманом [3]

Согласно Рекомендации МСЭ-R P.676-13 [4], вклад затухания в гидрометеорах может быть довольно существенным (рис. 2), как показывает расчет по моделям Рекомендации МСЭ-R P.835 [5], однако это наиболее сильно сказывается на частотах свыше 10 ГГц.

При этом дисперсионные эффекты [3] не оказывают серьезного влияния на наземные системы связи, работающие в миллиметровом диапазоне на частотах до нескольких сотен МГц, длина трасс которых относительно невелика, и особенно в области окон спектра, на частотах, находящихся на некотором расстоянии от центров основных линий поглощения.

Учитывая особенности распространения у воды и влияние водяного пара, а также особенности использования радиочастотного спектра в РФ, рассмотрим диапазоны 301,125-305,825/337,125-341,825, выделенный для системы широкополосного беспроводного доступа NG-1 согласно Решению ГКРЧ от 22 июля 2014 г. № 14-26-05-2, и 433,05-434,79 МГц для неспециализированных (любого назначения)

устройств – устройств малого радиуса общего применения, включая устройства дистанционного управления и передачи телеметрии, телеуправления, сигнализации, передачи данных и других подобных передач согласно решению ГКРЧ от 7 мая 2007 г. № 07-20-03-001.

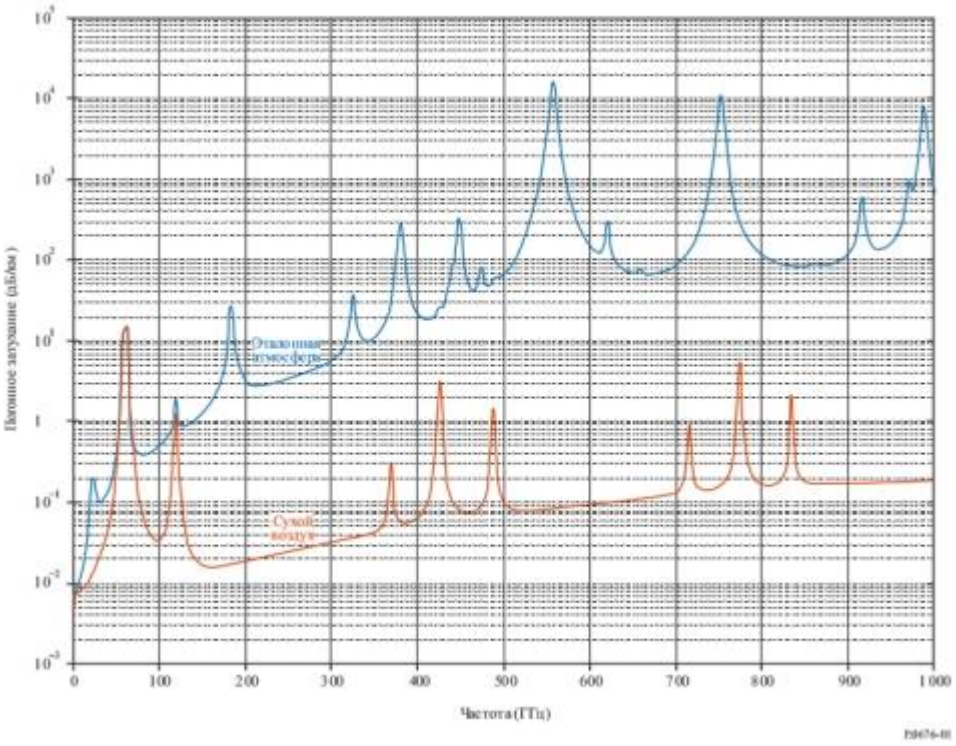


Рис. 1. Погонное затухание в атмосферных газах [3]

Из Решения ГКРЧ от 22 июля 2014 г. № 14-26-05-2:

– для создания сетей связи широкополосного беспроводного доступа гражданского назначения на территории Российской Федерации;

– использование полос радиочастот 301,125-305,825 МГц, 337,125-341,825 МГц и 417-422 МГц РЭС сетей связи широкополосного беспроводного доступа должно осуществляться без оформления отдельных решений ГКРЧ операторами фиксированной и сухопутной подвижной радиосвязи гражданского назначения при выполнении технических требований. Диапазон 417-422 МГц используется только вне Москвы.

Отметим, что данный частотный диапазон является лицензируемым, но при этом относительно свободным, так как системы специальной связи на основе технологии NG-1 (McWill) в РФ широкомасштабно внедрены не были. При этом данный частотный диапазон устойчив к воздействию водяных паров и тумана, что является важным фактором для организации связи с надводными беспилотными аппаратами.

В то же время частотный диапазон 433,05-434,79 МГц относится диапазону ISM (от англ. Industrial, Scientific, Medical), т.е. нелицензируемому, но с ограничением на мощность. Решение ГКРЧ от 7 мая 2007 г. № 07-20-03-001 определяет верхний пе-

редел мощности в данном диапазоне 10 мВт. Данный диапазон также имеет устойчивость к воздействию водных паров.

Таким образом, в случае, когда использование нелицензируемых диапазонов затруднено по различным причинам, для связи с беспилотными объектами имеет смысл рассмотреть возможности применения диапазонов 100-450 МГц.

Список используемых источников

1. Перечень поручений по вопросам развития беспилотных авиационных систем: Поручение Президента России от 30.12.2022 г. Пр-2548-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Справочник по радиометеорологии МСЭ-R. Женева. 2015.
3. Рекомендация МСЭ-R P.676-13 Затухание в атмосферных газах и связанное с ним воздействие. 2022.
4. Рекомендация МСЭ-R P.835.
5. Решение ГКРЧ от 22 июля 2014 г. № 14-26-05-2 «Об использовании полос радиочастот 301,125-305,825 МГц, 337,125-341,825 МГц и 417-422 МГц радиоэлектронными средствами широкополосного беспроводного доступа».

Tagarov I. **CHOOSING THE FREQUENCY RANGE FOR COMMUNICATION UNMANNED BOATS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The use of unmanned vehicles for various purposes is highly relevant. While most attention is paid to unmanned aerial vehicles, issues related to the control of ground and surface vehicles are rarely discussed. A number of challenges that arise when communicating with these devices focus on the specific characteristics of wave propagation in the environment where they are intended to operate. For example, when it comes to unmanned boats, one of the main challenges is maintaining a stable radio connection even in challenging weather conditions such as storms, fog, and ice. This paper presents the rationale behind selecting a frequency band that takes into account attenuation caused by hydrometeors. It is demonstrated that depending on the specific tasks at hand (such as control, data transmission, or video transmission), existing technical solutions can be applied, using frequency ranges ranging from 100 MHz to 450 MHz for surface vessels.

Key words: frequency range, attenuation in hydrometeors, unmanned boats.

УДК 621.396
ГРНТИ 49.43.29

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ МОДЕМОВ К ОМАНДНО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ РАДИОЛИНИИ БПЛА, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЕ СИГНАЛЫ

Д. А. Фазылов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Сверхширокополосные сигналы представляют собой перспективную технологию для создания эффективных радиолиний командно-телеметрической связи беспилотных летательных аппаратов. Данная статья направлена на определение ключевых технических требований к модемам для радиолиний, использующих сверхширокополосные сигналы в командно-телеметрической связи БПЛА. Рассматриваются основные особенности сверхширокополосных сигналов, сферы применения и особенности их использования в телеметрии для беспилотных летательных аппаратов.

сверхширокополосные, командно-телеметрическая радиолиния, БПЛА

Сверхширокополосные (далее – СШП) сигналы – это сигналы с шириной полосы частот более 500 МГц или с относительной шириной полосы не менее 20–25 % от центральной частоты [1]:

$$\delta = \frac{\Delta F}{(f_{\text{верх}} + f_{\text{ниж}})/2} \geq 20 \ldots 25\ \%.$$

В Российской Федерации для СШП систем выделен безлицензионный диапазон 2,85 – 10,6 ГГц [2], в США 3,1 – 10,6 ГГц [3], в Европе 6 – 8,5 ГГц [4]. Также накладываются ограничения на спектральную мощность сигнала от -76 до -41,3 дБм/МГц в зависимости от региона и используемой части спектра. Низкая плотностью спектральной мощности позволяет СШП сигналам передавать данные на малых мощностях, обеспечивая высокую помехоустойчивость и точность в измерениях. В отличие от узкополосных сигналов, СШП сигналы практически не подвержены влиянию интерференций. За счет широкой полосы частот СШП трансивер может передавать большое количество данных за короткий промежуток времени, что снижает время активности устройства, а в совокупности с низкой мощностью сигнала это дает низкое энергопотребление. Дальность связи трансиверов, доступных на рынке, варьируется в диапазоне от 20 до 2000 метров. Совокупность вышеперечисленных свойств СШП сигналов делает их оптимальным выбором для многих приложений, в том числе для использования в беспилотных летательных аппаратах.

Существует несколько основных способов формирования СШП сигналов [5].

1. Использование сверхкоротких импульсов. Форма импульсов описывается моноциклом Гаусса – первая производная от распределения Гаусса:

$$S(t) = A_0 \cdot \sqrt{2 \cdot e} \cdot \frac{t}{\Delta t} \cdot e^{\left(-\frac{t^2}{\Delta t^2}\right)},$$

где A_0 – амплитуда сигнала, Δt – длительность импульса.

Ниже изображена форма импульса длительностью 2 нс (рис. 1).

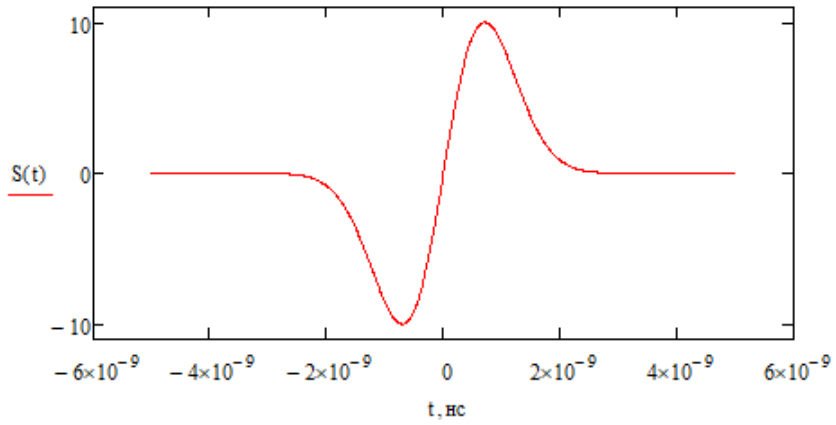


Рис.1. Форма моноцикла Гаусса длительностью 2 нс.

Ширина спектра импульса обратно пропорциональна длительности импульса.

2. Использование коротких импульсов. Они представляют из себя синусоидальные колебания с колоколообразной огибающей. Форма описывается следующим выражением:

$$S(t) = e^{\left(-\frac{t^2}{2\Delta t^2}\right)} \cdot \sin\left(2\pi \cdot f_{\text{ц}} \cdot t\right),$$

где Δt – длительность огибающей радиоимпульса, $f_{\text{ц}}$ – центральная частота колебаний.

Ниже изображена форма короткого радиоимпульса с центральной частотой 4 ГГц и длительностью огибающей 1 нс (рис. 2).

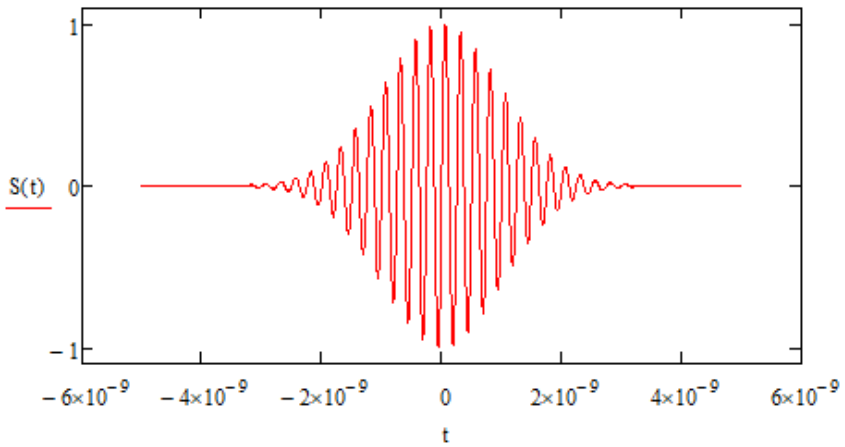


Рис. 2. Форма короткого радиоимпульса с длительностью огибающей 1 нс.

3. Использование пачек сверхкоротких импульсов или коротких радиоимпульсов. Этот способ формирования увеличивает базу сигнала в n раз, где n – количество импульсов в пачке. Также можно добиться повышения помехоустойчивости и обеспечить многопользовательский доступ.

4. Использование импульсов с линейно частотной модуляцией. Форма ЛЧМ импульса описывается следующим выражением:

$$S(t) = A_0(T)\sin(2\pi f_0 t + \pi\beta t^2),$$

где $A_0(T)$ – огибающая импульса, описываемая колоколом Гаусса, f_0 – начальная частота колебаний, β – скорость перестройки частоты.

5. Использование хаотических радиоимпульсов. Их особенностью является то, что спектр исходных колебаний уже сверхширокополосный. Ширина спектра хаотических радиоимпульсов составляет $\Delta F_{\text{x.p.}} \approx \Delta F_{\text{x.c}} + 2\Delta S$, где $\Delta F_{\text{x.c}}$ – полоса хаотического сигнала, ΔS – ширина спектра модулирующего видеоимпульса.

Особенности СШП сигналов позволяют использовать их для различных целей в сфере БПЛА. Высокую точность измерения расстояния между приемо-передающими модулями можно применить для создания точной локальной навигационной системы в местах, где отсутствуют сигналы глобальных систем спутниковой навигации (применение БПЛА в помещении) или может потребоваться позиционирование с точностью до 10 см (применение БПЛА для агропромышленной деятельности или геодезических работ). Малую спектральную плотность сигнала можно использовать для систем, скрывающихся от радиопеленгаторов, а также для электромагнитной совместимости с узкополосными системами. За счет низкой задержки СШП сигналы подойдут для командно-телеметрической радиолинии (далее – КТР) FPV-дронов.

На основе рассмотренных вариантов применения можно выделить следующие технические требования для модемов КТР, использующих для связи СШП сигналы:

1. Диапазон рабочих частот: модемы должны работать в диапазоне частот от 3,1 до 10,6 ГГц, что соответствует рекомендациям IEEE 802.15.4z для устройств ближнего действия.

2. Ширина полосы сигнала: не менее 500 МГц в указанном диапазоне рабочих частот.

3. Эффективная изотропная излучаемая мощность: не более -41.3 дБм/МГц

4. Скорость передачи данных: для передачи сервисных данных, телеметрии, команд управления автопилотом и нагрузками на БПЛА модем должен обеспечивать пропускную способность не менее 100 кбит/с.

5. Максимальная дальность связи: требуется обеспечивать надежную связь на расстояниях от 500 до 1000 метров, а для некоторых задач – до 2-3 километров, при возможности регулирования мощности сигнала.

6. Энергопотребление: учитывая ограничения по энергии в БПЛА, модем должен работать в режиме пониженного энергопотребления, переходя в спящий режим в отсутствие активного соединения.

7. Массогабаритные характеристики: размеры и масса модема должны быть минимизированы для уменьшения нагрузки на БПЛА и увеличения продолжительности полета.

8. Погрешность позиционирования: в телеметрии точность позиционирования не должна превышать 10-15 см, что особенно важно для геодезических и мониторинговых задач.

Разработка СШП модемов для БПЛА также опирается на стандарты и рекомендации IEEE:

– IEEE 802.15.4 и его последующие редакции, например, IEEE 802.15.4a [6] и IEEE 802.15.4z [7], разработаны для СШП систем ближнего действия. Эти стандарты регламентируют методы передачи данных и форматы сигналов, а также рекомендации по защите от помех и обеспечению безопасности;

– IEEE 802.15.3a [8] также описывает требования для СШП устройств, которые ориентированы на высокоскоростную передачу данных и устойчивость к помехам, что также актуально для БПЛА.

Таким образом, СШП модемы представляют собой мощный инструмент для расширения функционала БПЛА, позволяя решать задачи точного позиционирования, связи в условиях помех и передачи данных на относительно большие расстояния. Использование рекомендаций IEEE помогает обеспечить стандартизацию и повысить надежность работы таких модемов.

Список используемых источников

1. Рекомендация ITU-R SM.1755-0, -2006.
2. Решение ГКРЧ № 07-20-03-001 от 7 мая 2007 года.
3. Решение Федеральной комиссии по связи (FCC) США № FCC 02-48, 2002.
4. Standardisation mandate forwarded to CEN/CENELEC/ETSI for harmonised standards covering ultra-wideband equipment. European Commission. TCAM Secretariat. Brussels, 2007.
5. Пшеничников А. В. и др. Обоснование параметров для сверхширокополосных систем передачи информации // Информация и космос, 2020. № 3. С. 6–14.
6. IEEE 802.15.4a – Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wire-less Personal Area Networks (LR-WPANs), 2007.
7. IEEE 802.15.4z – IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks--Amendment 1: Enhanced Ultra Wideband (UWB) Physical Layers (PHYs) and Associated Ranging Techniques, 2020.
8. IEEE 802.15.3a – Standard for Wireless Multimedia Networks, 2023.

Fazylov D. **DEVELOPMENT OF TECHNICAL REQUIREMENTS FOR COMMAND AND TELEMETRY RADIO LINK MODEMS OF UAVS USING ULTRA-WIDEBAND SIGNALS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Ultra-wideband (UWB) signals are a promising technology for creating efficient command and telemetry communication links for unmanned aerial vehicles (UAVs). This article aims to define the key technical requirements for modems used in radio links that employ UWB signals in UAV command and telemetry systems. The study examines the main characteristics of UWB signals, their areas of application, and specific features in telemetry use for UAVs.

Key words: ultra-wideband, command communication radio line, UAV.

УДК 621.391
ГРНТИ 47.49.29

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МЕТОДА УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ МИКРОВОЛНОВОГО РАДАРА В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ЖИЗНЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕЛОВЕКА

И. А. Шойтов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Использование радиолокационных систем для мониторинга жизненных показателей человека позволяет расширить круг задач контроля за состоянием сотрудников и больных. При этом микроволновые радары пока дают небольшую точность и сильно зависят от параметров окружающей среды. В работе предложены возможные пути улучшения точности таких систем посредством использования адаптивной фильтрации и фазовой компенсации.

микроволновый радар, бесконтактный мониторинг жизненно важных показателей человека, адаптивная фильтрация, фазовая компенсация

Микроволновые радары перспективны в областях, требующих бесконтактного мониторинга состояния человека, например, в транспорте, медицине и на производстве. Технология обеспечивает возможность контроля жизненных показателей без физического контакта, что делает ее востребованной в условиях эпидемиологических рисков и для обеспечения безопасности на рабочих местах.

Радиолокационные системы с микроволновым диапазоном позволяют фиксировать малейшие изменения в движениях тела, что делает их перспективными для мониторинга жизненных показателей человека [1]. В основе принципа работы микроволнового радара лежит эффект Доплера, обычно известный с точки зрения борьбы за качество радиосигнала в системах связи с подвижными объектами. При отражении волны от движущейся поверхности (в рассматриваемом случае – грудной клетки), частота отраженного сигнала изменяется пропорционально скорости движения объекта:

$$\Delta f_D = \frac{2v}{\lambda},$$

где: Δf_D– частота доплеровского сдвига, v – скорость изменения положения объекта, λ – длина волны микроволнового сигнала радара.

С учетом того, что движения при дыхании и сердцебиении малы, частотный сдвиг также невелик. Это требует высокой чувствительности системы для точного измерения.

При измерении жизненно важных показателей важно учитывать фазовый сдвиг сигнала, связанный с малым движением поверхности тела. Если излучаемый сигнал представлен как [2]:

$$s(t) = A\cos(2\pi f t + \phi),$$

то отраженный сигнал можно описать как:

$$r(t) = A\cos\big(2\pi f t + \Delta\phi(t)\big),$$

где фазовый сдвиг $\Delta\phi(t)$ зависит от амплитуды движения $d(t)$:

$$\Delta\phi(t) = \frac{4\pi d(t)}{\lambda}.$$

Для выделения частоты дыхания и сердцебиения применяется преобразование Фурье, которое позволяет анализировать частотные компоненты отраженного сигнала $R(f)$:

$$R(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r(t)e^{-j2\pi f t}\, dt.$$

Таким образом, основные частоты в спектре $R(f)$ соответствуют движениям грудной клетки при дыхании и сердцебиении.

Одним из вариантов обработки сигнала является фильтр Калмана [3], используемый для сглаживания и повышения точности данных. Этот фильтр эффективно подавляет шум, сохраняя информацию о движении объекта. Метод работы фильтра Калмана в данной задаче можно описать как:

$$\hat{x}k = \hat{x}k - 1 + K_k(z_k - H\widehat{x_{k-1}}),$$

где: $\widehat{x_k}$ – оценка состояния в момент времени k; K_k – коэффициент усиления Калмана; z_k – измеренное значение; H – матрица наблюдения.

Для обеспечения высокой точности и чувствительности разработаны методы повышения разрешающей способности радара, включая использование двойной частоты, усиление мощности передатчика, адаптивную фильтрацию и фазовую компенсацию [4]. Применение двух частот, f_1 и f_2 для излучаемого сигнала позволяет, получить так называемую частоту биения $f_{\text{биение}}$:

$$f_{\text{биение}} = |f_1 - f_2|,$$

что повышает чувствительность системы к малым движениям. Тогда разрешающая способность радара при использовании двух частот рассчитывается как:

$$\Delta R = \frac{c}{2(f_1 - f_2)},$$

где c – скорость света. Такой подход позволяет улучшить точность и надежность измерений.

Увеличение мощности сигнала передатчика позволяет уменьшить влияние шума и улучшить соотношение сигнал/шум (SNR):

$$P_{эф} = \frac{P}{d^2},$$

где $P_{эф}$ – эффективная мощность на расстоянии d . Повышение уровня сигнала улучшает точность детектирования малых движений в сложной помеховой обстановке.

Адаптивная фильтрация позволяет подстраивать частоту среза f_c фильтра в зависимости от скорости движения объекта v:

$$f_c = k \cdot v,$$

где k – коэффициент, подбираемый эмпирически. Такая методика улучшает отслеживание малейших движений в условиях изменяющейся окружающей среды.

Фазовая компенсация позволяет снизить ошибки при измерении движений объекта. Фазовый сдвиг $\Delta\phi(t)$, связанный с малым перемещением $d(t)$, рассчитывается как:

$$\Delta\phi = \frac{4\pi d(t)}{\lambda}$$

и корректируется для устранения шумовых искажений как:

$$\Delta\phi_{корр} = \Delta\phi - \Delta\phi_{шум}.$$

Таким образом, представленные выражения позволят внести корректировку в алгоритм работы микроволнового радара для мониторинга жизненных показателей человека, что должно повысить точность его работы и минимизировать зависимость от влияния окружающей среды. В дальнейшем необходимо построить имитационную модель такого радара и оценить степень повышения точности устройства.

Список используемых источников

1. Skolnik M. I. Introduction to Radar Systems. McGraw-Hill, 2001. 614 p. ISBN 978-0-07-290980-1.
2. Richards M. A. Fundamentals of Radar Signal Processing. McGraw-Hill, 2005. 547 p. ISBN 978-0-07-144474-7.
3. Kalman R. E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems / R. E. Kalman // Transactions of the ASME–Journal of Basic Engineering, Series D, 1960. Vol. 82. № 1. PP. 35-45.
4. Гавриленко В. Г., Яшнов В. А. Распространение радиоволн в современных системах мобильной связи / В. Г. Гавриленко, В. А. Яшнов. Н. Новгород: НГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003. 148 с.

Shoitov I. **MATHEMATICAL MODELING OF THE METHOD FOR IMPROVING THE ACCURACY OF MICROWAVE RADAR IN HUMAN VITAL SIGN MONITORING SYSTEMS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The use of radar systems for monitoring human vital signs has the potential to expand the range of applications for monitoring the well-being of employees and patients. However, microwave radar still has limited accuracy and is highly dependent on environmental conditions. This paper proposes possible ways to enhance the accuracy of these systems through the use of adaptive filtering and phase compensation techniques.

Key words: microwave radar, non-contact monitoring of human vital signs, adaptive filtering, phase compensation.

Радиотехнические системы и антенны

УДК 621.396.67
ГРНТИ 49.01.11

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ СИТУАЦИИ АНТЕННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ НИЗКОЛЕТЯЩИХ СПУТНИКОВ

К. О. Коровин, Я. Б. Поткин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В последние годы наблюдается значительное увеличение интереса к низкоорбитальным спутникам (LEO, Low Earth Orbit), которые играют ключевую роль в телекоммуникационных системах, системах наблюдения и других критически важных приложениях. Эти спутники, находясь на орбитах с высотой до 2000 км, обладают уникальными характеристиками и требуют специализированных антенных систем. Настоящая статья представляет обзор текущих исследований и технологий антенных систем для низколетящих спутников, рассматривает существующие проблемы и перспективные направления в данной области.

антенные системы, низколетящие спутники, фазированные антенные решетки, MEMS-антенны, антенны с адаптивной диаграммой направленности.

Бурное развитие технологий спутниковой связи и необходимость в глобальном покрытии сети интернет для отдаленных и труднодоступных регионов стимулировали развитие низкоорбитальных спутников [1]. Компании, такие как SpaceX с проектом Starlink [2], OneWeb и Amazon с проектом Kuiper, активно разрбатывают и запускают сотни и даже тысячи малых спутников на низкие орбиты, создавая системы широкополосной связи. Эффективность таких систем во многом зависит от антенной системы, поскольку антенные характеристики напрямую влияют на качество сигнала, покрытие и способность спутника к связи с наземными станциями и другими спутниками.

Антенные системы, устанавливаемые на низкоорбитальных спутниках, должны соответствовать ряду специфических требований. Учитывая малые размеры спутников, антенны должны быть легкими, компактными, но при этом иметь высокую эффективность и способность к дальнему приему и передаче данных [3].

Для передачи большого объема данных антенны должны поддерживать широкополосные частотные диапазоны, в частности Ku, Ka и V диапазоны, которые используются для передачи больших объемов данных.

На низких орбитах спутник перемещается относительно поверхности Земли со значительной скоростью. Поэтому антенны должны быстро перенаводиться с одной наземной станции на другую для поддержания связи.

Поскольку энергетические ресурсы спутников ограничены, антенны должны потреблять минимальное количество энергии при высоких показателях излучательной способности.

Из основных технологий антенных систем для низколетящих спутников можно рассмотреть фазированные антенные решетки (ФАР) [4]. Благодаря своей способности изменять направление основного лепестка диаграммы направленности без механического поворота, фазированные антенные решетки являются наиболее перспективными для низкоорбитальных спутников. Современные ФАР могут иметь электронное управление, обеспечивая высокую точность и скорость смены направления.

Также существует усовершенствованная модификация ФАР в виде: электронных фазированных решеток на основе микроэлектромеханических систем (MEMS). MEMS-антенны (Micro-Electro-Mechanical Systems) – это антенны, изготовленные с использованием микромеханических и микроэлектромеханических технологий, которые позволяют создавать миниатюрные структуры с высокой точностью и уникальными функциональными возможностями. MEMS-технологии позволяют интегрировать механические и электронные компоненты на уровне микронов, что особенно важно для создания антенн, которые могут адаптировать свои характеристики в реальном времени и при этом оставаться компактными, легкими и энергоэффективными.

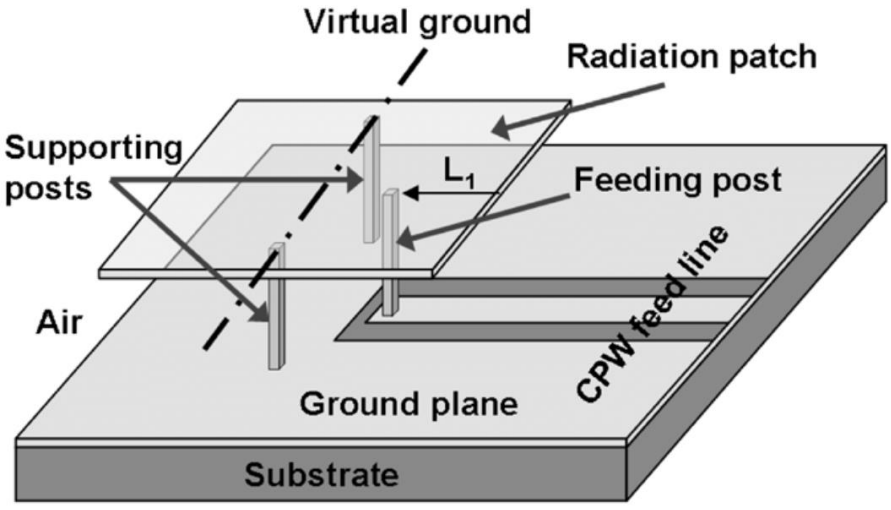


Рис. 1. Модель MEMS-антенны.

MEMS-антенны создаются на основе стандартных микроэлектромеханических технологий, включающих микрообработку и литографию, что позволяет изготавливать миниатюрные антенны на кремниевых, кварцевых и других подложках. MEMS-антенны могут включать микроприводы, переключатели и перестраиваемые элементы, которые дают антенне способность изменять свою диаграмму направленности, частоту или другие параметры в зависимости от условий.

К проблемам и ограничениям MEMS-антенн можно отнести: сложность производства, изготовление таких антенн требует высокоточного оборудования и сложных процессов, таких как фотолитография и травление, что увеличивает стоимость производства. Из-за наличия подвижных компонентов MEMS-антенны могут быть более подвержены механическим поломкам по сравнению с традиционными антеннами. Это особенно критично для космических приложений, где невозможно провести ремонт

Так как MEMS-антенны сочетают в себе преимущества ФАР и малую потребность в энергии, и даже с учетом проблем и ограничений, можно прийти к выводу, что они являются приличным вариантом для малых спутниковых аппаратов.

Ограниченный в применении вариант – использование рефлекторных антенны, это тип направленных антенн, в которых используется изогнутая отражающая поверхность (рефлектор) для фокусировки и усиления радиоволн. В случае низкоорбитальных спутников (LEO), где требования к антеннам отличаются из-за высокой скорости спутника и ограниченного времени связи, рефлекторные антенны должны учитывать специфические условия эксплуатации. Они обеспечивают высокое усиление и обладают простотой конструкции, однако им необходимо использовать механические систем для изменения направления.

Антенны с адаптивной диаграммой направленности, тоже стоят внимания. Они представляют собой системы, которые могут изменять свои характеристики излучения в зависимости от условий окружающей среды и задач связи. В отличие от обычных антенн, которые имеют фиксированную диаграмму направленности, такие антенны могут настраивать направление и форму своего излучаемого и принимаемого сигнала, адаптируясь к изменениям внешних условий [5]. Основой работы антенн с адаптивной диаграммой направленности является использование фазированных антенных решеток (ФАР) и алгоритмов цифровой обработки сигналов. Такие антенны состоят из множества отдельных излучателей (элементов), каждый из которых управляется по фазе и амплитуде. Благодаря этой технологии данные антенны могут изменять направление основного луча для нацеливания на конкретный объект или источник сигнала, динамически менять ширину и форму диаграммы направленности и подавлять нежелательные помехи. Для изменения диаграммы направленности адаптивные антенны используют программные алгоритмы, которые в режиме реального времени анализируют приходящие сигналы и подстраивают амплитуду и фазу

каждого элемента антенны. Это позволяет управлять диаграммой направленности с высокой степенью точности.

Несмотря на значительные преимущества, антенны с адаптивной диаграммой направленности имеют и свои ограничения. технология создания адаптивных антенн сложна и требует высокоточного оборудования, что увеличивает стоимость. Адаптивные антенны требуют больше энергии для работы, так как включают многочисленные элементы и системы цифровой обработки сигналов. В условиях низкоорбитальных спутников, где энергоресурсы ограничены, это может представлять проблему.

Однако использование данных систем, предполагает дальнейшее их усовершенствование и учитывая все факторы эти антенны позволяют повысить устойчивость к помехам, и поддерживать стабильную связь с множеством пользователей, подстраиваясь под ситуацию, в силу их особенностей.

Список используемых источников

1. Буйдинов Е. В., Кузовкова Т. А., Шаравова О. А. Методика и результаты оценки внешней эффективности развития инфраструктуры спутниковой связи на основе метода экстерналий // Электросвязь, 2018. № 4. С. 29–33.
2. Пехтерев С. Все о проекте «Спутниковый интернет Starlink». Часть 1 // Хабр, 02.11.2020. URL: https://habr.com/ru/post/526154/ (дата обращения 14.11.2024).
3. Кузовкова Т. А., Кузовков Д. В., Шаравова О. И. Методические особенности комплексной оценки эффективности инфраструктурных проектов развития спутниковой связи // Век качества, 2017. № 1. С. 97–109.
4. Макаренко С. И. Описательная модель системы спутниковой связи Iridium // Системы управления, связи и безопасности, 2018. № 4. С. 1-34. DOI: 10.24411/2410-9916-2018-10401.
5. Монзинго Р. А., Миллер Т. У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию / Пер. с англ. Под ред. В. А. Лексаченко. М.: Радио и связь, 1986. 446 с.

Korovin K., Potkin Y. **ANALYSIS OF THE CURRENT SITUATION OF ANTENNA SYSTEMS FOR LOW-FLYING SATELLITES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In recent years, there has been a marked increase in interest in Low Earth Orbit (LEO) satellites, which play a key role in telecommunications, surveillance systems, and other critical applications. Operating at altitudes of up to 2000 km, these satellites possess uniq ue characteristics and require specialized antenna systems. This article provides a review of current research and technologies related to antenna systems for low-altitude satellites, discussing existing challenges and prospective directions in this field.

Key words: Antenna systems, LEO, Low Earth Orbit, phased array, microelectromechanical systems (MEMS), adaptive antenna radiation pattern.

Робототехника и интеллектуальные технологии в автоматизации

УДК 004.89
ГРНТИ 28.23.17

ФОРМАЛИЗАЦИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ

Д. Н. Бочаров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Автоматизация является важным аспектом для упрощения и оптимизации рабочих процессов. Ключевую роль в автоматизации сыграла математика, послужив человечеству фундаментом для разработки алгоритмов и решений, которые позволили автоматизировать большинство сфер деятельности. В данной статье предлагается рассмотреть метод исследования позволяющий выявлять новые закономерности и свойства, возникающие в результате взаимодействия компонентов, что помогает лучше изучить сложные системы.

автоматизация, теорема Птоломея, информационная энтропия, эмерджентность

Развитие человека напрямую связанна с постоянным упрощением и оптимизацией его деятельности в мире. Начиная с каменного века и до нашей современной информационной эпохи, можно заметить кардинальное изменение, связанное с автоматизацией процессов большинства сфер деятельности, где основополагающем двигателем прогресса на протяжении всей истории человечества являлась математика, которая служила фундаментом для научных открытий, технических инноваций и новых технологий. С использованием технических средств удалось снизить, либо полностью исключить участие человека в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации.

Одним из важных событий, позволяющих на данный момент производить все возможные упрощения процессов, стало изучение числа π, возможность его использования в повседневной жизни, а также в различных сферах науки, техники и природы, дало огромный задаток для развития всего человечества. Изначально до того, как появилось общепринятое число π, множество людей проводили его расчеты самыми разнообразными способами, но ближе всего к истине подошел древнегреческий математик Архимед, родившийся 287 году до н.э. Исходя из свойств окружности и многоугольников, он определил значение числа π. Для этого Архимед использовал вписанные в круг и описанные вокруг него правильные многоугольники. Та-

ким образом получив архимедово число равное – дроби 22/7 или 3,14286 [1]. Данное открытие позволило совершать более точные расчеты, где круги и сферы имеют важную роль.

Через 400 лет, после расчета числа π, Клавдий Птолемей, родившийся в 100 году н.э. привнес утверждение, описывающее взаимосвязь между сторонами и диагоналями выпуклого четырехугольника, вписанного в окружность, его представление показано на рис. 1. Формулировка данной теоремы звучит так: в любом выпуклом четырехугольнике, вписанном в окружность, произведение длин диагоналей равно сумме произведений длин его противоположных сторон.

$$AC \cdot BD = AB \cdot CD + AD \cdot BC$$

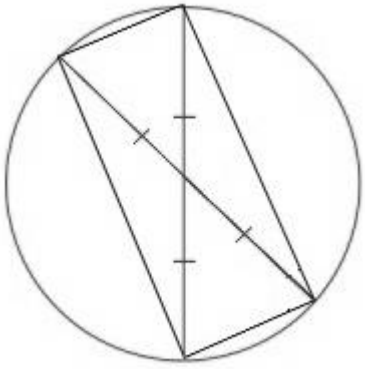


Рис. 1. Четырехугольник, вписанный в окружность.

Все вышеприведенное позволяет перейти к основной теме эмерджентности, тесно сплетенной с таким понятием, как информационная энтропия, что представляет собой меру хаотичности информации, другими словами, неопределенность возникновения какого-либо суждения об объекте или явлении. Во времена Птолемея число π было представлено, как дробь, равная 3,14286, что на данный момент является в корне не верным суждением, в 1760-х годах Иоганн Ламберт доказал иррациональность числа π [2], что позволяет утверждать о наличии энтропии.

Приняв суждение Птолемея за основу и обратив внимание на все тонкости числа π, следует канонизировать следующее выражение, с помощью терминов и понятий информатики:

$$Q = \frac{(AB \cdot CD + AD \cdot BC)}{(AC \cdot BD)} = ln_2\left(\frac{\omega}{\theta}\right).$$

Данное действие позволяет увидеть, что при равенстве верхней и нижней части, мы имеем результат, равный нулю выраженный в битах, что является показателем информационной энтропии [3], которая в свою очередь указывает на отсутствие эмерджентности. Для более детального разбора значимости эмерджентности будут

рассмотрены примеры сплавов и кислот, которые иллюстрируют ранее представленное явление, в котором были выявлены определенные закономерности.

Подставляя численные значения для вычисления эмерджентности с помощью ранее канонизированных выражений, может быть получено конкретное представление о хаосе, в случае кислоты, мы получим резко выделяющиеся свойства, схожие между элементами, но различающиеся по их эффективности, данное утверждение не будет идти в разрез с основной идеей эмерджентности о появлении схожих свойств при взаимодействии компонентов друг с другом [4].

Ниже представлены виды кислот, обеспечивающие представление об самой сути эмерджентности на основе кислотного свойства:

– лимонная кислота;
– уксусная кислота;
– фосфорная кислота;
– серная кислота;
– соляная кислота.

При вычислении эмерджентности сплавов, мы получим количественную оценку о разнообразности вошедших в данный сплав свойств, определяя его как наиболее универсальный, подходящий для применения в разнообразных отраслях или условиях.

Ниже приведены виды сплавов, обеспечивающие представление о самой сути эмерджентности:

Основные виды сплавов меди:

– латунь: медь, цинк;
– бронза: медь, олово;
– медно-железный сплав: медь, железо;
– медно-алюминиевый сплав: медь, алюминий;
– медно-никелевый сплав: медь, никель;
– медно-бериллиевый: медь, бериллий.

Медь имеет высокие термические и электрические свойства, в тоже время являясь мягким и пластичным металлом легко смешивающийся с другими металлами для получения сплавов. Данные сплавы имеют различные свойства в зависимости от состава, но в целом они являются более тяжелыми и долговечными [5].

В своей основе эмерджентность может играть важную роль для автоматизации множества процессов, позволяя человеку:

– избежать неоправданные временные затраты на проведение экспериментов;
– снизить квалификационные требования в профессиональной сфере.

Таким образом, при анализе эмерджентности предложенный ранее метод исследования способствует выявлению новых закономерностей и свойств, возникающие в результате взаимодействия компонентов, что помогает лучше понимать слож-

ные системы. Тем не менее, следует отметить, что данный подход не всегда может приводить к точным и предсказуемым решениям поставленных задач.

Список используемых источников

1. Международный день числа Пи: история и интересные факты. URL: https://blog.skillfactory.ru/chislo-pi-istoriya-i-interesnye-fakty/ (дата обращения: 01.11.2024).
2. Доказательство иррациональности π. URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Доказательство_иррациональности_π (дата обращения: 01.11.2024).
3. Коросов А. В. Принцип эмерджентности в экологии // Принципы экологии: электрон. научн. журн. 2012. № 3. С. 48–66. URL: https://ecopri.ru/files/pdfs_a4T6sdq42RtE34werSR/journal_2741.pdf (дата обращения 01.12.2013).
4. Макаров Л. М. Информационная энтропия // Collection of scientific articles LXVII International correspondence scientific and practical conference on International scientific review of problems and prospects of modern science and education., Бостон, США, 18-19 февр. 2020 г.: Problems and science, 2020. С. 7–12.
5. Чем отличается медь от бронзы. URL: https://metalllom.ru/stati/chem-otlichaetsya-med-ot-bronzy (дата обращения: 01.11.2024).

Bocharov D. **FORMALIZATION OF SEMANTIC EMERGENCE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Automation is an important aspect for simplifying and optimizing work processes. Mathematics played a key role in automation, serving as a foundation for humanity to develop algorithms and solutions that allowed automation of most areas of activity. This article proposes to consider a research method that allows identifying new patterns and properties that arise as a result of the interaction of components, which helps to better study complex systems.

Key words: automation, Ptolemy's theorem, information entropy, emergence.

УДК 004.522
ГРНТИ 50.09.37

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВНЕШНИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ В ТАКТИЛЬНЫЕ ОЩУЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

А. В. Ваганов, А. С. Марчаков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматривается устройство для преобразования внешних информационных сигналов (звуковые, радиосигналы и т. п.), в тактильные ощущения, воспринимаемые поверхностью кожи человека. Обоснована актуальность разработки подобного класса устройств, а также рассмотрены основные области применения, подобных технологий. Представленное устройство предназначено для расширения сенсорных возможностей пользователя в различных условиях, включая медицинские и промышленные области, а также задачи, требующие навигации и ориентации в сложных средах.

Рассмотрены преимущества и недостатки аналогичных устройств. Предложена структурная схема рассматриваемого вибротактильного устройства.

вибротактильное устройство, процессор, структурная схема, тактильные модули

Разработка устройств для преобразования внешних информационных сигналов в тактильные ощущения человека представляет собой перспективную технологию, способную решить ряд актуальных проблем и открыть новые возможности. Такие устройства могут значительно улучшить качество жизни, повысить безопасность и доступность информации для людей с особыми потребностями и сделать повседневные и профессиональные задачи более удобными. Вот несколько ключевых областей, где такие технологии особенно востребованы:

1. Медицина. Тактильные устройства помогают людям с нарушениями слуха получать аудиоинформацию из окружающей среды через вибрации. Это важно как в повседневной жизни, так и в профессиональных условиях, особенно там, где критически важно слышать сигналы об опасности (например, пожарные тревоги) или быть осведомленным о происходящем [1].

2. Промышленность и безопасность. В условиях, где рабочие подвергаются воздействию шума или других факторов, которые ограничивают их способность слышать предупреждения, тактильные устройства могут быть жизненно важными. Например, на производстве тактильные сигналы могут предупреждать работников об опасных уровнях вибрации или приближении к опасным зонам, что помогает предотвратить несчастные случаи. Работники могут получать тактильные уведомления о важных событиях или предупреждениях, не полагаясь на слух. Это особенно

актуально для строек и заводов, где уровень шума делает традиционные методы оповещения менее эффективными.

3. Применение для водолазов. Водолазы, работающие на большой глубине или в условиях недостаточной видимости, часто используют устройства с тактильной обратной связью. Например, тактильные навигационные системы позволяют передавать вибрационные сигналы, которые помогают водолазам ориентироваться в условиях недостаточной видимости и традиционные методы навигации, такие как визуальные ориентиры или компасы, становятся менее эффективными. Коммуникационные системы с вибрационной обратной связью обеспечивают связь между водолазами и их командой на поверхности. Вибрационные сигналы могут передавать простые команды, как например, сигналы «вперед», «назад», или «остановка», позволяя водолазам быстро реагировать и перемещаться в нужном направлении.

4. Применение для сотрудников спецслужб. В спецслужбах тактильные устройства помогают ориентироваться и выполнять операции в условиях низкой видимости, таких как задымленные или темные помещения. Тактильные системы могут выполнять несколько задач. Сигналы вибрации могут предупреждать о приближении к потенциально опасным зонам, препятствиям или препятствовать выходу за установленные границы. Тактильные устройства могут помочь сотрудникам быстро ориентироваться в пространстве, реагируя на тактильные подсказки без необходимости смотреть на экран или использовать другие устройства.

Для формирования представления об имеющихся решениях в данной сфере необходимо рассмотреть существующие аналоги вибротактильных устройств.

Soundshirt от компании CuteCircuit.

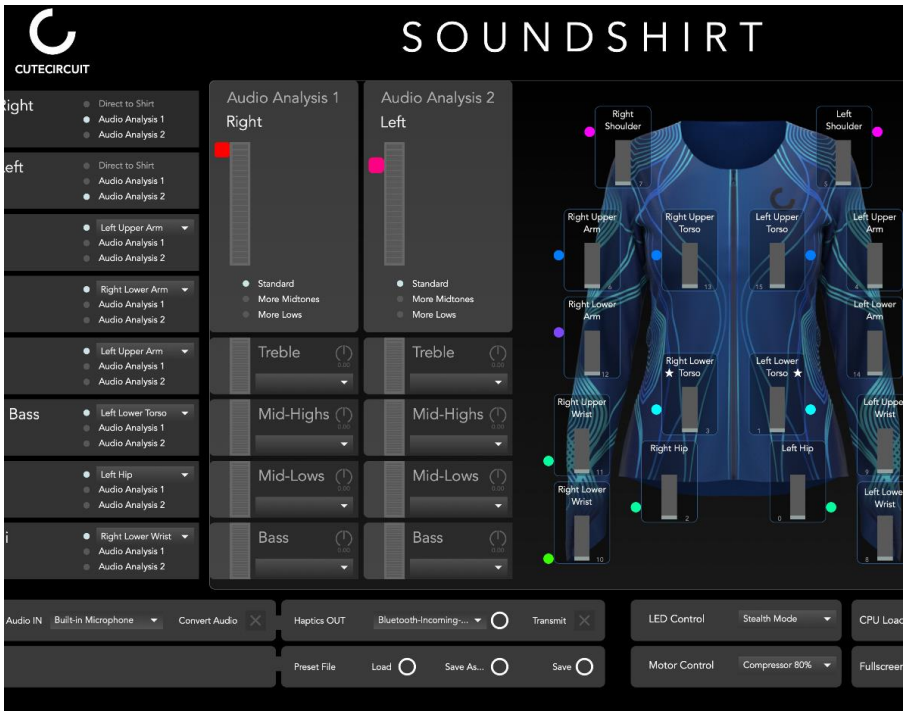


Рис. 1. Тактильная рубашка Soundshirt

Рубашка, представленная на рисунке 1, предназначена для преобразования музыки и звуков в тактильные ощущения. Она содержит множество датчиков, распределенных по ткани, которые вибрируют в ответ на музыкальные ноты и звуки, позволяя глухим пользователям "ощущать" музыку через тело. Soundshirt работает в реальном времени, передавая звуковые волны в виде вибраций на различные участки тела пользователя [2].

Отечественная система кохлеарной имплантации ELVIS C.



Рис. 2. Система кохлеарной имплантации ELVIS C

Система, изображенная на рисунке 2, представляет собой решения с тактильной и вибрационной обратной связью, позволяя глухим пользователям чувствовать сигналы и ориентироваться в пространстве. В системе речевой процессор обрабатывает звуковые волны и преобразует их в последовательность электрических импульсов [3]. Имплантируемая часть состоит из стимулятора и электродной цепочки. Стимулятор воздействует электрическими импульсами на нервные окончания.

Недостатком подобных устройств является их ограниченная функциональность, обусловленная спецификой применения, например, в области музыкальной обратной связи или слуховой аппаратуры. Для решения данной проблемы предлагается тактильное устройство, способное одновременно обрабатывать и преобразовывать различные типы сигналов в тактильные ощущения, что делает его подходящим не только для реабилитации, но и для профессионального использования.

Для эффективной работы устройство должно включать несколько основных функциональных блоков, каждый из которых выполняет свою задачу в последовательной обработке и передаче сигналов в тактильную форму.

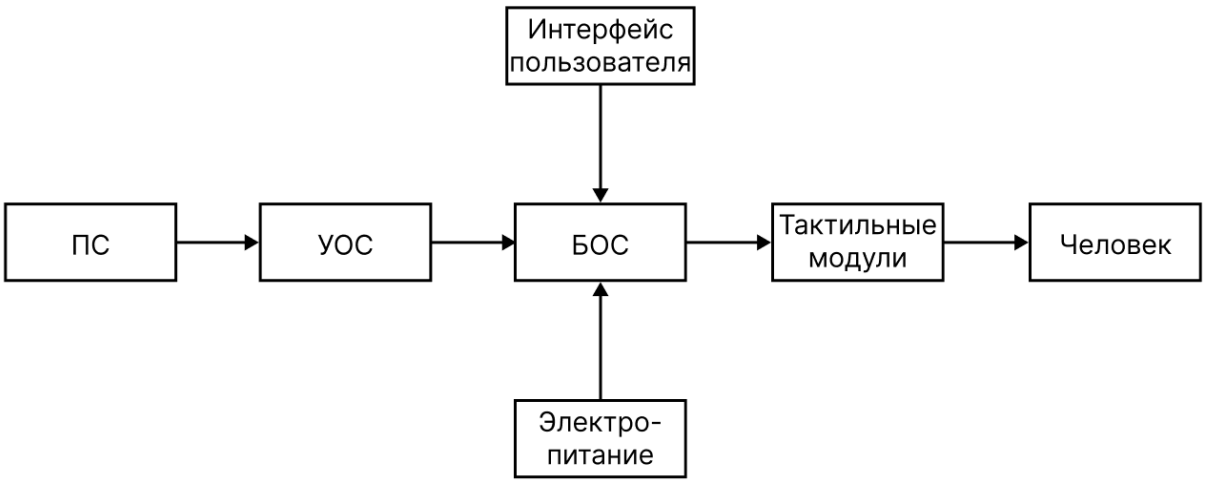


Рис. 3. Структурная схема тактильного устройства

На структурной схеме, изображенной на рисунке 3, ПС – это приемник сигналов, УОС – устройство обработки сигнала, БОС – блок обработки сигнала. В качестве приемника сигнала могут служить радиоприемник для улавливания радиосигналов с определенных частотных диапазонов или микрофон для захвата звуковой информации, такой как голосовые сигналы или звуки окружающей среды. Устройство обработки сигнала выполняет предварительную фильтрацию, усиление и преобразование сигнала в цифровой вид, тем самым подготавливая его к анализу основным процессором. Основной процессор анализирует поступающие сигналы, выделяя ключевые параметры, такие как частота, амплитуда, временные паттерны и прочие особенности, требуемые для тактильной обратной связи. В программном обеспечении процессора реализуются алгоритмы, которые интерпретируют сигналы, преобразовывая их в управляющие команды для тактильных модулей. Например, определенные частоты могут быть преобразованы в разные уровни вибрации. Управляющие сигналы активируют тактильные модули, вызывая вибрацию на коже, которая преобразуется в различимое тактильное ощущение. В качестве тактильных модулей могут использоваться вибромоторы или пьезоэлектрические актуаторы. Для автономности система снабжается аккумулятором, который обеспечивает длительное время работы. Простая панель управления с использованием светодиодных индикаторов позволяет пользователю включать и выключать устройство, настраивать чувствительность и интенсивность тактильных ощущений, а также следить за состоянием батареи.

Для эффективной передачи тактильной информации важным аспектом является выбор места размещения тактильных модулей на теле человека. Оптимальными зонами для установки вибромоторов или пьезоэлектрических актуаторов являются кончики пальцев, ладони, запястья, грудь или спина. Особенно кончики пальцев и ладони являются самыми чувствительными зонами для вибраций благодаря плотной сети нервных окончаний и воспринимают вибрации с большей точностью и чувствительностью, чем другие части тела. Это значит, что тактильные сигналы на этих

участках будут восприняты четче и будут иметь более значимое ощущение для пользователя.

Также частоты вибрации в диапазоне от 100 до 110 Гц рассматриваются как наиболее эффективные для воздействия на биологически активные точки, а также могут влиять на важные физиологические и биохимические процессы в организме. Исследования показывают, что низкочастотная вибрация способна активировать рецепторы кожи и нервные окончания, что стимулирует такие процессы, как повышение кровообращения, активация клеточной активности и снижение боли [4].

Таким образом, предлагаемое устройство не ограничивается одной областью применения, а предлагает универсальный подход к передаче информации через тактильные ощущения, что делает его востребованным как для повседневных пользователей с ограничениями слуха, так и для профессионалов, работающих в экстремальных условиях. Устройство способно адаптироваться к индивидуальным потребностям пользователя благодаря настраиваемой частоте и интенсивности вибрации, что особенно важно для лиц с различной чувствительностью к тактильным стимулам.

Список используемых источников

1. ГОСТ Р ИСО 9241-910–2015. Эргономика взаимодействия человек-система. Основы тактильных и осязательных взаимодействий. М.: Изд-во стандартов, 2016. 43 с.: ил.
2. SoundShirt. The SoundShirt. URL: https://cutecircuit.com/soundshirt/ (дата обращения 08.11.2024).
3. Первый российский кохлеарный имплант. Электронный слух для глухих и слепоглухих. URL: https://elvis-tech.ru/elvisc (дата обращения 08.11.2024).
4. Машанский В. Ф., Рабинович И. М. Медикобиологические основы. Л.: Знание, 1990. 16 с.

Marchakov A., Vaganov A. **A DEVICE FOR CONVERTING EXTERNAL INFORMATION SIGNALS INTO TACTILE SENSATIONS FOR HUMANS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article considers a device for converting external information signals (sound, radio signals, etc.) into tactile sensations perceived by the surface of human skin. The relevance of the development of such a class of devices is substantiated, as well as the main areas of application of such technologies are considered. The presented device is designed to expand the user's sensory capabilities in various conditions, including medical and industrial fields, as well as tasks requiring navigation and orientation in complex environments.

The advantages and disadvantages of similar devices are analyzed. A structural diagram of the proposed vibrotactile device is provided.

Key words: vibrotactile device, processor, block diagram, tactile modules.

УДК 004.056
ГРНТИ 28.01.80

ИНСТРУМЕНТЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Г. В. Возгрин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа направлена на исследование подходов, которые разработчики могут использовать для проектирования децентрализованных систем, соответствующих требованиям законодательства. Рассмотрены программные инструменты и принципы, позволяющие интерпретировать правовые нормы в код. Описанные решения помогут в создании систем, где действия пользователей остаются в рамках закона, что обеспечивает устойчивость системы в условиях правового государства.

децентрализованные системы, правовое регулирование, технология

С ростом популярности децентрализованных систем возникает проблема правового регулирования их работы. Ответственность за нарушение пользователями местного законодательства может быть возложена на разработчика системы, либо же привести к решению о закрытии системы со стороны органов исполнительной власти. Отсутствие единого центра управления приводит к необходимости создания инструментов регулирования системы в правовом отношении со стороны разработчика системы.

Инструменты, которые могут обеспечить правовое регулирование в децентрализованных системах, должны сохранять баланс между автономностью и юридической безопасностью. Первое решение, о котором может подумать разработчик децентрализованной системы – это реализовать законы на уровне кода. Такой подход зачастую называют концепцией «код – это закон» (Code is law). Концепция «код – это закон» определяет код как высшую инстанцию регуляции – все описанное в коде является верным вне зависимости от внешних обстоятельств [1].

Эта концепция применяется в смарт-контрактах, которые описывают все условия заключения сделки между ее участниками и в автономном режиме проводят одобрение. Смарт-контракты обеспечивают как анонимность участников, так и прозрачность сделки.

Концепция «код – это закон» является утопичной и может существовать только в правовом вакууме, наличие классического права и законодательства имеют неоспоримое преимущество над кодом. Это является главной проблемой данной концепции, что показала атака DAO [2]. С точки зрения кода – использование его уяз-

вимостей является легитимным действием внутри системы, однако за ее пределами может расцениваться противоправным. Подавляющее большинство блокчейн-проектов, ранее продвигавших концепцию «код – это закон», в скором времени после атаки DAO, отказались от дальнейшего ее использования.

На смену концепции «код – это закон» постепенно приходит более совершенная «закон – это код» [3]. Концепция «закон – это код» на данный момент является крайне абстрактной, с общими формулировками, однако в работах, описывающих этот концепт, прослеживаются общие идеи, являющиеся основополагающими. Поскольку современные юридические системы основаны на идеи позитивизма, согласно которой законы написаны людьми для людей, поэтому должны оставаться достаточно гибкими и адаптируемыми, для достижения справедливых решений, эти законы невозможно формализовать в коде.

Новая концепция пытается решить проблему гибкости и неоднозначности формулировок законов, используя технологии машинного обучения (МО). Предполагается, что внедрение МО позволит добиться возможности рассмотрения случаев, выходящих за рамки прописанного кода, силами самой системы, без привлечения третьих сторон. Проблемы этой концепции напрямую исходят из проблем МО. При изменении данных в системе, алгоритм должен переобучаться, что ведет к постоянному пересмотру существующих правил и затруднению их понимания со стороны пользователей, а также ставит под вопрос законность этих правил. МО работает по принципу черного ящика – невозможно заранее точно предсказать результат, к которому придет самообучающаяся система, что также ставит под вопрос возможность признания правил системы законными.

Вместо попыток реализации полностью автономного правового регулирования в системе, можно возложить эту задачу на некоторых или всех участников системы. В первом случае систему обычно называют гибридной, когда ключевые узлы могут вмешиваться в работу системы в случае конфликта [4]. Такой подход обеспечивает правовое регулирование, однако возникает проблема доверия к ключевым узлам и отступление от принципов полной децентрализации системы.

Во втором варианте система становится саморегулируемой с коллективным контролем, позволяя участникам системы самостоятельно управлять сетью, принимая решения голосованием. В этом случае обеспечивается полная децентрализация и демократии участников, и реализуются интересы большинства. Несмотря на это, подобная система подвержена проблемам, подобной атаке 51 %, если «вес» голоса зависит от количества токенов, принадлежащих участнику, что позволяет некоторым пользователям продвигать свои интересы. Также в полностью децентрализованной системе с саморегулированием невозможно предотвратить распространение какого-либо контента со стороны разработчика или правового органа.

Многие децентрализованные системы начинают вводить механизмы децентрализованной идентификации пользователей (DID). Такой инструмент позволяет подтверждать личность пользователя, при этом не раскрывая лишних данных. Хотя механизм децентрализованной идентификации изначально создавался с целью автономии пользователей и защиты их приватных данных, в децентрализованной системе, реализуемой в правовом государстве, этот механизм должен изначально проектироваться с учетом возможного раскрытия данных о пользователе, при запросе соответствующей информации от правовых органов. Этот подход не решает проблем с регуляцией информации внутри системы, но обеспечивает облегчение взаимодействия разработчика с правовыми органами в случае неправомерных действий участников внутри системы.

Наиболее удачным решением является использование нескольких подходов, обеспечивающих правовое регулирование внутри системы, каждый из которых имеет свою зону ответственности. На этой основе реализуются обширные децентрализованные системы, распространяемые или работающие на международном уровне, используя стандартизацию протоколов, в соответствии с международными стандартами.

Так, система Hyperledger основывается на стандартах Международной организации по стандартизации ISO, что обеспечивает согласованность в подходах к безопасности, совместимости и защиты данных внутри системы [5]. Стандарты описывают технические и организационные требования, помогая унифицировать процессы в системе, делая ее более предсказуемой для пользователей и регулирующих органов, а также упрощают интеграцию с уже существующими системами. Стандартом ISO/TC 307 определена идентификация участников системы, а на базе ISO/IEC 27001 в системе реализован доступ на основе ролей, что позволяет более точно задать роли и права участников. В рамках стандартов ISO 22739 и ISO 23257 в системе реализована автоматическая фильтрация контента.

Система Hyperledger поддерживает проведение аудитов, в ходе которых проверяются действия пользователей на соответствие правилам. Несмотря на все преимущества, данную систему нельзя назвать полностью децентрализованной из-за факта наличия в ней механизмов идентификации и назначения прав доступа и ролей администрацией системы. Контроль над смарт-контрактами также осуществляется администратором и регулируется центральными правилами системы. Это обеспечивает дополнительные уровни контроля и подотчетности, но снижает степень децентрализации.

В настоящее время не представляется возможным создать полностью децентрализованную систему, которая могла бы существовать в правовом государстве. Принципы полной децентрализации расходятся с функцией государства нормативного регулирования. Для реализации полностью децентрализованной системы в рамках

правового государства необходимо развитие как законодательной базы государства, так и инструментов регулирования внутри децентрализованной системы. С учетом скорости появления и внедрения новых технологий в информационном пространстве, вероятнее более скорое появление механизмов контроля для децентрализованных систем, либо же изменение принципов построения систем со стороны разработчиков, за которыми уже последуют нововведения в правовых актах.

Список используемых источников

1. Рейес Карла Л. (НЕ)Корпоративное криптоуправление // Russian Journal of Economics and Law. 2021. № 1.
2. Meier J., Schuppli B. The DAO hack and the living law of blockchain //Digitalisierung–Gesellschaft–Recht: Analysen und Perspektiven von Assistierenden des Rechtswissenschaftlichen Instituts der Universität Zürich, 2019. С. 27–43.
3. De Filippi P., Hassan S. Blockchain technology as a regulatory technology: From code is law to law is code //arXiv preprint arXiv:1801.02507. 2018.
4. Фролов Д. П. Постинституциональная теория блокчейна // Журнал экономической теории, 2019. № 2.
5. Moriggl P., Asprion P. M., Schneider B. Blockchain technologies towards data privacy–hyperledger sawtooth as unit of analysis //New Trends in Business Information Systems and Technology: Digital Innovation and Digital Business Transformation, 2021. PP. 299–313.

Vozgrin G. **INSTRUMENTS OF LEGAL REGULATION IN DECENTRALISED SYSTEMS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The work aims to investigate approaches that developers can use to design decentralised systems that comply with legal requirements. Software tools and principles that allow interpreting legal norms into code are considered. The described solutions will help in the creation of systems where user actions remain within the law, which ensures the sustainability of the system under the rule of law.

Key words: decentralised systems, legal regulation, technology.

УДК 004.04
ГРНТИ 14.51

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА

А. А. Демидов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) играют ключевую роль в автоматизации технологических процессов в таких сферах, как промышленность, энергетика и медицина. Эти устройства позволяют разрабатывать и управлять сложными системами, способными обрабатывать значительные объемы информации и принимать решения на основе полученных данных. В данной статье рассматриваются аспекты визуализации управляющих команд в ПЛК. Также представлено общее описание программируемого логического контроллера и его программного обеспечения, а также краткий обзор разработанного приложения для визуализации управляющих команд.

виртуальный объект, визуализация, программируемый логический контроллер, команды управления

ПЛК (программируемый логический контроллер) – это особый тип процессора, используемый в промышленности. Он предназначен для выполнения логических операций, управления механизмами и обработки сигналов от различных датчиков и исполнительных устройств. ПЛК запрограммирован специализированным программным обеспечением, которое позволяет настраивать его под конкретные задачи и процессы. Эти устройства широко используются в системах управления производственными линиями, автоматизации зданий и других областях, где требуется надежный и удобный мониторинг.

Программируемые контроллеры располагаются на среднем уровне системы АСУ ТП. Функционал их определяется загруженной программой, разрабатываемой, исходя из задач проекта [1].

С развитием технологий современные программируемые контроллеры повышают свои адаптивные характеристики и становятся умнее. Они способны анализировать данные в реальном времени, принимать самостоятельные решения и оптимизировать производственные процессы для повышения производительности и снижения затрат. Программируемые контроллеры не только улучшают производственные процессы, но и обеспечивают безопасность и надежность работы оборудования. Их использование позволяет минимизировать человеческий фактор, снижая риск воз-

никновения ошибок и аварийных ситуаций. С развитием концепции Индустрии 4.0 и цифровизации производства программируемые контроллеры становятся ключевым элементом в создании умных заводов, где автоматизация, облачные вычисления, аналитика данных и машинное обучение объединяются для оптимизации производственных процессов и предоставления новых возможностей для бизнеса [2].

Стандартное программное обеспечение программируемого логического контроллера (ПЛК) имеет ряд недостатков:

– ограниченная гибкость. Готовые решения могут не учитывать специфические требования конкретного объекта или процесса, что может потребовать дополнительной настройки или модификаций;

– сложность интеграции. Мнтеграция стандартного программного обеспечения в существующие системы и инструменты может быть затруднена, особенно если используются разные протоколы и форматы данных;

– зависимость от поставщика. Использование готового программного обеспечения может создать зависимость от поставщика, что ограничивает выбор и может привести к высоким затратам на обслуживание и обновление;

– ограниченная настройка. Стандартные решения могут иметь ограниченные возможности настройки и расширения, что может стать проблемой для сложных или уникальных систем;

– проблемы с производительностью. В некоторых случаях стандартное программное обеспечение может не обеспечивать производительность, необходимую для высокоскоростных или ресурсоемких приложений;

– обновления и поддержка. Стандартное программное обеспечение может не получать регулярных обновлений или поддержки, что может привести к устареванию и уязвимостям безопасности;

– обучение сотрудников. Сотрудникам может потребоваться дополнительное обучение для совершенствования программного обеспечения, что увеличивает время и стоимость внедрения.

Для разработки приложения будет использоваться язык программирования высокого уровня C# и среда разработки MS VS [3].

Сначала осуществляется разработка программного обеспечения в CX-Programmer с подключенным контроллером через последовательный интерфейс или по сети Ethernet. Затем выполняются отладка и загрузка кода в контроллер с использованием стандартных инструментов CX-Programmer. На втором этапе выполняется подключение ПЛК к нашему визуализатору по Ethernet. Далее выбирается технологический процесс или объект управления, для которого была написана программа на первом этапе. После этого выполняются управляющие команды и выполняется наблюдение за реакцией объекта на управляющие команды. Пользовательский интерфейс представлен на рисунке 1.

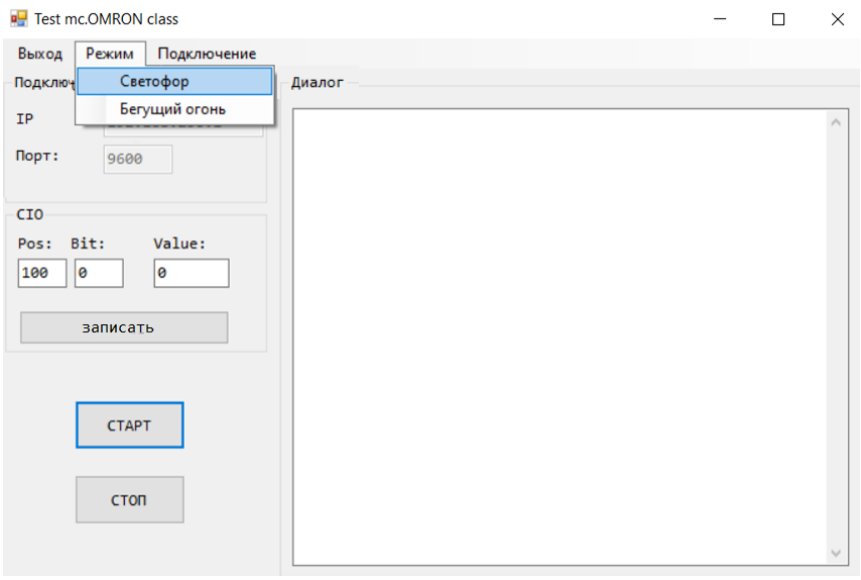


Рис. 1. Пользовательский интерфейс

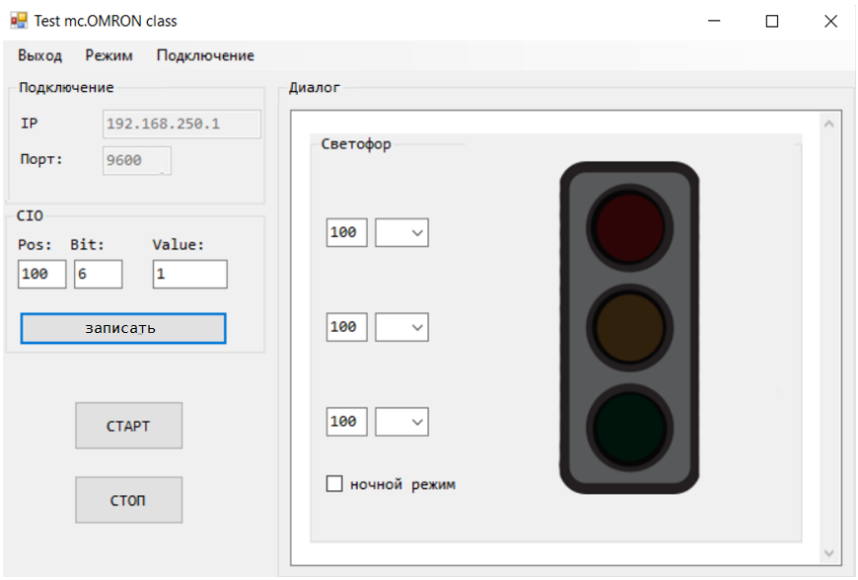


Рис. 2. Объект светофор

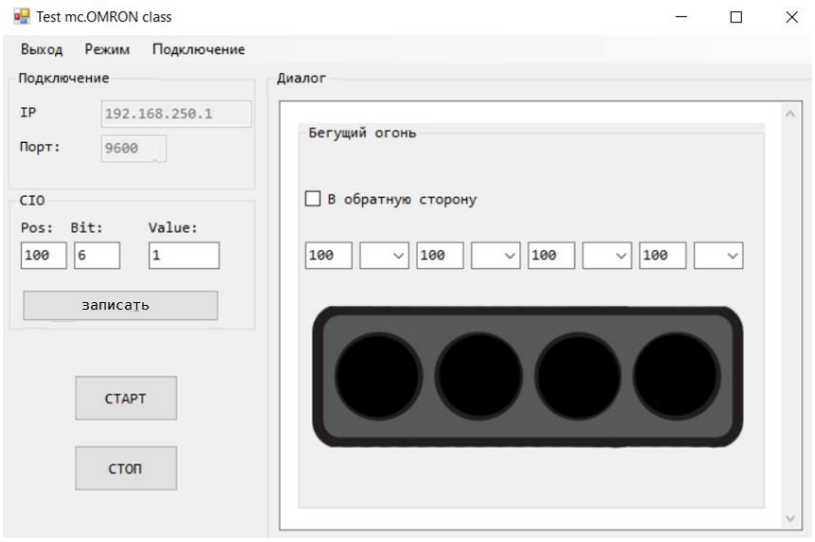


Рис. 3. Бегущий огонь

Имеется 2 виртуальных объекта (на рисунках 2 и 3) – Светофор и Бегущий огонь. Управление ими и реакция с ПЛК присутствует в пользовательском интерфейсе. Имеется возможность управлять подключением, выбирать порт регистра, а также задавать адрес конкретному сигналу. Также объекты имеют два режима работы, которые включаются по нажатию на флажок.

Список используемых источников

1. Карпов А. Г. Теория автоматического управления. Часть 1: учебное пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2011, 212 с.
2. Шарапов В. М., Полищук Е. С., Кошевой Н. Д., Ишанин Г. Г., Минаев И. Г., Совлуков А. С. Датчики: Справочное пособие / под ред. В. М. Шарапова, Е. С. Полищука. М.: «Техносфера», 2012, 624 с.
3. Верхова Г. В. Языки программирования для автоматизированных производств. СПб: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2018. 64 с.
4. Что такое программируемые контроллеры (ПЛК) // приборэнерго.рф. URL: https://xn--90aefk0afdbjdc7m.xn--p1ai/press/chto-takoe-programmiruemye-kontrollery-plk/

Demidov A. **DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR CONTROLLING VIRTUAL OBJECTS USING A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Programmable logic controllers, or PLCs, are one of the most important tools in the automation of technological processes in industry, energy, medicine and other industries. They allow you to create and manage complex systems that can process large amounts of data and make decisions based on this data. The article discusses issues related to the visualization of control commands in PLCs. A brief description of what a programmable logic controller is and its software (SW) is presented, as well as a brief description of the implemented application for visualizing control commands.

Key words: virtual object, visualization, programmable logic controller, control commands.

УДК 004.94
ГРНТИ 28. 23.15

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ГИБКИМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ МОДУЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ СПРОСА

И. Н. Дорофеев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена оптимизации управления гибкими производственными модулями (ГПМ) в условиях изменяющегося спроса. В работе рассматриваются ключевые проблемы, с которыми сталкиваются предприятия при динамических колебаниях спроса, такие как непредсказуемость загрузки, частые перенастройки, оптимизация логистики и управления запасами. Описаны современные методы оптимизации, включая математическое моделирование, применение искусственного интеллекта, использование Интернета вещей, адаптивное планирование и цифровые двойники. Приведены практические рекомендации для повышения эффективности и устойчивости ГПМ в условиях изменяющегося рынка.

гибкие производственные модули, динамический спрос, оптимизация процессов, искусственный интеллект, адаптивное планирование, цифровой двойник, интернет вещей, управление запасами, имитационное моделирование, автоматизация производства

Современные предприятия сталкиваются с растущими изменениями на рынке, требующими адаптации производства под изменяющиеся потребности и предпочтения потребителей. В условиях динамического изменения спроса гибкие производственные модули (ГПМ) становятся важным компонентом эффективного производства. ГПМ позволяют быстро перенастраивать производство под разные изделия и объемы выпуска, что способствует поддержанию конкурентоспособности. В данной статье будет рассмотрена задача оптимизации процессов управления ГПМ, основные методы и подходы, применимые для этих целей, а также предложены рекомендации по их внедрению.

Гибкий производственный модуль представляет собой единицу технологического оборудования, обладающий необходимой оснасткой, имеющий высокую степень автономности, который осуществляет обработку деталей в автоматическом режиме и обладающий возможностью «встраивания» в гибкую производственную систему [1]. В простейшей типовой комплектации ГПМ, как правило, включает: накопитель деталей и заготовок (стол-паллета), промышленный робот и станочное оборудование с магазином инструмента (рис. 1) [2].

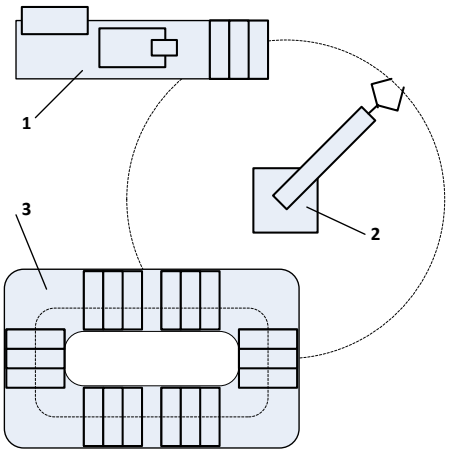


Рис.1 Схема ГПМ
1 – многофункциональный станок с ЧПУ и магазином инструмента,
2 – промышленный робот, 3 – накопитель заготовок и деталей (стол-паллета)

Основными функциями ГПМ, выполняемыми в автоматическом режиме, являются:

– «складирование» заготовок;

– загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей;

– обработка деталей;

– контроль точности изготовления деталей.

Гибкая производственная система, в состав которой входит гибкий производственный модуль, представляет собой управляемую средствами вычислительной техники совокупность технологического оборудования, автоматизированной системы технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающая свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий [3].

Гибкость производства предусматривает быструю перестройку станочного оборудования на обработку деталей с различными конструктивными характеристиками в рамках одного технологического процесса.

Динамический спрос требует от ГПМ не только гибкости, но и эффективного управления. К основным проблемам, которые возникают в таких условиях, относятся:

– непредсказуемость загрузки. Спрос может колебаться в широком диапазоне, что вызывает сложности с планированием;

– перенастройка и время простоев. Частые перенастройки оборудования могут вызывать дополнительные простои и приводить к снижению эффективности;

– оптимизация логистики. Необходимость быстрого распределения ресурсов и материалов при изменении приоритетов в производстве;

– управление запасами. В условиях непредсказуемого спроса важно правильно балансировать запасы сырья и готовой продукции.

– поддержка качества продукции: быстрая перенастройка не должна снижать качество выпускаемой продукции, что требует высокой точности и стандартизации процессов.

Для эффективного управления гибкими производственными модулями необходимо использовать различные методы и инструменты, которые включают математическое моделирование, искусственный интеллект, адаптивное планирование и предиктивную аналитику [4].

Модели управления ГПМ помогают прогнозировать и оценивать различные сценарии загрузки, времени перенастройки, уровня запасов и качества продукции. Наиболее часто используемые подходы:

– модели линейного и нелинейного программирования. Для оптимизации распределения ресурсов, минимизации простоев и сокращения производственных издержек;

– дискретные модели. Позволяют анализировать последовательность операций и перенастроек, чтобы минимизировать время переходов;

– модели стохастического программирования. Позволяют учитывать неопределенность спроса.

Искусственный интеллект и машинное обучение позволяют создавать предсказательные модели и адаптировать управление ГПМ на основе анализа исторических данных:

– методы прогнозирования на основе машинного обучения. Модели временных рядов и нейронные сети для прогнозирования спроса;

– алгоритмы оптимизации. Генетические алгоритмы, методы роя частиц и другие методы для оптимизации маршрутов перенастройки и управления запасами;

– автоматизация процессов принятия решений. Системы на базе ИИ, которые адаптируются к изменениям спроса в реальном времени, управляя объемами выпуска и перенастройками модулей.

Интернет вещей (IoT) и киберфизические системы (CPS) позволяют объединить оборудование и информационные системы, что создает возможности для автоматического обмена данными. Мониторинг в реальном времени – датчики позволяют отслеживать производственные процессы и оперативно реагировать на изменения. Анализ данных для оптимизации перенастроек – анализ данных о состоянии оборудования и его производительности для предотвращения поломок и снижения времени перенастройки. Интеграция с ERP и MES-системами – упрощает координацию и управление запасами и поставками [5].

Адаптивное планирование позволяет гибко изменять производственные планы в зависимости от изменения спроса. Динамическое планирование, т. е. перераспределение ресурсов и перенастройка оборудования в режиме реального времени на основе поступающих данных о спросе. Прогнозирование спроса, а именно использо-

вание данных о потребительских предпочтениях и сезонности для построения точных прогнозов. Поддержание буферных запасов: позволяет компенсировать колебания спроса, обеспечивая устойчивость производства.

Имитационное моделирование и цифровые двойники позволяют создавать виртуальные копии ГПМ для тестирования различных сценариев. Цифровой двойник: виртуальная модель производственной системы, отражающая текущее состояние модулей и их производительность. Имитационное моделирование сценариев, оценка возможных вариантов оптимизации перенастроек и маршрутов перемещения материалов. Анализ производственных узких мест, т. е. выявление и устранение ограничений, тормозящих производственный процесс.

На основе рассмотренных методов следует предложить несколько рекомендаций по оптимизации управления гибкими производственными модулями в условиях динамического спроса, а именно:

– автоматизация и интеграция данных: применение интернет вещей и киберфизических систем для мониторинга производственных процессов, интеграция с информационными системами предприятия для обеспечения прозрачности и оптимизации. Создание и использование моделей машинного обучения для прогнозирования спроса и оптимизации планирования.

– использование адаптивного планирования: переход к динамическому планированию, что позволит оперативно реагировать на изменения в производственной среде и минимизировать издержки.

– переход на цифровых двойников: создание цифровых двойников ГПМ для тестирования оптимизационных решений и оценки их эффективности.

– обучение и развитие персонала: специалисты должны обладать знаниями в области цифровизации и аналитики, чтобы эффективно управлять ГПМ и анализировать данные.

Оптимизация управления гибкими производственными модулями в условиях динамического спроса требует применения комплексного подхода, включающего адаптивное планирование, использование технологий искусственного интеллекта, Интернета вещей, цифровых двойников и имитационного моделирования. Применение этих методов и инструментов позволяет эффективно управлять ресурсами и настраивать производство под актуальные потребности рынка, снижая издержки и повышая конкурентоспособность предприятия.

Список используемых источников

1. Выжигин А. Ю. Гибкие производственные системы: учебн. пособие. М.: Машиностроение, 2009. 288с.; ил. ISBN 978-5-94275-434-1

2. Дорофеев И. Н., Любимов А. Г. Моделирование гибкого производственного модуля на основе раскрашенной сети Петри // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образова-

нии. XIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2024. С. 274–279.
3. ГОСТ 26228-90. Системы производственные гибкие. Термины и определения, номенклатура показателей.
4. Терещенко Е. О., Касаткин С. О., Сорокин В. И. Создание интеллектуальных гибких производственных систем. 3-е изд. Электросталь: РАДИНТЕХ, 2018.
5. Протоколы и системы передачи данных IoT. URL: https://moodle.taltech.ee/mod/book/view.php?id=233071.

Dorofeev I. **OPTIMIZATION OF MANAGEMENT PROCESSES FOR FLEXIBLE PRODUCTION MODULES IN THE CONTEXT OF DYNAMIC DEMAND CHANGE.**

St. Petersburg State University of Telecommunications named after Prof. M. A. Bonch-Bruevich

The article is devoted to optimizing the management of flexible production modules (BPM) in the context of changing demand. The article examines the key problems faced by enterprises with dynamic fluctuations in demand, such as unpredictable loading, frequent reconfigurations, optimization of logistics and inventory management. Modern optimization methods are described, including mathematical modeling, the use of artificial intelligence, the Internet of Things, adaptive planning and digital twins. Practical recommendations are given for improving the efficiency and sustainability of GPM in a changing market.
Key words: flexible production modules, dynamic demand, process optimization, artificial intelligence, adaptive planning, digital twin, Internet of Things, inventory management, simulation modeling, production automation.

УДК 004.855.5
ГРНТИ 28.23.37

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТОЧНОСТИ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ АВТОРЕГРЕССИИ ТЕКСТА

О. Н. Злобин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Актуальность больших языковых моделей в задачах автогрессии текста обусловлена быстрым развитием области обработки естественного языка. Современные авторегрессионные модели, демонстрируют впечатляющие результаты в генерации текста, задачи, связанные с масштабированием моделей и обеспечением их точности на больших объемах данных, остаются актуальными. Производительность и точность являются ключевыми аспектами при работе с большими языковыми моделями, данная статья рассматривает методы и подходы для их улучшения.

GPT, нейронные сети, авторегрессия, большие языковые модели

Использование предобученных языковых моделей, таких как GPT (Generative Pre-trained Transformer) и других крупных трансформеров, стало основой для решения задач генерации текста и автогрессии. Несмотря на их высокую эффективность, эти модели требуют значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает их применение в реальных задачах. Повышение производительности и точности моделей в контексте автогенной генерации текста является важным шагом для расширения их применения и снижения вычислительных затрат. В статье рассматриваются методы, направленные на улучшение работы больших языковых моделей, повышение их точности и эффективности при решении задач автогрессии текста.

Обзор GPT-моделей и их роли в генерации текста

Модели генеративного преобучения на основе трансформеров (GPT, Generative Pretrained Transformer) представляют собой семейство языковых моделей, построенных на архитектуре трансформеров [1], которые обучаются на огромных объемах текстовых данных с целью генерации связного и осмысленного текста. Основной принцип функционирования языковых моделей заключается в оценке статистической вероятностной структуры языка. Например, в рамках модели могут быть задействованы данные о частотах появления определенных слов или фраз в конкретных контекстах. Важно отметить, что для каждого запроса не существует единственно

правильного ответа, поскольку языковые модели опираются на вероятностные оценки, а не на абсолютные значения.

Языковые модели используют эти вероятности для предсказания следующего слова или фразы, что позволяет генерировать текст, следуя соответствующим вероятностным распределениям. Однако если модель всегда выбирает наиболее вероятное продолжение, результат может оказаться слишком однообразным [2]. Таким образом, оптимальная языковая модель должна учитывать не только наиболее вероятные, но и менее вероятные продолжения, что позволяет ей генерировать более разнообразные и естественные текстовые последовательности, соответствующие вероятностному распределению.

Использование предобученных моделей GPT

Предобученные модели GPT, доступные в открытом доступе, могут быть эффективно применены для решения задач классификации текста. Эти модели, обученные на крупных объемах текстовых данных, обладают высокой способностью захватывать контекст и синтаксические особенности языка, что позволяет им генерировать осмысленные и релевантные ответы. Важным преимуществом использования предобученных моделей является значительное сокращение объема размеченных данных, необходимого для их дообучения, по сравнению с обучением модели с нуля, что существенно ускоряет процесс адаптации модели под специфические задачи [3].

В качестве примера задачи классификации текста можно рассмотреть задачу категоризации обращений в службу поддержки. Тексты обращений произвольной длины должны быть отнесены к одной из нескольких заранее определенных категорий. Для оценки эффективности обучения будут использоваться две модели: предобученная модель GPT-2 [4], адаптированная под задачу классификации текста, и модель с идентичной архитектурой, инициализированная случайными весами. Обе модели будут обучаться на ограниченном наборе данных, и их точность классификации будет оцениваться на тестовом наборе из 25 000 примеров. В рамках исследования будут проведены пять различных экспериментов с различными объемами обучающих данных, что позволит оценить влияние объема обучающих данных на производительность моделей.

Результаты проведенных экспериментов (рис. 1) показывают, что предобученные модели GPT существенно превосходят модели, инициализированные случайными весами, по эффективности после завершения процесса обучения. Важным наблюдением является то, что для достижения максимальной точности (плато) предобученные модели требуют значительно меньшего объема данных. Например, уже 100 тысяч примеров достаточно для стабилизации результатов модели. В про-

тивоположность этому, модели с случайной инициализацией требуют значительно больше данных для достижения сопоставимого уровня точности.

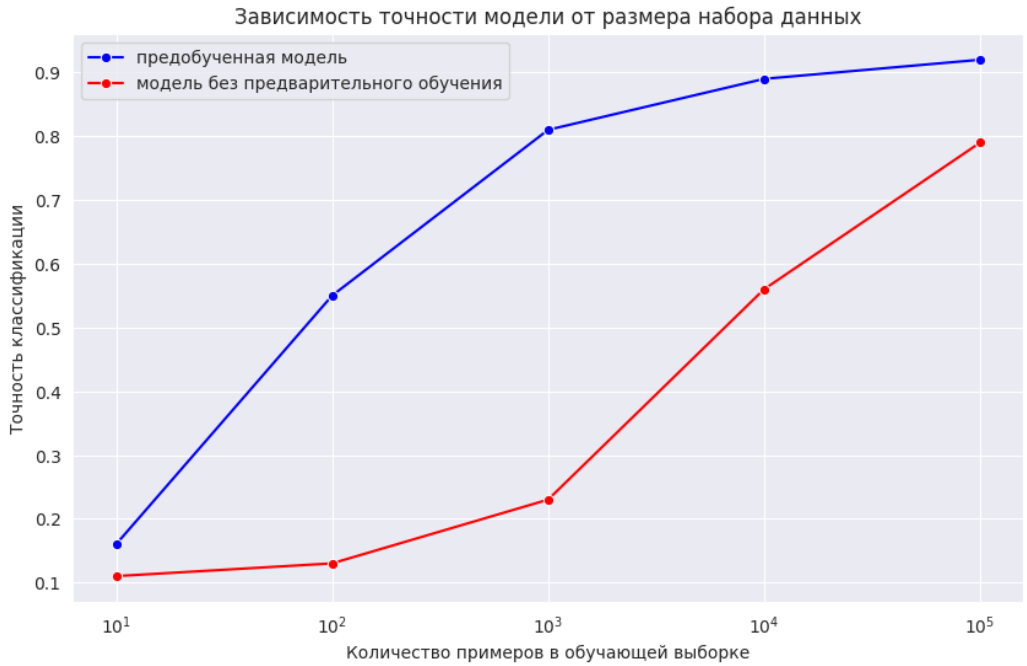


Рис. 1. Точность модели от объема набора данных

Особое внимание стоит уделить тому, что предобученные модели GPT позволяют проводить дообучение (fine-tuning) исключительно на последнем слое (классификаторе). В процессе обратного распространения ошибки обновляются только веса последнего слоя, в то время как параметры остальных слоев остаются неизменными. Такой подход оказывается весьма эффективным, особенно при ограниченном объеме обучающих данных, что подтверждается результатами, представленными на рис. 2:

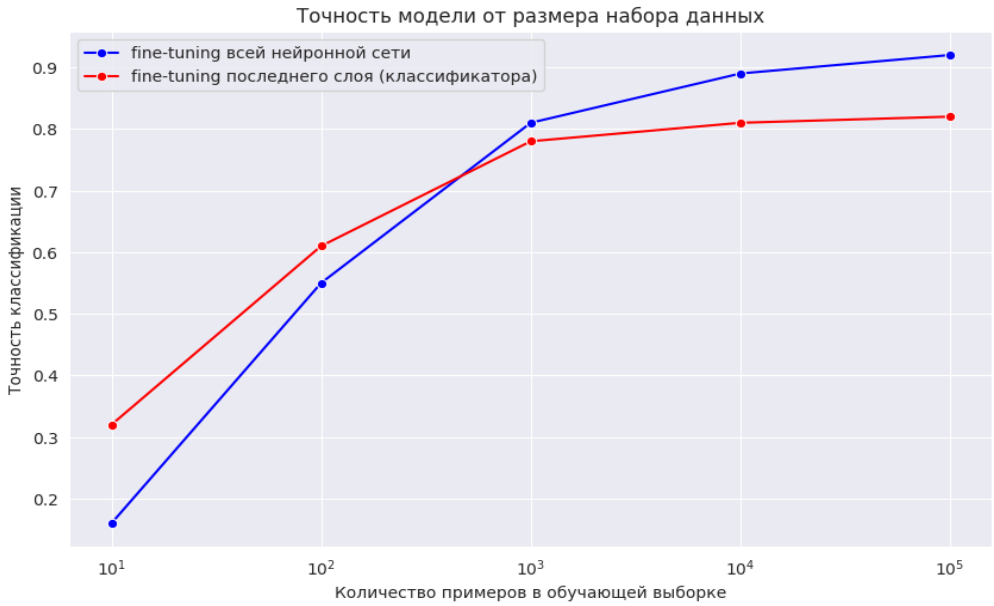


Рис. 2. Точность модели от объема набора данных для разного вида fine-tuning’а

Как демонстрируют результаты экспериментов, использование только fine-tuning’а последнего слоя значительно ускоряет процесс обучения и позволяет достигать высоких результатов при ограниченном объеме данных. В контексте задачи текстовой классификации, где количество размеченных данных может быть ограничено, данный подход оказывается предпочтительным. Количество слоев, подвергающихся обучению, напрямую зависит от объема доступных данных: чем меньше данных, тем более значимым становится выборка, ограниченная только последним слоем для обучения.

Квантизация обученных моделей GPT

Квантизация представляет собой процесс сокращения битового представления весов нейронной сети, что позволяет уменьшить количество используемых бит для их хранения. В этом методе все веса сети распределяются по определенным интервалам, и каждому интервалу присваивается тип данных с меньшей разрядностью, например, 8-битный (int8) или 16-битный (float16) вместо 32-битного (float32) представления [5]. Так, переход от 32-битного представления к 8-битному позволяет снизить размер модели в 4 раза, что существенно улучшает использование памяти и вычислительных ресурсов. Квантизация также способствует повышению производительности модели при незначительном ухудшении точности [6]. В рамках данной статьи рассматривается квантизация уже обученной модели, предназначенной для задачи классификации. Исходной моделью является предварительно обученная модель с 32-битным представлением весов. В дальнейшем проводится квантизация для различных разрядностей (float16, int8, int4). Влияние разрядности на точность классификации и время обработки одного пакета (состоящего из 32 примеров) проиллюстрировано на рис. 3:



Рис. 3. Точность модели от объема набора данных для разного типа квантизации

Наблюдается явная зависимость: с уменьшением разрядности модели точность классификации постепенно снижается. Таким образом, квантизация с меньшим числом бит может привести к ухудшению точности в задаче классификации. Однако данное снижение точности, как правило, оказывается незначительным и может быть допустимым в некоторых приложениях.

С другой стороны, снижение разрядности модели способствует уменьшению времени обработки одного пакета данных. Это указывает на то, что модели с меньшей разрядностью более эффективно используют вычислительные ресурсы, что может привести к увеличению скорости работы модели.

Прочие методы увеличения производительности

Использование предварительно обученных моделей демонстрирует значительный рост точности классификации текста. Квантизация, в свою очередь, позволяет существенно улучшить производительность модели, практически не снижая ее точности. Повышение производительности создает возможности для применения более крупных предварительно обученных моделей в процессе fine-tuning, что, в свою очередь, способствует дальнейшему увеличению точности классификации [7]. Таким образом, улучшение производительности может быть преобразовано в улучшение качества классификации.

Метод прунинга, заключающийся в уменьшении объема памяти и вычислительной сложности модели путем удаления части ее параметров, не оказывает значительного воздействия на производительность модели в контексте данной задачи, поскольку модель уже прошла стадию дистилляции, то есть была обучена на выходах более крупной модели. Исследование [8] показывает, что прунинг языковых моделей не приводит к таким же результатам в плане производительности, как квантизация, и в то же время оказывает отрицательное влияние на точность. Результаты применения различных методов оптимизации производительности и точности, упомянутых в данной статье, представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Значения точности и производительности

Метод	GPT-tiny2 (float32)	GPT-tiny2 (int8)	GPT-tiny2(float32) + pruning (20 %)	GPT - tiny2(int8) +p runing (20 %)	GPT-tiny2(int8) + augmentation + adaptive learning rate
Точность классификации (%)	91.7	90.8	86.7	84.9	92.0
Время инференса (мс)	221	131	196	121	131

Прочие методы увеличения точности

Для повышения точности моделей GPT часто требуются архитектурные изменения, что, в свою очередь, затрудняет или исключает возможность использования предварительно обученных моделей. Кроме того, многие подходы, направленные на улучшение точности, предполагают наличие значительного объема данных (например, несколько десятков гигабайт), что значительно увеличивает затраты на разработку и обучение. Вместе с тем, существуют методы повышения точности процесса fine-tuning, такие как аугментация данных (искусственное расширение обучающего набора путем изменения существующих данных) и затухание скорости обучения на протяжении тренировочного процесса. Эти подходы обеспечивают стабильный, но умеренный прирост качества классификации и характеризуются относительной простотой и доступностью для практического применения.

Заключение

В данной статье анализируются методы повышения производительности и точности моделей GPT при решении задач классификации текста. Одним из наиболее эффективных подходов является использование предобученных моделей GPT, с последующим их дообучением (fine-tuning) в зависимости от объема доступных данных. Этот подход позволяет существенно повысить точность моделей при относительно низких затратах вычислительных ресурсов, что особенно важно при ограниченном количестве размеченных данных. В дополнение к этому, существует ряд методов, направленных на дальнейшее улучшение точности классификации, таких как обучение более глубоких слоев модели или внедрение различных стратегий регуляризации. Несмотря на свою теоретическую эффективность, данные подходы могут не всегда быть оправданы на практике, поскольку их применение требует значительных вычислительных ресурсов и наличия дополнительных данных.

Список используемых источников

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., ... & Polosukhin I. Attention is all you need // In Advances in neural information processing systems, 2017. PP. 5998–6008.
2. Brown T., Mann B., Ryder N., Subbiah M., Kaplan J. D., Dhariwal P., … & Amodei D. Language models are few-shot learners // Advances in neural information processing systems, 2020. Vol. 33. PP. 1877–1901.
3. Sun C. How to Fine-Tune BERT for Text Classification? / C. Sun [et al.] The proceedings of the 18th China National Conference on Computational Linguistics (Kunming, October 18–20, 2019). – Kunming, 2019. PP. 194–206.
4. Hugging Face // openai-community/gpt2 URL: https://huggingface.co/openai-community/gpt2 (дата обращения: 01.10.2024).
5. Grachev A. M., Ignatov D. I., Savchenko A. V. Compression of Recurrent Neural Networks for Efficient Language Modeling // Applied Soft Computing. 2019. Vol. 79. PP. 354–362.

6. Amir Gholami, Sehoon Kim, Zhen Dong, Zhewei Yao, Michael W. Mahoney, Kurt Keutzer. A Survey of Quantization Methods for Efficient Neural Network Inference. 2021.
7. Tom B. Brown, Benjamin Mann, Nick Ryder, Melanie Subbiah, Jared Kaplan, Prafulla Dhariwal, Arvind Neelakantan, Pranav Shyam, Girish Sastry, Amanda Askell, Sandhini Agarwal, Ariel Herbert-Voss, Gretchen Krueger, Tom Henighan, Rewon Child, Aditya Ramesh, Daniel M. Ziegler, Jeffrey Wu, Clemens Winter, Christopher Hesse, Mark Chen, Eric Sigler, Mateusz Litwin, Scott Gray, Benjamin Chess, Jack Clark, Christopher Berner, Sam McCandlish, Alec Radford, Ilya Sutskever, Dario Amodei. Language Models are Few-Shot Learners. 2020.
8. Mitchell A. Gordon, Kevin Duh, Nicholas Andrews. Compressing BERT: Studying the Effects of Weight Pruning on Transfer Learning. 2020.

Zlobin O. **INCREASING PERFORMANCE AND ACCURACY OF LARGE LANGUAGE MODELS IN TEXT AUTOREGRESSIONTASKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The relevance of large language models in text autoregression tasks is due to the rapid development of the natural language processing field. Modern autoregressive models demonstrate impressive results in text generation, while tasks related to scaling models and ensuring their accuracy on large datasets remain highly relevant. Performance and accuracy are key aspects when working with large language models, and this article explores methods and approaches to improve them.

Key words: GPT, neural networks, autoregression, large language models.

УДК 004.94
ГРНТИ 28.17.31

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА РАБОЧИХ МЕСТ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

М. О. Ледевич
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена разработке информационной системы для автоматизации учета рабочих мест, которая направлена на оптимизацию управления офисным пространством и эффективное распределение сотрудников. Рассматриваются главные проблемы, которые связанны с использованием устаревших средств учета, таких как Excel, и предлагается решение на базе C# и .NET, что позволяет обеспечить совместимость с отечественной ОС Astra Linux в условиях импортозамещения. Описываются ключевые задачи системы, такие как автоматизация обновления данных, аналитика и поддержка гибридного формата работы, а также преимущества интуитивно понятного интерфейса для пользователей.

учет рабочих мест, информационная система, автоматизация, оптимизация офисного пространства

С развитием технологий и усложнением бизнес-процессов управление ресурсами организаций является ключевым фактором для сохранения его конкурентоспособности. Одной из главных задач в этом направлении является эффективное управление рабочими местами и пространством в офисе. В современном мире, когда компании активно стремятся оптимизировать использование доступных ресурсов и создавать комфортные условия для сотрудников, учет рабочих мест и их эффективное распределение становятся очень важными. Автоматизация этих процессов с помощью информационных систем позволяет не только упростить управление, но и сильно повысить его эффективность [1].

На практике управление рабочими местами сопровождается многими сложностями. На сегодняшний день доступно малое количество информационных систем, которые предназначены для учета рабочих мест. Многие из которых либо работают в закрытых локальных сетях, либо обладают ограниченными возможностями для интеграции с другими системами. В результате чего, компании часто используют традиционные инструменты, такие как Excel и другие редакторы таблиц, которые медленно справляются с большими объемами данных и имеют ряд ограничений [2]. Это не только увеличивает затраты времени и сил на обновление информации, но и повышается риск ошибок, что отрицательно сказывается на эффективности компании.

Автоматизация процесса учета рабочих мест с помощью информационной системы способна решить несколько ключевых задач, позволяя компаниям более эффективно управлять своими ресурсами. Для этого можно определить задачи, способные решить проблему:

– система должна обеспечивать актуальную информацию о свободных и занятых рабочих местах, помогая более эффективно использовать место;

– автоматизация учета рабочих мест помогает избежать ручного ввода обновленной информации, уменьшая риск ошибок и освобождая ресурсы для выполнения других задач;

– информационная система поддерживает актуальные данные о распределении рабочего места и перемещении сотрудников, упрощая актуализацию информации;

– автоматизация позволяет выявить избыточные или недостающие рабочие места и оптимизировать размещение сотрудников;

– на основе собранных данных система может генерировать отчеты и аналитические сводки, способствуя принятию стратегических решений и более гибкому управлению пространством.

В России такие решения особенно актуальны в условиях политики импортозамещения [3]. В последние годы использование зарубежного программного обеспечения в государственных и крупных компаниях заметно сократилось. Это связано с необходимостью обеспечить технологическую независимость страны и повысить уровень информационной безопасности. В такой ситуации создание и внедрение автоматизированной системы учета рабочих мест, которая адаптирована под российские операционные системы, становится не просто важной, а стратегической задачей.

На данный момент отечественных информационных систем, способных полноценно решать задачи учета рабочих мест и соответствовать строгим требованиям безопасности, очень мало. Особенно остро эта проблема ощущается в контексте использования операционной системы Astra Linux, которая сертифицирована для государственных структур и обеспечивает высокий уровень защиты данных. Аналогов на этой платформе практически нет [4]. Astra Linux активно используется российскими компаниями и учреждениями как альтернатива зарубежным операционным системам, таким как Windows. Однако переход на полностью отечественную инфраструктуру сопровождается трудностями, которые связаны с нехваткой программного обеспечения. Особенно сильно это ощущается в области управления ресурсами, где недостаток подходящих решений существенно осложняет процесс к адаптации.

Создание и внедрение информационных систем для автоматизации учета рабочих мест дадут компаниям удобный инструмент для управления ресурсами. Это поможет сократить расходы на поддержание и актуализацию данных, а также улучшить условия для сотрудников. Автоматизация такого учета станет важным шагом на пути к оптимизации бизнес-процессов и повышению операционной эффективно-

сти. Это особенно актуально в условиях быстро меняющихся форматов работы и возрастающих требований к качеству решений [5].

Для того, чтобы создать эффективную информационную систему для учета рабочих мест, нужно разработать решение, которое будет интуитивно понятным и удобным в использовании. Основную роль в этом процессе занимает интерфейс. Если он будет простым и доступным, даже сотрудники без технического опыта смогут легко освоить работу с системой и быстро находить нужную информацию. Удобство использования напрямую влияет на процесс адаптации сотрудников и эффективность применения системы в обычной работе [6]. Основные элементы интерфейса должны включать: панель быстрого доступа с визуализацией статуса рабочих мест, возможность добавления и редактирования данных, а также функцию фильтрации и поиска по рабочим местам и сотрудникам.

Одним из основных элементов информационной системы должна стать автоматизация процесса учета и обновления данных, которая позволит поддерживать актуальность информации о рабочих местах в реальном времени. Интеграция с другими корпоративными системами, такими как ERP, даст возможность автоматически обновлять информацию о сотрудниках и рабочих местах, устраняя необходимость ручного ввода и уменьшая шанс совершить ошибку. Система должна быть также способна отправлять автоматические уведомления и напоминания о важных изменениях, таких как перемещение сотрудников или освобождение рабочих мест.

Информационная система будет иметь встроенные инструменты для аналитики, которые позволят руководителям легко получать отчеты и анализировать использование рабочих мест и офисного пространства. Автоматическое создание отчетов по таким параметрам, как занятость, перемещения сотрудников, значительно упростит процесс принятия решений. Визуализация данных с помощью графиков и диаграмм сделает информацию наглядной, благодаря чему можно будет легко обнаружить закономерности. Это особенно важно для долгосрочного планирования и оптимизации рабочих процессов.

В условиях гибридного и удаленного форматов работы система должна поддерживать функции бронирования рабочих мест. Такая функция позволит сотрудникам заранее планировать свое присутствие в офисе и поможет оптимально распределять нагрузку на офисное пространство и избегать его переполнения. Гибкие настройки бронирования помогут указать конкретные временные интервалы и получать подтверждение брони, что обеспечит эффективное использование рабочего пространства.

Важной составляющей любой информационной системы является безопасность данных. Система должна будет включать механизмы управления доступом для предотвращения несанкционированного доступа, а также реализовать шифрование данных, что гарантирует защиту и конфиденциальность информации о сотрудниках и рабочих местах.

Также немаловажным решением в разработке этой системы является выбор технологий разработки. В данном случае целесообразно использовать C# на платформе .NET, которая обладает рядом преимуществ для создания надежного, масштабируемого и защищенного программного обеспечения [7]. В условиях импортозамещения, актуального для России, выбор C# и .NET также обусловлен совместимостью с отечественной операционной системой Astra Linux. Astra Linux имеет государственную сертификацию в России и активно внедряется в государственных и коммерческих компании, что делает ее важной платформой для предприятий. .NET совместима с Astra Linux, что позволяет разворачивать информационную систему в защищенной среде с поддержкой отечественных стандартов безопасности и конфиденциальности.

Использование C# и .NET позволит системе соответствовать современным требованиям к функциональности и безопасности, а также обеспечит долгосрочную поддержку и легкость интеграции с другими системами. Завершением разработки должно стать тестирование, которое позволит выявить возможные ошибки, улучшить интерфейс и оптимизировать производительность системы, гарантируя ее бесперебойную работу после внедрения.

Список используемых источников

1. Варфоломеева А. О. Информационные системы предприятия: Учебное пособие / А. О. Варфоломеева. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. 283 с.
2. Майоров Е. Е. Корпоративные информационные системы / Е. Е. Майоров, И. С. Таюрская. СПб.: Университета при МПА ЕврАзЭС, 2020. 220 с.
3. Кашкаров А. П. Импортозамещение. Справочник пособие специалиста-практика / А. П. Кашкаров. М.: НЦЭНАС, 2018. 356 с.
4. Матвеев М. Д. Astra Linux. Установка, настройка, администрирование / М. Д Матвеев. СПб.: Издательство «Наука и Техника», 2023. 416 с. ISBN 978-5-907592-07-0.
5. Джестон Дж. Управление бизнес-процессами. Практическое руководство по успешной реализации проектов / Дж. Джестон. М.: Альпина Диджитал, 2006. 640 с.
6. Бирман И. Пользовательский интерфейс / И. Бирман. М.: Дизайн-бюро Артема Горбунова, 2017. 419 с.
7. Helland A. ASP.NET Core 5 for Beginners / A. Helland. Birmingham: Packt, 2020. 599 с.

Ledevich M. **AUTOMATION OF WORKPLACE ACCOUNTING BASED ON AN INFORMATION SYSTEM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article is dedicated to the development of an information system for automating workplace management, aimed at optimizing office space utilization and effective employee allocation. It addresses key issues associated with outdated management tools like Excel and proposes a solution based on C# and .NET, ensuring compatibility with the domestic OS Astra Linux amidst import substitution policies. The article outlines the system’s primary functions, including data update automation, analytics, and support for hybrid work formats, as well as the benefits of an intuitive user interface.

Key words: workplace management, information system, automation, office space optimization.

УДК 004.942
ГРНТИ 28.17.19

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПЕРВИЧНОГО И ВТОРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭМУЛЯТОРА ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

В. А. Летучий
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире наибольшую популярность набирают цифровые двойники полноценных производственных систем с целью обособленного тестирования элементов производственной системы на предмет устойчивости к нагрузке или стабильности работы. Для решения данной задачи необходимо предложить удобное и современное решение для создания цифровых двойников.

датчик, первичный преобразователь, вторичный преобразователь, моделирование погрешности, архитектура эмулятора

Эмуляция датчиков физических величин представляет собой процесс создания программной или аппаратной модели реального измерительного устройства, способной воспроизводить функциональные характеристики сенсора при измерении физических параметров. Эмулятор обеспечивает моделирование выходных данных сенсора, включая статические и динамические погрешности, что делает его удобным инструментом для анализа и тестирования.

Основными задачами эмуляции являются:

– создание виртуальной среды для испытания и отладки систем без физических датчиков;

– анализ влияния систематических и случайных ошибок на точность измерений;

– снижение затрат за счет экономии на оборудовании на этапах разработки;

– обучение с реалистичными данными, не требующее дорогостоящих сенсоров;

– возможность тестирования алгоритмов коррекции и фильтрации данных.

Целью данной статьи является изложение результатов разработки программного обеспечения для моделирования первичного и вторичного преобразователей датчиков физических величин, которые будут использованы в многоцелевом эмуляторе.

Эмулятор датчика физических величин представляет собой сложную систему, состоящую из нескольких компонентов, которые взаимодействуют друг с другом для достижения конечной цели – имитации работы реального датчика.

Датчик является центральным элементом, который принимает физическое значение и производит его преобразование. Датчик использует два преобразователя:

первичный и вторичный. Первичный преобразователь этот компонент отвечает за первичное преобразование входного физического значения. Он применяет статическую функцию и учитывает систематические и случайные погрешности, чтобы получить окончательное значение. Вторичный преобразователь выполняет дополнительные преобразования на основе данных, полученных от первичного преобразователя.

При эмуляции датчика важно учитывать как систематические, так и случайные ошибки, которые могут оказывать влияние на точность измерений. Модели должны быть способными учитывать динамические характеристики преобразования, такие как скорость отклика на изменения входного сигнала и время задержки, что особенно критично в условиях быстро изменяющихся процессов. Также необходимо предусмотреть возможность калибровки моделей с целью минимизации погрешностей и повышения точности преобразования. Соблюдение этих требований способствует обеспечению высокой реалистичности работы эмулятора, отражая физические и технологические ограничения реальных преобразователей, включая диапазоны измерений и стабильность функционирования в различных эксплуатационных условиях.

Класс статических функций обеспечивает единый интерфейс для функций первичного и вторичного преобразователей, что позволяет поддерживать полиморфизм и гибкость в выборе используемых функций. Класс погрешностей отвечает за расчет различных типов погрешностей (систематических и случайных), что критически важно для имитации реальных условий работы датчика. В результате воздействия большого числа различных факторов, возникающих в процессе изготовления и эксплуатации средств измерений, номинальные значения мер и показания приборов отличаются от истинных значений измеряемых ими величин. Эти отклонения характеризуют погрешности средств измерений [1].

Программное обеспечение для эмулятора датчиков должно иметь модульную архитектуру, которая обеспечивает гибкость и масштабируемость системы. В коде используется паттерн проектирования стратегия для разделения логики преобразования и погрешностей. Архитектура обеспечивает высокую тестируемость и расширяемость, поддерживая добавление новых компонентов без изменений в существующем коде.

Данная архитектура позволяет создавать модульные и легко расширяемые системы, в которых можно легко заменять или добавлять новые функции и компоненты. Погрешности в измерениях являются неотъемлемой частью работы датчиков физических величин. В эмуляторе датчика рассматриваются два основных типа погрешностей: систематические и случайные. Поддерживая условия измерения неизменными, мы сталкиваемся с наличием ошибок, значение которых раз от раза остается одинаковым. Эти ошибки называются систематическими. Случайными явля-

ются такие ошибки, которые меняются непредсказуемо от одного измерения к другому [2].

Каждый из этих типов погрешностей имеет свое влияние на точность и надежность измерений, и их моделирование в эмуляторе позволяет более реалистично воспроизводить поведение реальных датчиков.

На рис.1 представлена архитектура эмулятора датчика физических величин, в котором:

– Sensor – основной класс для вызова методов расчета параметров;

– AbsoluteError и RelativeError – реализуют преобразования, связанные с абсолютной и систематической погрешностями;

– PrimaryConverter и SecondaryConverter – реализуют первичный и вторичный преобразователи;

– IError – реализация интерфейса в паттерне стратегия, благодаря ему обеспечивается взаимодействие с методами классов для расчета полиномиальной функции, абсолютной, систематической и случайной погрешности с нормальным распределением Гаусса (BaseRandomError и GaussianError).

Разработанная модель и на ее основе программное обеспечение для эмуляции датчиков физических величин предоставляют возможность точно смоделировать процесс работы датчика, которая включает в себя преобразование физических величин учитывая случайную и систематическую погрешности. С помощью данного программного обеспечения возможно оценить точность работы эмулируемых датчиков и спрогнозировать поведение при различных условиях. Благодаря архитектуре эмулятора возможно использовать новые типы погрешностей и преобразований, а также производить калибровку с целью повышения точности измерений. Существует возможность интеграции с реальными датчиками, что позволяет провести тестирование и оценку работоспособности в ходе разработки.

Предложенные модель и методы обеспечивают углубленное понимание процессов измерения и появления погрешностей, что открывает новые перспективы для совершенствования и оптимизации методов калибровки в различных областях науки и техники. Данное программное обеспечение в будущем существенно повысит эффективность разработки, настройки и калибровки датчиков в различных отраслях, а это способствует сокращению затрат и повышению надежности конечных продуктов.

В результате доработки и внедрения эмулятора датчика физических величин ожидается создание инструмента способного имитировать работу реальных датчиков в различных условиях, анализировать их работу и оценивать влияние различных факторов на точность и достоверность измерений.

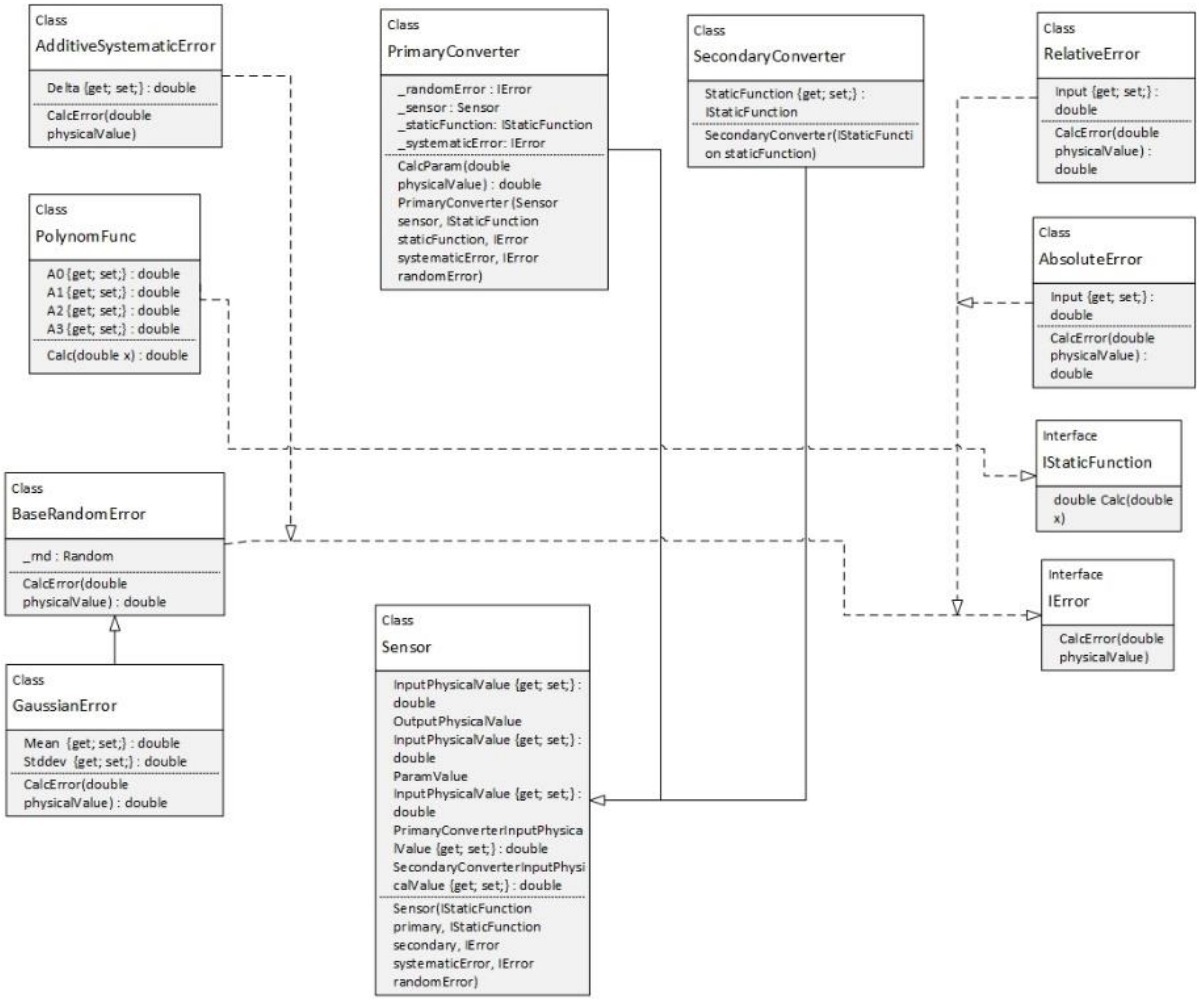


Рис. 1. Диаграмма классов эмулятора датчика

Эмулятор может быть использован в научных исследованиях, метрологических центрах, образовательных учреждениях и при разработке новых технологий. С помощью разработанного эмулятора можно решать задачи тестирования, анализа и оптимизации систем, связанных с измерениями, что приведет к улучшению качества и надежности различных приложений.

Список используемых источников

1. Леонов О. А. Метрология, стандартизация и сертификация / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, В. В. Карпузов. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. 196 с.
2. Клаассен К. Б. Основы измерений. Датчики и электронные приборы. / К. Б. Клаассен. М.: Интеллект, 2008. 352 с.

Letuchy V. **COMPUTER MODELS OF PRIMARY AND SECONDARY CONVERTERS FOR THE EMULATOR OF PHYSICAL QUANTITIES SENSORS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, digital counterparts of full-fledged production systems are gaining the most popularity in order to separately test the elements of the production system for load resistance or work stability. To solve this problem, it is necessary to offer convenient and modern solution for creating digital twins.

Key words: sensor, primary transducer, secondary transducer, error modeling, emulator architecture.

УДК 004.942
ГРНТИ 28.17.31

СОЗДАНИЕ СИМУЛЯТОРА ПОЛЕТОВ КВАДРОКОПТЕРА

Е. А. Митенев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье изложены результаты проекта по созданию симулятора полетов квадрокоптера. Целью является создание симулятора полетов квадрокоптера на основе игрового движка Unreal Engine 4. Разработанное приложение поможет людям повысить свои навыки управления квадрокоптером.

дрон, квадрокоптер, симулятор, система визуального создания скриптов, Blueprints Visual Scripting

Мультикоптер представляет собой многомоторный или мультироторный летательный аппарат (вертолет), несущие винты которого осуществляют вращение диагонально в противоположных направлениях. Различаются мультикоптеры по количеству моторов или по количеству несущих винтов. В наше время применение получили мультикоптеры с тремя и более несущими винтами. Самые распространенные схемы это: 4/6/8 несущих винтов. Применение каждой из схем в основном определяет такой параметр как масса полезной нагрузки или вес, который мультикоптер может взять собой на борт [1].

Принцип действия современного мультикоптера прост. В зависимости от схемы применения (3/4/6/8-несущих винтов), каждый несущий винт приводится во вращение электрическим двигателем (электромотором). Одна половина моторов осуществляет вращение винтов по часовой стрелке, а вторая против. Благодаря такому подходу для осуществления управления мультикоптером не требуется применение в конструкции дрона хвостового винта и сложного в работе автомата перекоса [2].

Предназначение современного беспилотника очень широко и разнообразно. Он находит свое приложение в целом ряде областей, связанных как с развлечениями, так и с работой: воздушные гонки и развлечения; профессиональная видеосъемка; видеонаблюдение и охрана объектов; спасательные операции; археология и картография; сельское хозяйство; охота и рыбалка; доставка небольших грузов.

Лучшие квадрокоптеры нацелены на решение множества нестандартных производственных задач. Чаще всего их применяют там, где присутствие людей нежелательно или опасно – в шахтах и карьерах, при осмотре трубопроводов и высотных сооружений, в вулканических кратерах, при изучении погодных явлений.

Для создания симулятора использован игровой движок Unreal Engine 4. Unreal Engine это игровой движок, разрабатываемый и поддерживаемый компанией Epic Games. Разработка в Unreal Engine 4 очень проста для начинающих. С помощью системы визуального создания скриптов Blueprints Visual Scripting можно создавать готовые игры. В сочетании с удобным интерфейсом это позволяет быстро изготавливать рабочие прототипы.

Создание логики движения и наклона квадрокоптера (рис. 1). Управление 3D моделью квадрокоптера осуществляется с помощью блоков функций отвечающих за считывание значений с клавиатуры. Порядок выполнения логической цепочки передается по белой, соединяющей два блока, линии. Передача данных производится при помощи остальных [3] цветных линий:

– зеленый – значения с плавающей запятой;
– желтый – значения координат;
– голубой – ссылка на объект;
– фиолетовый – координаты поворотов;
– бирюзовый – целые значения;
– розовые – текстовое значение;
– пурпурный – строковое значение;
– темно-синий – массив.

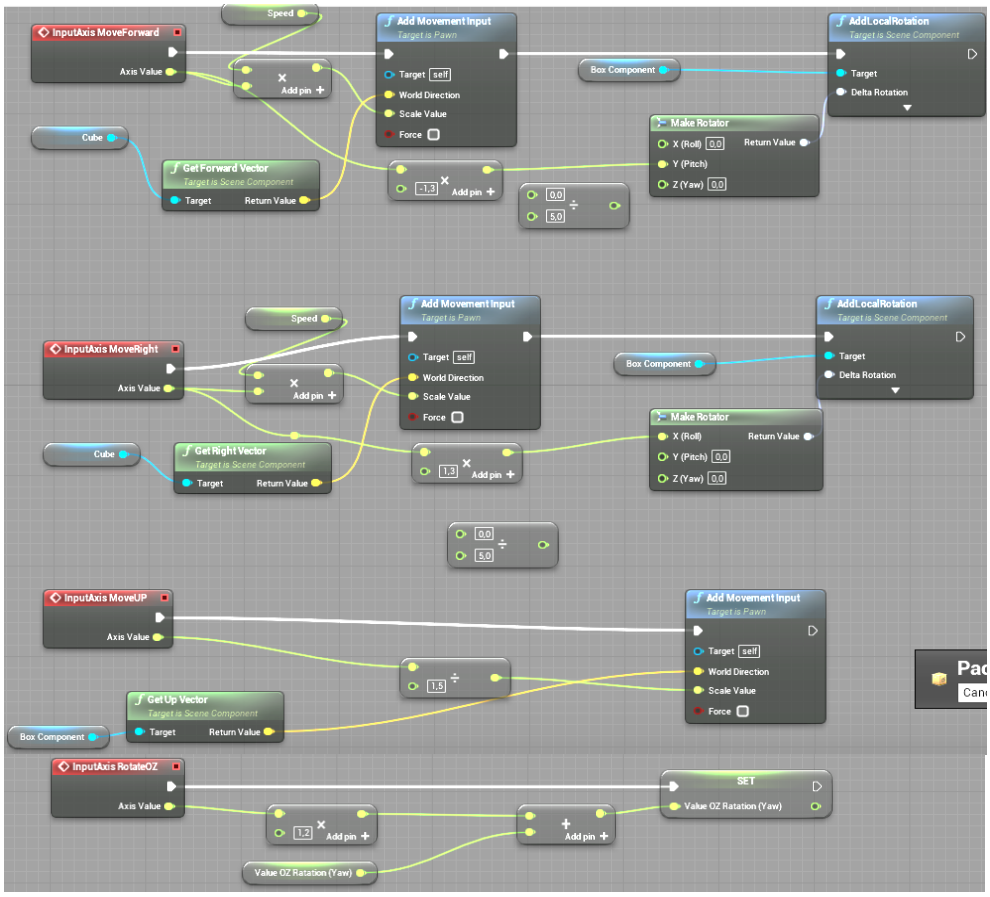


Рис. 1. Логическая цепочка по перемещению и наклону квадрокоптера

Движение вперед-назад. Считываемое значение передается в блок добавления движения. Также берется ссылка с модели через вызов функции переднего вектора получаем направление движения по переднему вектору и это значение направляется в блок добавления движения. Чтобы квадрокоптер наклонялся, берется значение с кнопки и подается на блок создания вращения в «розетку» тангажа. Созданное значение поворота передается на блок добавление локального поворота. Аналогичные действия проводятся для движения вправо-влево, набора и уменьшения высоты, поворота вокруг своей оси.

Создание виджета высоты и установка его в интерфейс. Виджет высоты создается после запуска карты автоматически с помощью блока создания виджетов.

Создание лазера, который будет выдавать значение высоты. Создается лазер, направленный вертикально вниз. Из блока настроек луча выводится значение дальности и записывается в переменную «Altitude Now» (высота сейчас) и выводится в виджет высоты.

Создание логики для автоудержания высоты (рис. 2). Для поддержания квадрокоптера на одной высоте используется формула clamp((x-y)*z,-0.1,1), где x - текущая высота, y – заданная высота, z – чувствительность. Значения -0.1 и 1 ограничивают вводимые значения промежутком [-0.1;1]. При нажатии на кнопку автоудержания высоты задается высота удержания. При уменьшении высоты ниже заданной функция выдает значение, которое компенсирует снижение.

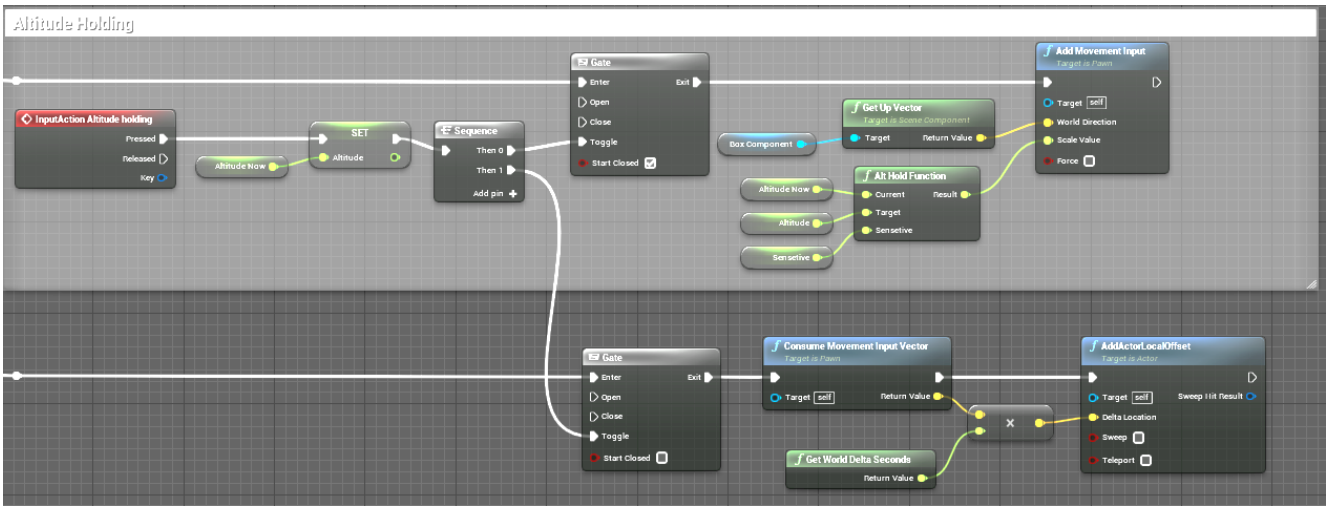


Рис. 2. Логическая цепочка автоматического удержания высоты.

Возврат наклона квадрокоптера в горизонтальное положение (рис. 3). Берется ссылка с квадрокоптера, которая в дальнейшем проходит через функцию получения мировых значений поворота. Получаем текущее значение наклона. С помощью функции возврата наклона к горизонтальному получаем значение поворота, на которое требуется отклонить модель. Это значение передается в блок установки мировых значений поворота.

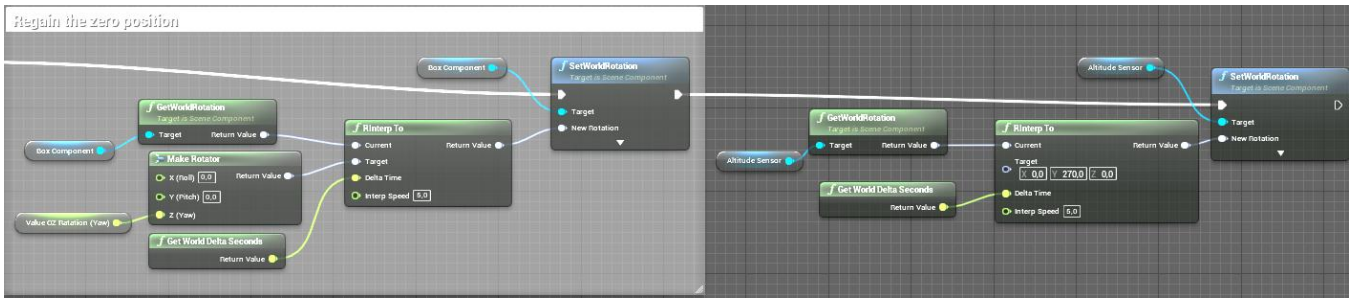


Рис. 3. Стабилизация квадрокоптера.

Логика главного меню. При запуске симулятора вызывается логическая цепочка вызова главного меню. Проверяется, было ли создано главное меню или нет. Если нет, то создается с помощью блока создания виджета, записывается в переменную и добавляется на экран. Иначе добавляется на экран. Далее показывается курсор мыши и происходит центровка на центр экрана. Аналогично осуществляется для меню паузы и меню настроек.

Создание загрузочного экрана и загрузка главной карты. При старте новой игры вызывается логическая цепочка показа загрузочного экрана. Далее в этой цепочке выполняются такой же порядок действий как и в логической цепочке вызова главного меню. После вызова показа загрузочного экрана запускается главная карта.

Создание дизайна главного меню и его логика. Дизайн главного меню состоит из названия симулятора и 3-х кнопок. При нажатии на кнопку настроек закрывается виджет главного меню и вызывается функция показа меню настроек. При нажатии на кнопку «выход» происходит выход из приложения. При нажатии на кнопку «играть» вызывается логическая цепочка начала новой игры.

Создание дизайна меню настроек и его логика. В меню настроек были добавлены настройки: полноэкранный режим; разрешение экрана; вартикальная синхронизация; разрешение прорисовки; дальность прорисовки; сглаживание; размытие в движении; тени; разрешение текстур; качество эфектов; качество растительности; качество освещения.

Создание дизайна меню паузы и его логика осуществляется аналогично главному меню.

Симулятор полетов квадрокоптеров был успешно создан. В дальнейшем планируются обновления нового функционала, например, добавление спортивного режима полета без стабилизирующей составляющей, поддержка гарнитуры VR, улучшение интерфейса, оптимизация для непроизводительных компьютеров.

Список используемых источников

1. Все о квадрокоптерах. URL: https://mykvadrocopter.ru/chto-takoe-kvadrokopter (дата обращения 24.04.2023).
2. Что такое Квадрокоптер? // ДроноМания онлайн журнал о дронах. «URL: https://dronomania.ru/faq/chto-takoe-kvadrokopter.html) (дата обращения 24.04.2023).
3. Unreal Engine 4 Documentation. URL: https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ (дата обращения 19.04.2023.)

Mitenev E. **CREATING A QUADCOPTER FLIGHT SIMULATOR.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article presents the results of a project to create a flight simulator for a quadcopter using the Unreal Engine 4 gaming engine. The aim is to develop a software application that will help users improve their skills in operating a quadcopter by providing a realistic experience of flying one.

Key words: Drone, Quadcopter, Simulator, Visual Scripting system, Blueprints Visual Scripting.

УДК 004.946
ГРНТИ 28.17.33

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГЕОДАННЫХ

А. А. Пермяков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Развитие инфраструктуры и потребность в быстром развертывании технических объектов требуют перехода от трудоемких традиционных методов оценки территорий к автоматизированным решениям, использующим анализ геоданных. В статье представлена разработка программы для автоматизированного анализа геоданных с целью определения зон, доступных для установки технических объектов, на основе данных в формате GeoJSON. Описание включает алгоритм обработки геометрии объектов, выделение проходимых зон, а также создание мультиполигона, что позволяет эффективно решать задачи выбора мест для установки объектов в реальных условиях.

геоинформационное моделирование, ГИС, развитие инфраструктуры, программное обеспечение, автоматизация, алгоритм обработки, геоданные, мультиполигон, GeoJSON.

Современное развитие инфраструктуры и необходимость оперативного развертывания временных или постоянных технических объектов, таких как мобильные узлы связи или энергоснабжающие станции, требуют точного и быстрого анализа территорий. Традиционные методы определения подходящих зон предполагают визуальную оценку рельефа и инфраструктуры, что затрудняет процесс и делает его трудоемким, особенно на сложных участках местности. Кроме того, такие методы подвержены субъективной оценке и требуют значительных временных затрат, что делает их неэффективными для масштабного использования. Эти ограничения актуализируют применение автоматизированных решений, способных анализировать геоданные и определять оптимальные участки с минимальным участием человека [1].

В данном исследовании была разработана программа, которая автоматизирует процесс выделения зон для установки технических объектов, используя анализ географических данных. Основная цель работы – создание решения, которое будет определять полигоны, подходящие для установки оборудования, с учетом их проходимости и расположения относительно объектов инфраструктуры, таких как дороги. Для этого в программе реализовано чтение и обработка данных в формате GeoJSON, анализ доступных для проезда зон, выделение подходящих полигонов, проверка их

пересечений с главными дорогами и сохранение результатов в отдельный файл в формате GeoJSON.

Анализ геоданных представляет собой процесс интерпретации пространственных данных, который требует понимания таких геометрических понятий, как полигоны, линии и мультиполигоны. В случае данной задачи важную роль играют полигоны, представляющие участки, доступные для размещения технического объекта, и линии, обозначающие дорожные объекты. Полигоны в контексте геоданных представляют собой замкнутые области, описанные последовательностью координат, и являются одним из основных типов геометрических объектов, используемых в географических информационных системах (ГИС). Мультиполигон, в свою очередь, представляет собой сложный геометрический объект, объединяющий несколько полигонов в единую структуру. В рассматриваемой задаче мультиполигон используется для объединения зон, доступных для установки объекта, и дальнейшего анализа их пересечения с основными дорожными маршрутами [2].

Формат GeoJSON выбран в качестве основного формата для хранения и обработки геоданных. GeoJSON является популярным форматом обмена пространственными данными, основанным на формате JSON и поддерживающим различные геометрические типы, включая точку, линию, полигон и мультиполигон. Он позволяет эффективно хранить как геометрию объектов, так и их атрибуты, что упрощает манипуляции с данными и анализ. В рамках настоящей работы используются геометрические типы «Полигон» для обозначения доступных для установки зон и "Линия" для представления дорог. GeoJSON отличается простотой структуры и поддержкой разнообразных платформ, что делает его удобным для интеграции в программы, работающие с географическими данными. Его текстовый формат и читаемая структура позволяют легко производить проверку и модификацию данных, а также упрощают их последующую сериализацию и десериализацию в программном обеспечении.

В качестве инструментов для работы с данными в формате GeoJSON выбраны библиотеки Newtonsoft.Json и NetTopologySuite. Newtonsoft.Json предоставляет удобные средства для работы с форматом JSON в языке программирования C#, включая функции сериализации и десериализации. Эта библиотека была выбрана благодаря своей эффективности и широким возможностям для обработки JSON-данных, что делает ее удобной для работы с файлами GeoJSON и интеграции данных в проект. NetTopologySuite, в свою очередь, является мощной библиотекой для работы с геометрическими данными в среде .NET. Она предоставляет функциональные возможности для создания, манипуляции и анализа геометрических объектов, включая полигоны, линии и мультиполигоны, что делает ее основным инструментом для пространственного анализа в данной работе. Выбор NetTopologySuite обусловлен ее поддержкой всех необходимых для задачи операций с геометриями, включая вычисление пересечений и объединений полигонов. Совокупное использование

Newtonsoft.Json и NetTopologySuite позволяет легко обрабатывать данные в формате GeoJSON, эффективно выполнять необходимые пространственные операции и получать результаты в требуемом формате, что существенно повышает производительность и точность программы [3–4].

Основой работы программы является процесс анализа геоданных, в котором последовательные этапы включают чтение исходных данных в формате GeoJSON, извлечение геообъектов, фильтрацию по заданным атрибутам и последующее выделение участка главной дороги, служащего ориентиром для определения доступных зон. Алгоритм начинает свою работу с чтения данных из файла GeoJSON, который выступает в качестве входного источника информации о географических объектах. Для этого используется библиотека Newtonsoft.Json, позволяющая преобразовать структуру JSON в удобный для обработки формат в C#. На этом этапе из файла извлекаются все геообъекты, среди которых программа идентифицирует дорожные объекты и полигональные зоны, описанные в соответствии с GeoJSON-стандартом.

Определение зон, доступных для проезда, является следующим важным этапом алгоритма. Для этого выделяются полигоны, соответствующие критериям, указывающим на их проходимость. В задаче проходимость зон определяется на основе таких атрибутов, как "landuse" и "surface", которые указывают тип использования земельного участка и его покрытие. Например, зона, имеющая атрибут landuse со значением "meadow" (луг), рассматривается как проходимая, а, следовательно, подходящая для размещения технического объекта. Анализируется каждый полигон с учетом этих атрибутов, и только те, что удовлетворяют критериям, выделяются для дальнейшего анализа. После отбора проходимых полигонов программа проверяет, какие из них пересекаются с главной дорогой. Для выполнения операции пересечения применяется библиотека NetTopologySuite, предоставляющая функции для вычисления пространственных пересечений и сопоставлений геометрий. Если полигон пересекается с линией дороги, это указывает на его доступность для транспортных средств, что позволяет включить его в общий список доступных для проезда зон.

На основе полигонов, прошедших этап отбора и анализа на пересечение с дорогой, программа создает единый мультиполигон, объединяя все подходящие зоны в единую структуру. Используя NetTopologySuite, программа выполняет объединение полигонов и формирует целостный мультиполигон, который представляет совокупность всех доступных зон. На этом этапе осуществляется также проверка на корректность и целостность полученных геометрий, поскольку работа с пространственными объектами требует строгого соблюдения топологической корректности для последующей записи и визуализации. Объединенные полигоны проходят проверку на отсутствие дублирования, самопересечений и других потенциальных нарушений геометрической структуры, что гарантирует создание корректного мультиполигона.

После успешного формирования мультиполигона программа записывает его в отдельный файл в формате GeoJSON, что обеспечивает удобство использования полученных данных в других системах и приложениях для геоданных. На этом этапе происходит обратное преобразование мультиполигона в структуру GeoJSON. Каждый полигон, входящий в состав мультиполигона, транслируется в формат GeoJSON, который сохраняет геометрию и атрибуты зон. Специфика сохранения мультиполигона требует точного соблюдения структуры GeoJSON, чтобы обеспечить читаемость и совместимость данных с другими программами, работающими с пространственными объектами. Полученный GeoJSON-файл содержит итоговую информацию о зонах, доступных для установки технического объекта, и готов к использованию в дальнейших аналитических задачах или визуализации в геоинформационных системах. Визуализация работы данной программы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Визуализация работы программы

Разработанная программа демонстрирует ряд значительных преимуществ, включая автоматизацию анализа геоданных, высокую точность в определении зон, доступных для установки технического объекта, и возможность обработки больших объемов данных. Это решение существенно упрощает процесс выбора участков для размещения объектов, делая его более быстрым и менее трудозатратным. Однако программа имеет и определенные ограничения, такие как зависимость от качества исходных данных и атрибутивных характеристик, необходимых для фильтрации зон, а также потенциальные ошибки при обработке геометрически сложных объектов. Эти ограничения могут влиять на точность анализа, что предполагает необходимость в высококачественных и полных исходных данных.

Перспективы улучшения программы включают расширение ее функциональности за счет интеграции рельефных данных для учета высоты местности, что позволит более точно определять зоны, учитывая особенности ландшафта. Также целесообразно рассмотреть возможность интеграции дополнительных геоданных и совершенствования алгоритмов выделения зон, что позволит улучшить производительность программы и повысить точность анализа. В заключение, разработанная программа достигла поставленных целей, доказав свою применимость для автоматизированного выделения зон, подходящих для размещения технических объектов. Практическая значимость программы заключается в ее применении для реальных

задач по установке объектов инфраструктуры, а также в потенциале для создания инструментов анализа, применимых в других задачах, связанных с обработкой геоданных.

Список используемых источников

1. Mitasova H., Brovelli M. A. Open Geospatial Software and Data: A Review of the Current State and A Perspective into the Future // ISPRS International Journal of Geo-Information., 2020.
2. Капралов Е., Кошкарев А., Тикунов В., Лурье И., Семин В., Серапинас Б., Сидоренко В., Симонов А. Геоинформатика. М.: Academia, 2010.
3. Newtonsoft.Json. Json.NET – A popular high-performance JSON framework for .NET. URL: https://www.newtonsoft.com/json.
4. NetTopologySuite. NetTopologySuite Geospatial libraries for .NET. URL: https://github.com/NetTopologySuite/NetTopologySuite.

Permyakov A. **DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR DETERMINING GEOGRAPHICAL AREAS AVAILABLE FOR PLACING TECHNICAL OBJECTS BASED ON GEODATA ANALYSIS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The development of infrastructure and the need for the rapid deployment of technical objects require a shift from labor-intensive traditional methods of land assessment to automated solutions using geodata analysis. This article presents the development of a program for automated geodata analysis aimed at determining areas suitable for the installation of technical objects based on GeoJSON data. The description includes the algorithm for processing object geometry, identifying passable areas, and creating a multipolygon, which enables effective solutions for selecting locations for installation in real-world conditions.

Key words: Geoinformation modeling, GIS, infrastructure development, software, automation, processing algorithm, geodata, multipolygon, GeoJSON.

УДК 004.946
ГРНТИ 28.17.33

ВИЗУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСА ДЛЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D UNITY

А. В. Рыбалко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Использование технологий цифровых двойников открывает новые возможности для повышения эффективности образовательных процессов. Цифровой двойник учебной лаборатории представляет собой виртуальную модель, которая улучшает практическое обучение и интеграцию в цифровую среду. Данная работа рассматривает концепцию цифрового двойника как важный элемент цифровой трансформации образования, с акцентом на использование платформы Unity для разработки виртуальных учебных лабораторий.

цифровой двойник, моделирование, индустрия 4.0, программные продукты

Термин «цифровой двойник» имеет множество определений, в силу широкого спектра областей, в которых он применяется. В общем понимании, цифровой двойник (Digital Twin) представляет собой сложную цифровую математическую модель, которая имеет определенную степень сходства с реальным объектом, производством, материалом или конструкцией. Чаще всего он описывается трехмерными нестационарными нелинейными уравнениями. Степень сходства измеряется в терминах адекватности, и в случае цифровых двойников разница между физическими и виртуальными результатами должна составлять не более 5 %. В противном случае такой объект будет классифицироваться как модель, макет или прототип. Этот критерий представляет собой одну из важнейших характеристик, которые определяют условия применения и преимущества цифровых двойников по сравнению с другими информационными моделями.

Цифровой двойник должен указать критические области, в которых необходимо устанавливать датчики, а также определить важные параметры для измерения, такие как деформации, температура, давление и так далее. Затем он должен обеспечить хранение, обработку, передачу и защиту больших объемов информации (Big Data) [1].

Более того, цифровой двойник не только позволяет адекватно моделировать поведение реальных объектов и продуктов в разных режимах работы, включая нормальные условия, отклонения от нормы и аварийные ситуации, но также с высокой точностью способен предсказывать разнообразные сценарии, включая их различные комбинации. В результате цифровой двойник обладает значительным потенциалом

в предсказании, в отличие от множества обычных датчиков, которые просто регистрируют прошедшие события и не способны предсказывать сложные явления и ситуации.

Развитие технологий Интернета вещей (IoT), анализа больших данных (Big Data), облачных вычислений и искусственного интеллекта (ИИ) предоставило возможности различным отраслям промышленности [2].

Как показано на рис. 1, количество устройств, подключенных к Интернету вещей, продолжает расти с каждым годом. Этот рост приводит к значительному увеличению объема сгенерированных данных, и по оценкам, к 2020 году этот объем уже превысил 40 зеттабайт.



Рис. 1. Информационные технологии и их применение

В образовательной среде использование технологий цифровых двойников охватывает значительный объем данных, связанных с моделированием и симуляциями учебных процессов. Благодаря применению цифровых двойников, основанных на платформах, таких как Unity, преподаватели могут создавать виртуальные модели лабораторий, исследовать их работу и разрабатывать новые подходы к обучению. Это помогает разнообразить учебный процесс и подготовить студентов к реальным практическим задачам.

Рынок программного обеспечения для создания цифровых двойников учебных лабораторий предлагает разнообразные решения – от универсальных до специализированных. Особое внимание заслуживают программы, предназначенные для моделирования учебных процессов и создания интерактивных цифровых моделей. Такие разработки опираются на современные технологии, включая облачные вычисления и обработку данных, что позволяет сделать образовательный процесс более гибким и наглядным.

Следует подчеркнуть, что разработка и совершенствование программного обеспечения для цифрового моделирования опирается на программные комплексы, которые являются основой для внедрения цифровых технологий, уже широко применяемых на практике. Эти технологии включают в себя облачные вычисления, сбор и обработку больших данных, и многое другое.

Обзор и краткая характеристика программных комплексов для проектирования и создания цифровых двойников представлена в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Краткая характеристика программных продуктов создания цифровых двойников

Технология	Краткое описание	Экономические затраты	Поддержка интеграции с другими системами
Unity	Среда для разработки интерактивных 3D-приложений и симуляций, используемая для создания цифровых двойников в различных отраслях, включая обучение и моделирование процессов.	Доступна бесплатная версия	Поддержка множества плагинов и SDK
Unreal Engine	Платформа для создания фотореалистичных визуализаций и интерактивных симуляций. Широко используется в игровой индустрии, но также применима для цифровых двойников.	Требуются лицензии	Интеграция с системами и модулями
Ansys Twin Builder [3]	Программное обеспечение для создания сложных виртуальных прототипов систем с использованием многодоменных моделей и библиотек.	Требуются лицензии	Интеграция с языками программирования
COMSOL Multiphysics [4]	Платформа для моделирования и анализа множества физических процессов с возможностью добавления модулей.	Платные модули	Много дополнительных модулей
Azure Digital Twins [5]	Облачное решение для создания цифровых моделей сложных объектов и их связи с реальными данными для анализа и оптимизации.	Подписка	Интеграция с сервисами Microsoft

Анализ представленных технологий создания цифровых двойников показывает, что Unity выделяется среди остальных благодаря своей простоте в освоении, доступности экономических решений и широким возможностям для интеграции. Unity позволяет создавать как простые учебные симуляции, так и сложные модели для научных исследований, предлагая высокий уровень гибкости и мощные инструменты для визуализации. Несмотря на то, что более сложные решения, такие как Ansys Twin Builder и COMSOL Multiphysics, предлагают специфические возможности для сложных систем, Unity представляет оптимальное сочетание функциональности и доступности для образовательных нужд.

Цифровая копия учебной лаборатории, разработанная в Unity, включает в себя (рис. 2): интерьер помещения, компьютеры и их периферийные устройства, систему освещения, состоящую из трех зон. Целью создания цифрового двойника является не только визуализация лаборатории, но и реализация системы мониторинга и управления объектами в лаборатории.



Рис. 2. Пример интерфейса виртуальной модели цифрового двойника учебной лаборатории

Важной частью системы является возможность отслеживания наличия предметов внутри лаборатории. Для этого каждый предмет в цифровой модели связан с физическим объектом через уникальный идентификатор. В случае если предмет отсутствует в помещении (например, студент переместил стул или оборудование), система выдает уведомление об этом. Примерами реализации данной технологии могут выступать датчики присутствия, основанных на использовании RFID меток или Bluetooth-трекеров. Программное обеспечение Unity регулярно получает данные от датчиков и обновляет модель. Если объект не найден в течение определенного времени, отображается уведомление в интерфейсе.

Для контроля работы рабочего места студента может использоваться интеграция с компьютерами через API. Система Unity проверяет состояние компьютеров и периферийных устройств (например, включение/выключение экрана или клавиатуры). В случае отключения компьютера на экране администратора лаборатории отображается информация о статусе рабочего места.

Цифровой двойник лаборатории также должен управлять системой освещения. Лаборатория разделена на три зоны освещения: начало, середина и конец помещения. Виртуальная модель Unity позволяет контролировать состояние света в каждой зоне. Датчики света передают информацию о текущем состоянии в цифровую модель. В зависимости от времени суток или активности студентов, система автомати-

чески может регулировать яркость освещения. В интерфейсе лаборатории администратор может вручную включать или выключать освещение в нужной зоне.

Список используемых источников

1. Michael W. Grieves Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication, . URL: https://www.researchgate.net/publication /275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication (дата обращения: 10.10.2023).
2. Государство как платформа: люди и технологии. М.: РАНХиГС, 2019. 112 с. URL: https://technet-nti.ru/news/6852 (дата обращения: 10.10.2023).
3. Ansys twin builder / Официальный сайт компании Ansys engineering modelin. URL: https://www.ansys.com/content/dam/product/digital-twin/twin-builder/ansys-twin-builder-technical-datasheet.pdf (дата обращения: 15.10.2023).
4. Официальный сайт производителя программного обеспечения «COMSOL». URL: https://www.comsol.ru/comsol-multiphysics (дата обращения: 16.10.2023).
5. What is Azure Digital Twins? / Microsoft Learn official site. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/azure/digital-twins/overview (дата обращения: 18.10.2023).

Rybalko A. **A VISUAL MODEL OF A LABORATORY BUILDING FOR A DIGITAL TWIN BASED ON 3D UNITY TECHNOLOGY.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The use of digital twin technologies opens up new opportunities for enhancing educational processes. A digital twin of a training laboratory represents a virtual model that improves practical learning and integration into the digital environment. This paper examines the concept of the digital twin as an important element of digital transformation in education, with a focus on using the Unity platform to develop virtual training laboratories.

Key words: digital twin, modeling, industry 4.0, software products.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

МЕТАМОДЕЛЬ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОЙ КИБЕРСРЕДЫ, ОСНОВАНОЙ НА АГЕНТНОМ ПОДХОДЕ

А. Ю. Суетин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время практически ни одна сфера жизни не обходится без использования киберфизических систем. Данный прогресс привел к множеству разнородных систем, компоненты которых должны уметь коммуницировать с компонентами других киберфизических систем. Использование общей метамодели интероперабельной киберфизической системы позволит еще с этапа создания, решить проблему функциональной совмести и позволит объединить киберсреды в единую интероперабельную киберсреду.

метамодель, киберфизическая система, интероперабельность, агентный подход

Агентный подход к построению интероперабельных киберсред представляет собой архитектуру, при которой каждая сущность или объект киберсреды формализован в виде автономного агента, обладающего уникальными функциями, идентификатором и свойствами для осуществления действий, как на реальном объекте. Основной целью данного подхода является создание гибкой и масштабируемой системы взаимодействий между агентами, обеспечивающей интероперабельность с другими системами, основанными на этом подходе [1].

В пределах одной киберсреды агенты взаимодействуют напрямую, что функционально схоже с построением социальных сетей, где агент может устанавливать связи с другими агентами, выполняя требуемые операции. Для межсредового взаимодействия необходим дополнительный слой – прокси агент. Прокси агент является представителем целевого агента в новой среде и служит посредником, обеспечивающим корректную передачу и обработку сообщений, а также синхронизацию данных между агентами из различных киберсред. Процесс установления связи начинается с инициации связи агентом и создания прокси-агента, который передает запрос на установление соединения целевому агенту. После подтверждения связи прокси-агент становится активным представителем, принимающим и перенаправляющим запросы.

При переходе агента в другую киберсреду его связь с прокси-агентами и исходными агентами сохраняется за счет устойчивого набора эндпоинтов. Эндпоинты представляют собой совокупность адресов и действий, которые могут быть вызваны другими агентами, что обеспечивает гибкость и непрерывность коммуникации. Бла-

годаря этому подходу, связи, установленные агентом, остаются функциональными даже после его перемещения в новую среду, что поддерживает принцип интероперабельности и целостность распределенных цифровых систем.

Цифровые технологии требуют создания высокоэффективных и гибких киберсред, способных поддерживать непрерывный обмен данными и адаптироваться к изменениям в условиях распределенной вычислительной среды. Особенно актуально это в таких областях, как Интернет вещей (IoT), киберфизические системы и системы искусственного интеллекта, которые все чаще работают в условиях тесной интеграции и взаимодействия. Для обеспечения успешной интеграции и взаимопонимания между этими системами необходимо создать общие правила, модели и стандарты, что делает проблему интероперабельности критически важной [2]. Для достижения высокоэффективной интероперабельности в агентно-ориентированных системах необходимо единое концептуальное описание, которое будет объединять разные компоненты и процессы взаимодействия между ними.

В данной статье рассматривается задача разработки метамодели для агентных интероперабельных киберсред. Метамодель представляет собой высокоуровневую абстракцию, описывающую основные компоненты системы, их взаимосвязи, правила и взаимодействия. Она играет ключевую роль в проектировании, стандартизации и обеспечении гибкости системы [3]. Предлагаемая метамодель позволит систематизировать и унифицировать описание процессов, протоколов и механизмов взаимодействия агентов, что повысит совместимость и производительность агентных киберсред.

В качестве основных компонентов метамодели можно взять агента, который представляет собой любую сущность, участвующую в взаимодействии в киберсреде. Агент обладает внутренними функциями, может выполнять действия и обмениваться сообщениями с другими агентами. У него есть собственный уникальный идентификатор, позволяющий однозначно идентифицировать его внутри киберсреды. Кроме того, агент имеет набор эндпоинтов или точек доступа к своим функциям. Он также осведомлен о своих связях с другими агентами и их статусах. Прокси агент является представителем агента, который используется для взаимодействия с ним в контексте межсредовой связи. Обладает собственный уникальным идентификатором, возможностью взаимодействовать и синхронизировать данные с агентом, которого он и представляет, также, знает текущее состояние связи. Агент и прокси существуют в рамках киберсреды, которая представляет собой информационную систему.

Каждая киберсреда обладает собственной инфраструктурой, состоит из набора агентов и прокси, и определяет набор правил для общения с агентами как внутри среды, так и при межсредовом взаимодействием. Для обеспечения коммуникации между агентами необходима связь. Связь состоит из двух агентов, один из них явля-

ется агентом инициатором связи, второй агентом с кем связь устанавливается. В случае межсредовой связи, связь может состоять из пары агент – прокси агент. Связь является двунаправленной по отношению к агентам чтобы показывать различные отношения между агентами, например, руководитель – подчиненный, подчиненный – руководитель. Связь обладает статусом (ожидание подтверждения, подтверждение, разорвана). На рис. 1 представлена схема выставления межсредовой связи с использованием прокси агента.

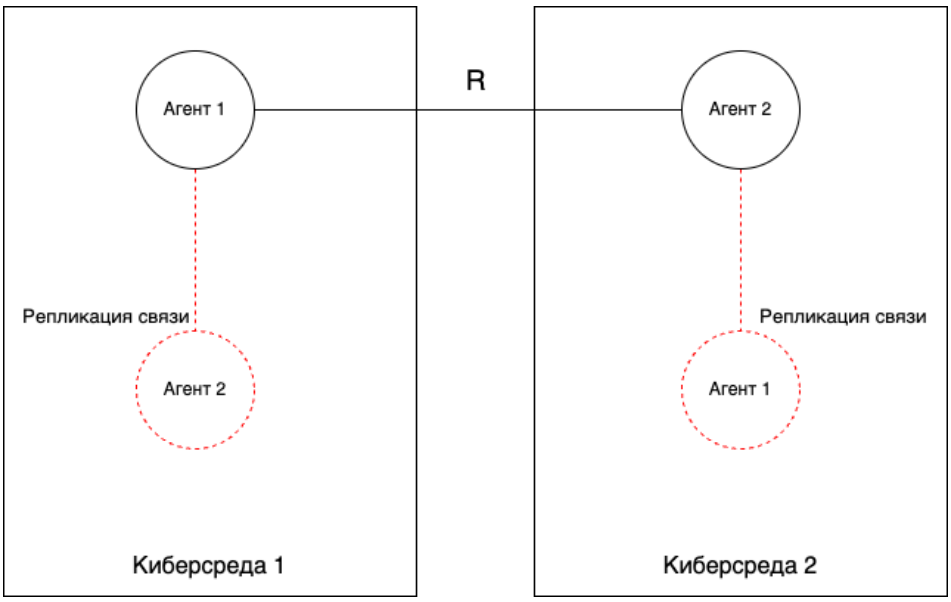


Рис. 1. Пример построения межсредовой связи через прокси

Модель взаимодействия представляет собой множество всех возможных функций агента, которые могут могут быть вызваны другими агентами через эндпоинты. У каждой модели действий есть уникальный идентификатор для каждого действия и эндпоит (URL ссылка), по которому это действие доступно. Метамодель основывается на следующих взаимосвязях, представленными в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Модель взаимодействия

Взаимосвязь	Описание
Агент–Киберсреда	Агент всегда существует внутри одной или нескольких киберсред, каждая из которых может иметь свои правила взаимодействия и ограничения
Агент–Прокси агент	Прокси агент всегда создается в киберсреде агента инициатора и представляет другого агента. Они связаны, и взаимодействие с прокси фактически является взаимодействием с оригинальным агентом
Связь–Агент	Связь управляется и инициируется агентом. Она может быть установлена напрямую в рамках одной киберсреды или через прокси для межсредовой связи
Агент–Набор эндпоинтов	Набор эндпоинтов управляется агентом и используется для выполнения его действий

Основные функции агента, задаваемые метамоделью, включают следующее. Агент инициирует связь с другим агентом, создавая в своей среде прокси с указанием идентификатора целевого агента и параметров связи. На выходе создается прокси и устанавливается связь в статусе ожидания. Агент подтверждает запрос на связь, указывая идентификатор инициатора. В результате связь подтверждается, а прокси синхронизируются. При переходе агента в другую киберсреду его связи остаются активными, перенастраиваются через прокси, а набор эндпоинтов обновляется и синхронизируется.

Метамодель формализует структурные элементы и функциональные роли агентов, описывая ключевые процессы, такие как инициация связи, подтверждение соединений и поддержка постоянного обмена сообщениями между агентами. Данная модель также демонстрирует устойчивость и независимость агентного взаимодействия от инфраструктурных особенностей киберсред, что способствует повышению интероперабельности и интеграции различных цифровых пространств. Задается следующий общий вид киберсреды (CE) основанной на агентном подходе:

$$CE = <A, P, R>,$$

где A – множество всех агентов в киберсреде; P – множество всех прокси агентов в киберсреде; R – множество всех связей, образованных между агентами и прокси.

Предложенная метамодель закладывает основу для построения масштабируемых и адаптируемых киберсред, в которых агентные взаимодействия сохраняют непрерывность и стабильность, поддерживая эффективное функционирование распределенных систем.

Список используемых источников

1. Верхова Г. В., Акимов С. В. Интеграция локальных интероперабельных киберсред виртуальных организаций в единую киберсреду постиндустриального общества // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. СПб., 2021. С. 34–39.
2. Верхова Г. В., Суетин А. Ю. Метод информационного взаимодействия в интероперабельных киберсредах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2024. С. 179–183.
3. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 1990. 534 с.

Suetin A. **METAMODEL OF AN INTEROPERABLE CYBER ENVIRONMENT BASED ON AN AGENT APPROACH.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Currently, almost no area of life operates without the use of cyber-physical systems. This progress has led to a multitude of heterogeneous systems whose components must be able to communicate with the components of other cyber-physical systems. The use of a common metamodel for an interoperable cyber-physical system will allow for the problem of functional compatibility to be addressed from the creation stage, and will enable the integration of cyber environments into a unified interoperable cyber environment.

Key words: Metamodel, cyberphysical system, interoperability, agent approach.

УДК 681.5
ГРНТИ 28.17.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МУФЕЛЬНОЙ ПЕЧИ В SIMULINK

Р. И. Файзуллин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время основным методом различных исследований является моделирование. С его помощью можно строить модели реально существующих агрегатов и систем. Визуальное моделирование с помощью пакета Matlab Simulink позволит на основании стандартных блоков библиотеки получить модель, построенную по системе уравнений, описывающих динамику нагрева объекта в муфельной печи [1].

Matlab Simulink, моделирование, муфельная печь, модель

В качестве примера рассмотрим моделирование процесса работы муфельной печи в Matlab Simulink. В качестве метода определения коэффициентов используется метод Циглера-Никольса [2]. В данном случае он подходит благодаря меньшим трудозатратам с аналогичным результатом, что и при использовании других методов. Схема математической модели представлена на рисунке 1. Параметры модели представлены в таблице 1.

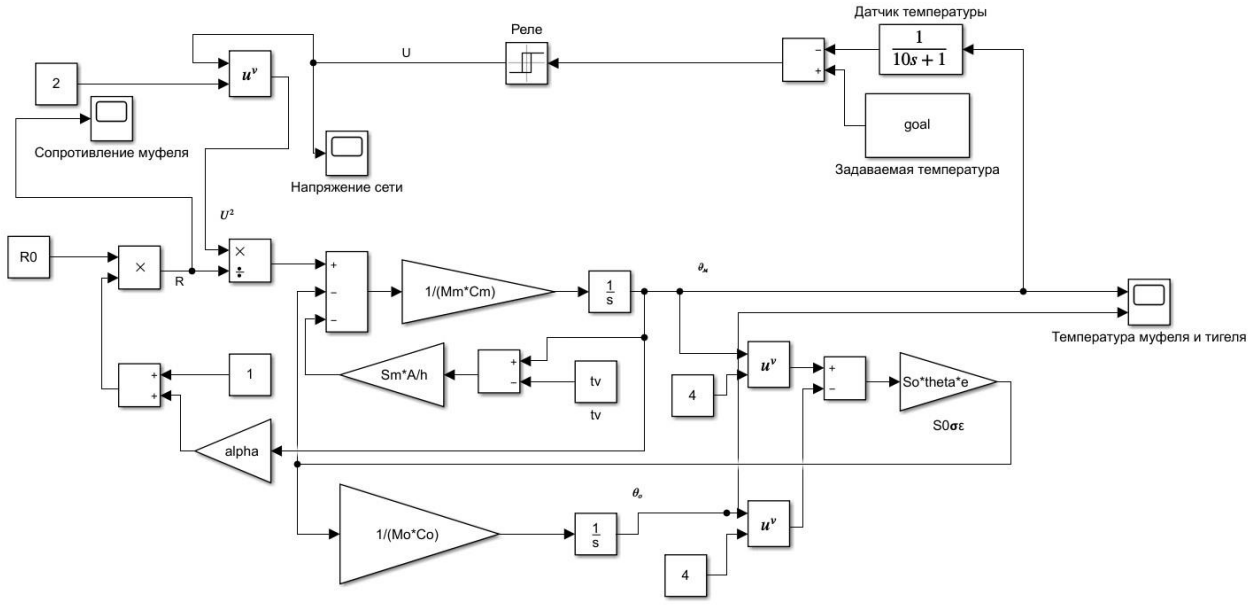


Рис. 1. Математическая модель муфельной печи в Simulink

ТАБЛИЦА 1. Параметры модели

Обозначение	Значение	Размерность	Пояснение
Переменные			
Goal	273-1600	Кельвин	Требуемая температура в Кельвинах
tv	283-313	Кельвин	Температура воздуха в Кельвинах
Константы			
U	220	Вольт	Напряжение сети
h	0.15	метров	Толщина шамота
R0	10	Ом	Сопротивление муфеля при нормальной температуре
Sm	1.16	$метров^2$	Площадь поверхности печи
Обозначение	Значение	Размерность	Пояснение
A	0.5	$Ватт/(метр^2 \cdot Кельвин)$	Коэффициент теплопередачи асбестовой ваты
sigma	5.67e-8	$Ватт \cdot метр^{-2} \cdot Кельвин^{-4}$	Постоянная Стефана-Больцмана
E	1	-	Излучательная способность тигля
So	0.0302	$метр^2$	Площадь поверхности нагреваемого объекта
Mm	2	киллограм	Масса муфельной печи
Cm	1082	Джоуль/(килограмм·Кельвин)	Удельная теплоемкость шамота
Mo	0.3	килограмм	Масса нагреваемого объекта
Co	444	Джоуль/(килограмм·Кельвин)	Удельная теплоемкость нагреваемого объекта
a	0.25e-3	$Кельвин^{-1}$	Температурный коэффициент нихромовой нити

График потребляемого напряжения сети представлены на рисунке 2.

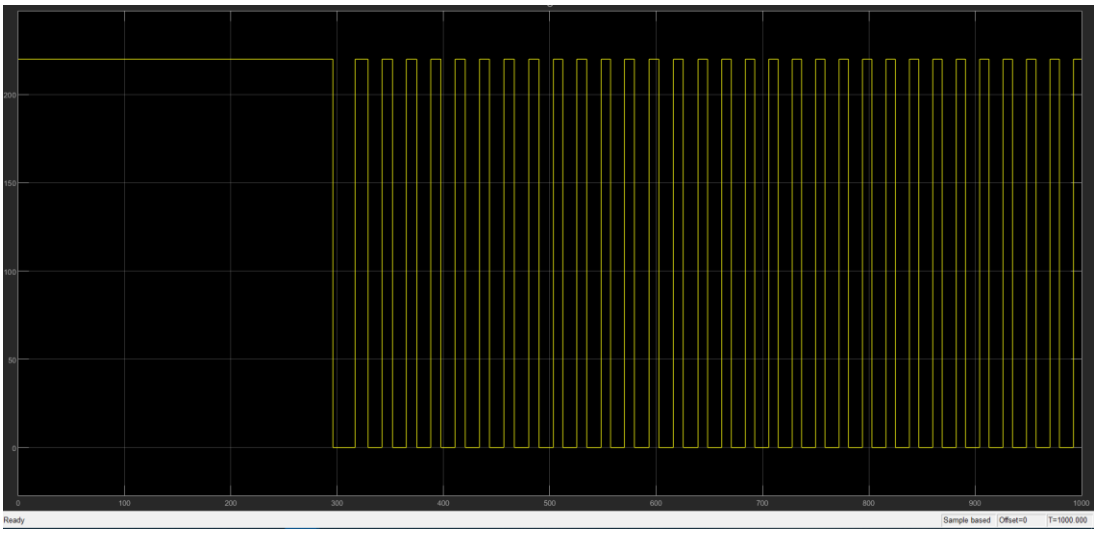


Рис. 2. График потребляемого напряжения сети

Зависимость сопротивления муфеля от температуры показана на рисунке 3.

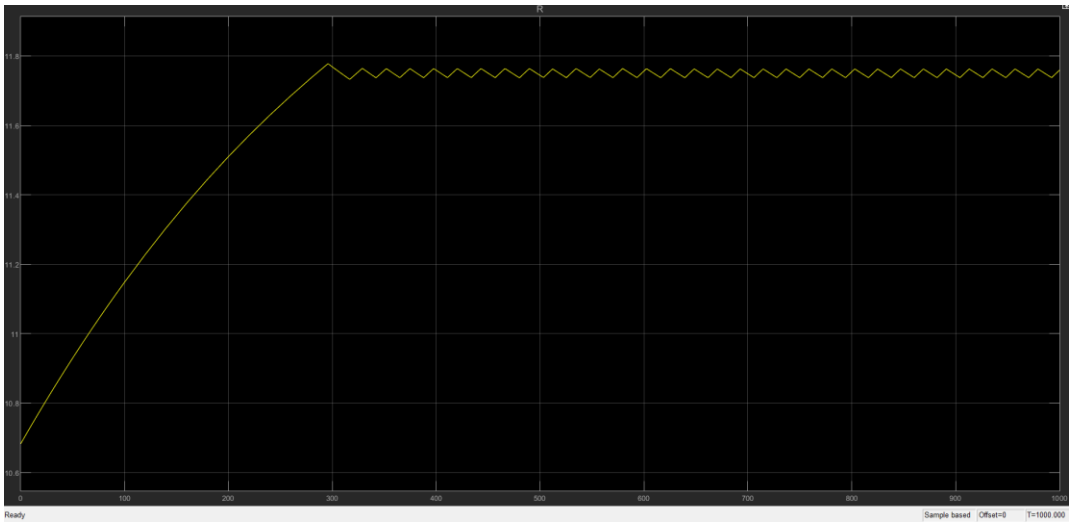


Рис. 3. График сопротивления муфеля

Температура печи и объекта показана на рисунке 4.

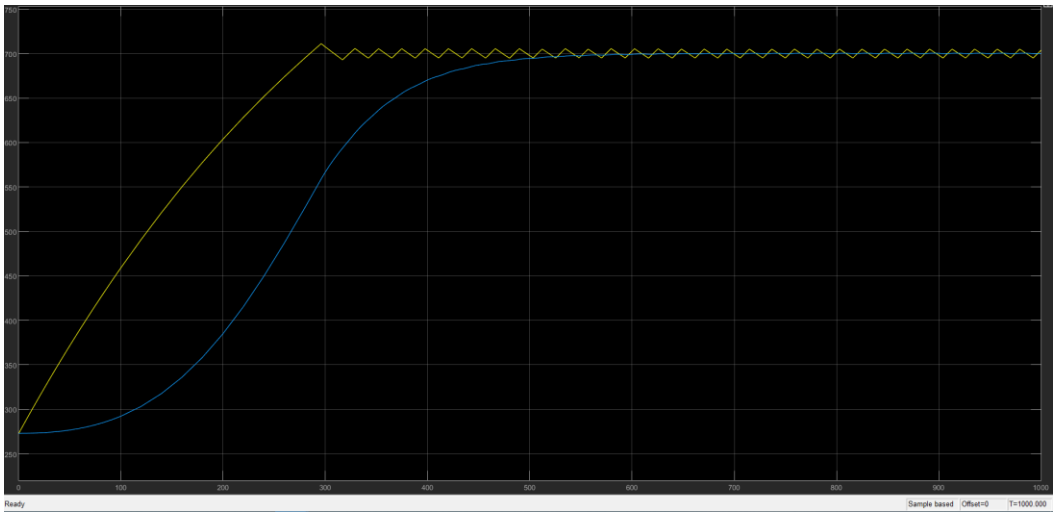


Рис. 4. График температуры печи и объекта

Синяя линия – температура объекта нагрева, желтая линия – температура внутри печи.

Как видно из графиков, температура без регулятора колеблется с амплитудой 10 градусов, что может плохо отразиться на качестве отливки. Так же печь довольно долго разогревает заготовку, что так же может сказаться на качестве.

Список используемых источников

1. Шувалов Д. Ю., Синкевич К. И. Управление муфельной печью при помощи ПИ-регулятора.
2. Арутюнов В. А., Бухмиров В. В., Крупенников С. А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей.

Faizullin R. **SIMULATION OF THE MUFFLE FURNACE CONTROL SYSTEM IN SIMULINK.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Currently, the main method of various studies is modeling. It can be used to build models of real-world units and systems. Visual modeling using the Matlab Simulink package will allow, based on the standard library blocks, to obtain a model based on a system of equations describing the dynamics of a stepper motor.

Key words: Matlab Simulink, simulation, muffle furnace, model.

УДК 004.891
ГРНТИ 28.23.35

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

А. С. Чернышов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматривается важность интеграции методов искусственного интеллекта в задачи, решаемые с помощью геоинформационных систем. Статья представляет анализ существующих исследований применения искусственного интеллекта в геоинформационных технологиях и предлагает новое направление для их дальнейшего развития – создание системы с автономным агентом, способным эффективно обрабатывать и интерпретировать геопространственные данные.

искусственный интеллект, нейронные сети, пространственный анализ, геоинформационные системы, большие языковые модели

В настоящее время искусственный интеллект стал неотъемлемой частью множества областей науки и технологий, включая анализ табличных данных, изображений, аудио и видео файлов, а также обработку естественного языка. Геоинформационные системы (ГИС) представляют собой сложные и многогранные структуры, формирующиеся на основе анализа изображений, полученных с камер и спутников, а также текстовой информации. В эту текстовую информацию входят описания объектов, экономические показатели и статистика использования ресурсов, а также множество других характеристик и метрик. Интеграция дополнительных инструментов, таких как нейросетевые модели, позволяют расширить возможности существующих систем, анализируя разнообразные данные и создавая целостную картину пространственных явлений и процессов.

В задачах, рассматриваемых с помощью ГИС, нейронные сети находят широкое применение в автоматической классификации спутниковых изображений и других пространственных данных [1]. Они способны различать типы земельных участков, такие как сельскохозяйственные, лесные и урбанизированные зоны, анализируя изображения и определяя их категории на основе заданных признаков. Сверточные нейронные сети позволяют проводить детекцию и сегментацию объектов на изображениях, что способствует выявлению более обширной пространственной информации.

Нейронные сети применяются в задачах прогнозирования, предсказывая изменения в городской среде и природных экосистемах. Например, с их помощью можно

моделировать развитие городской инфраструктуры или изменения в экосистемах на основе анализа исторических данных, что позволяет планировать дальнейшие действия по управлению территорией. Важной областью применения нейронных сетей является обработка данных, поступающих от сенсоров и систем мониторинга окружающей среды. Например, они могут анализировать данные о качестве воздуха или загрязнении воды, что позволяет оперативно реагировать на экологические изменения. Нейросети находят применение в оптимизации транспортных маршрутов, учитывая многочисленные факторы, такие как дорожная ситуация, погодные условия и дорожные работы, что позволяет улучшить логистику и снизить транспортные заторы в городах [2].

Существует множество конкурирующих модификаций различных типов методов машинного обучения и нейронных сетей, доступных в открытом доступе. В частности, для анализа табличных данных активно применяются алгоритмы градиентного бустинга, такие как XGBoost [3] и CatBoost [4], которые ежегодно совершенствуются и обновляются. В области обработки изображений широко используется алгоритма YOLO (You Only Look Once) [5], который также демонстрирует активное развитие. Одним из наиболее перспективных направлений в последние несколько лет стало применение больших языковых моделей (Large Language Models), таких как LLaMA [6] и ChatGPT [7].

Использование готовых решений показывает, что компании заинтересованы не только в получении высоких результатов, но и в том, чтобы модели могли быть быстро внедрены в рабочие процессы. Это привело к возникновению нового направления в области машинного обучения – MLOps [8], которое фокусируется на оптимизации процессов разработки, развертывания и мониторинга моделей машинного обучения.

Исследователи выделяют несколько факторов, которые усложняют процессы интеграции методов машинного обучения в ГИС. В статье, посвященной картографированию трущоб [9], авторы выделяют следующие проблемы:

– не во всех регионах мира доступно достаточное количество высококачественных спутниковых изображений;

– трудности в интерпретации результатов глубоких нейронных сетей могут затруднить использование их результатов в принятии управленческих решений;

– в настоящее время отсутствует одна универсальная модель, которая бы одинаково хорошо работала в разных географических контекстах.

В [9] авторы подчеркивают, что основные проблемы, возникающие при решении задач картографирования, связаны не столько с разработкой моделей, сколько с отсутствием необходимого набора данных и разнообразием географических контекстов. Акцентируют внимание на использовании предобученных моделей и отмечают, что успешное применение технологий искусственного интеллекта требует

совместной работы между разработчиками алгоритмов, исследователями, государственными учреждениями и местными сообществами.

Возникает необходимость в разработке архитектуры [10], способной эффективно взаимодействовать с различными внешними источниками данных, базами данных и моделями, основанными на методах искусственного интеллекта, функционирующими в различных географических контекстах. Такая система должна не только интегрировать данные из различных источников, но и интерпретировать результаты работы этих моделей, обеспечивая тем самым более глубокое понимание пространственных процессов и явлений.

Авторы статьи [11] формулируют возможные вызовы для такой системы:

– геопространственные данные могут быть доступны через разные платформы и репозитории, правительственные агентства, спутниковые изображения и коммерческие провайдеры данных. Каждая платформа предоставляет данные в разных форматах и с разными техническими требованиями.

– система должна обладать высокой «интеллектуальной» гибкости, для выбора необходимого источника данных в условиях неоднозначности.

– различные источники данных требуют использования различных API (Application Programming Interface) для их получения, причем часто эти API имеют сложные структуры, включающие работу с параметрами запросов, ключами доступа и метаданными.

Авторы формулируют основную задачу исследования – создание автономного агента для извлечения геопространственных данных, который сможет выбирать источник данных, загружать их и корректно обрабатывать на основе запросов на естественном языке.

Автономный агент представляет собой большую языковую модель, способный на основании индексов источников данных и руководств, генерировать и исполнять код для получения данных. Такой подход позволяет сделать ГИС более гибкими за счет использования современных технологий искусственного интеллекта, поскольку языковые модели способны не только извлекать данные по руководству, но также интерпретировать работу искусственных нейронных сетей, решающих локальные задачи, проводить дополнительную валидацию и генерировать запросы для наполнения базы данных.

Несмотря на возможности агента, это модель, которая построена на больших текстовых данных и не может абстрагироваться от языкового контекста. Анализ источников данных и результатов работы моделей, чтение инструкций и генерация выводов и команд тесно связаны с языковыми конструкциями и статистическими моделями, а не с глубоким пониманием абстрактных концепций, что требует разработки методологии внедрения и тестирования такого агента в ГИС.

Таким образом, в настоящее время в ГИС существует необходимость интеграции искусственного интеллекта для решения задач в различных географических контекстах, построения единой системы взаимодействия методов машинного обучения, нейросетевых моделей и различных источников данных, интерпретации результатов работы этих методов и моделей. В качестве решения, может использоваться автономный агент, основанный на больших языковых моделях, что сделает такую систему более гибкой.

Список используемых источников

1. Питенко А. А. Нейросетевой анализ в геоинформационных системах // GIStechniK: электрон. научн. журн. 2000. URL: http://gistechnik.ru/book/nsa %20GIS.pdf (дата обращения 12.10.2024).
2. Сапрыкин О. Н. Применение самоорганизующихся нейронных сетей в интеллектуальных транспортных системах // Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С. П. Королева: электрон. научн. журн. 2024. URL: http://www.mce.su/rus/archive/abstracts/mce16/sect283/doc27553/ (дата обращения 12.10.2024).
3. XGBoost | XGBoost Documentation. URL: https://xgboost.readthedocs.io/en/stable/ (дата обращения 12.10.2023).
4. CatBoost. CatBoost is a high-performance open-source library for gradient boosting on decision trees. URL: https://catboost.ai (дата обращения 12.10.2023).
5. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // arXiv: электрон. научн. журн. 2015. N 1506.02640. URL: https://arxiv.org/abs/1506.02640 (дата обращения 20.11.2024).
6. Русланев Л. Llama 3.1 и Mistral Large 2 // Habr: электрон. научн. журн. 2024. URL: https://habr.com/ru/articles/835692/ (дата обращения 20.10.2024).
7. Чемеров А. Чем ChatGPT-4o отличается от OpenAI o1 и для чего на самом деле нужна новая модель // Xcom-shop: электрон. научн. журн. 2023. URL: https://habr.com/ru/companies/x-com/articles/850750/ (дата обращения 22.10.2024).
8. Сагидуллин А. Что такое MLOps? Самый подробный текст про работу с ML-системами, который вы найдете в интернете // Selectel: электрон. научн. журн. 2022. URL: https://habr.com/ru/companies/selectel/articles/703460/ (дата обращения 22.10.2024).
9. Raj A., Mitra A., Sinha M. Deep Learning for Slum Mapping in Remote Sensing Images: A Meta-analysis and Review // arXiv: электрон. научн. журн. 2024. № 2406.08031. URL: https://arxiv.org/pdf/2406.08031 (дата обращения 25.10.2024).
10. Замай С. С., Охонин В. А., Якубайлик О. Э. Нейронные сети и ГИС // ICM: электрон. научн. журн. 2022. URL: http://dalab.unn.ru/SitePCAnarod/NeuroGIS.pdf (дата обращения 27.10.2024).
11. Ning H., Li Z., Akinboyewa T., Lessani M. An Autonomous GIS Agent Framework for Geospatial Data Retrieval // arXiv: электрон. научн. журн. 2024. № 2407.21024. URL: https://arxiv.org/pdf/2407.21024 (дата обращения 07.11.2024).

Chernyshov A. **APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN SPATIAL ANALYSIS PROBLEMS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This paper discusses the importance of integrating artificial intelligence methods into problems solved using geographic information systems. The article presents an analysis of existing studies on the use of artificial intelligence in geographic information technologies and proposes a new direction for their further development – the creation of a system with an autonomous agent capable of effectively processing and interpreting geospatial data.

Key words: artificial intelligence, neural networks, spatial analysis, geographic information systems, large language models.

УДК 004.94
ГРНТИ 28.17.23

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗЛИВА ЖИДКОСТЕЙ

В. А. Чиняев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья рассматривает методы прогнозирования зон разлива жидкостей, включая эмпирический и математический подходы. Эмпирический метод основан на наблюдениях и лабораторных экспериментах, позволяющих исследовать влияние различных факторов, таких как рельеф, погодные условия и свойства поверхности, на распространение разлива. Математическое моделирование, в свою очередь, использует уравнения и численные методы для описания динамики жидкостей, включая методы вычислительной гидродинамики и гидродинамики сглаженных частиц. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки, однако их комбинированное использование позволяет повысить точность прогнозирования и улучшить готовность к чрезвычайным ситуациям. Статья подчеркивает важность дальнейшего совершенствования этих методов для оперативного реагирования на разливы и минимизации экологических рисков.

прогнозирование зон разлива, эмпирический метод, математическое моделирование, гидродинамика сглаженных частиц, вычислительная гидродинамика

Прогнозирование зон разлива жидкостей имеет важное значение для предотвращения и минимизации последствий аварийных ситуаций, связанных с утечками химических веществ, нефти и других жидкостей. Одним из подходов, активно применяемых для этих целей, является эмпирический метод, основанный на наблюдениях и лабораторных экспериментах, и математический метод, основанный на использовании уравнений и численных методов для описания и предсказания движения и поведения жидкости.

Эмпирический метод для прогнозирования зон разлива жидкостей

Эмпирический метод является одним из основных подходов для прогнозирования зон разлива жидкостей. Он базируется на наблюдениях и экспериментах, которые позволяют изучать процессы растекания и испарения жидкостей в реальных условиях. Этот метод предоставляет данные о характере распространения разлива и влиянии таких факторов, как рельеф, погодные условия и свойства поверхности.

Основные подходы эмпирического метода [1]:

1. Натурные наблюдения – измерения площади, толщины слоя и скорости растекания жидкости на месте разлива.

2. Лабораторное моделирование – проведение экспериментов, воспроизводящих растекание и испарение жидкости при различных условиях (температура, влажность, скорость ветра и т. д.), что позволяет получать количественные данные и экстраполировать их на реальные ситуации.

3. Анализ предыдущих разливов – использование данных о прошлых происшествиях для выявления закономерностей и уточнения прогноза.

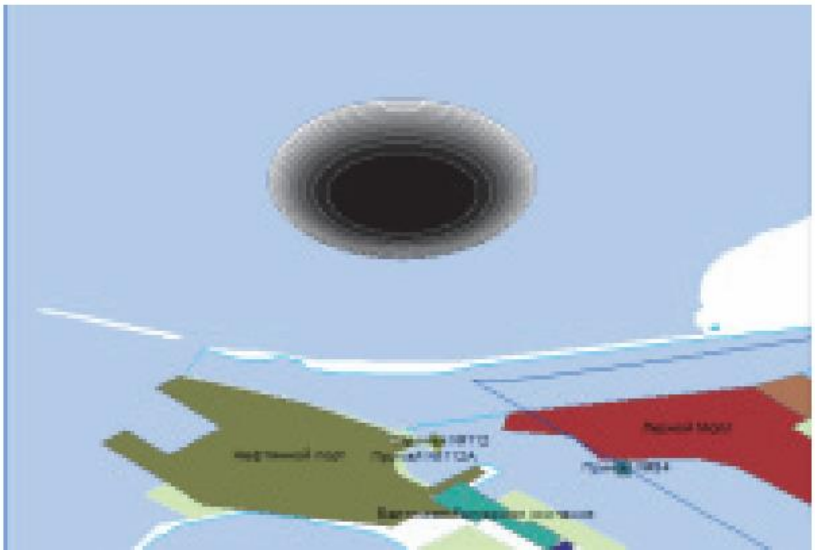


Рис.1. Пример эмпирического подхода в ГИС

Проанализировав пример эмпирического подхода (см. рис. 1) и вышесказанного, можно выделить достоинства и минусы эмпирического подхода в моделировании разлива жидкостей: преимуществом эмпирического метода является возможность учета специфики конкретных условий разлива и получение достоверных данных. К недостаткам относятся высокая стоимость организации наблюдений, ограниченная применимость метода, а также сложность обобщения результатов.

Математическое моделирование при прогнозировании разлива жидкостей

Математическое моделирование поведения жидкостей является ключевым элементом в системах прогнозирования зон разлива. Сложность моделирования обусловлена множеством факторов, таких как течение, дрейф, турбулентность и поверхностное натяжение. В традиционном подходе создаются отдельные модели, которые затем интегрируются для оценки распространения жидкости и потенциального загрязнения. Для оперативного реагирования и сокращения ущерба также разработаны методы моделирования в реальном времени, которые помогают быстро оценить масштаб разлива и предложить меры для локализации и ликвидации последствий.

Существует множество моделей для прогнозирования поведения жидкостей в реальном времени, среди которых можно выделить следующие основные подходы [2–3]:

1. Вычислительная гидродинамика (Computational Fluid Dynamics, CFD) – основана на решении дифференциальных уравнений, описывающих движение жидкостей в пространстве и времени.

2. Гидродинамика сглаженных частиц (Smoothed Particle Hydrodynamics, SPH) – использует лагранжев подход, представляя жидкость в виде взаимодействующих частиц, что позволяет более детально учитывать сложные перемещения и деформации жидкости.

Отличительные особенности моделей:

1. CFD работает с фиксированной пространственной сеткой для расчетов, а SPH использует движущиеся расчетные точки (частицы), которые следуют за движением жидкости.

2. CFD подходит для моделирования установившихся потоков, а SPH эффективен для моделирования сложных течений и деформаций, таких как фазовые переходы и разрывы жидкости.

3. CFD широко используется в аэрокосмической, автомобильной и энергетической отраслях. SPH применяется для моделирования природных явлений, взаимодействия жидкостей со сложными границами и разрушения конструкций.

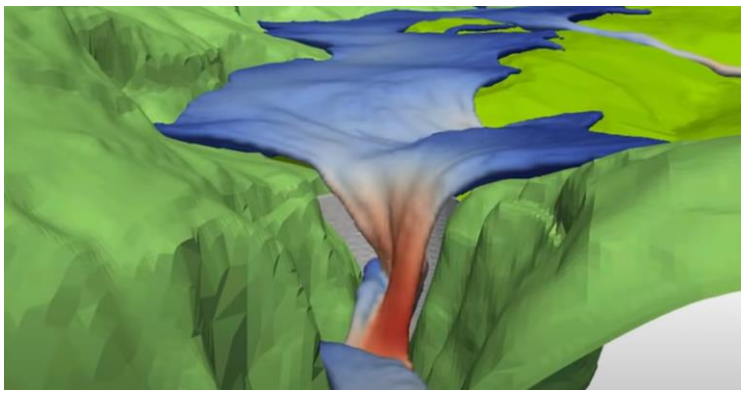


Рис.2. Пример реализации гидродинамики сглаженных частиц

Проанализировав пример реализации гидродинамики сглаженных частиц (см. рис. 2), можно выделить достоинства и минусы математического подхода:

Преимущества:

1. Позволяет детально моделировать процессы распространения жидкости, учитывая различные физические факторы.

2. Основан на законах механики, что гарантирует высокую точность.

3. Позволяет оценивать влияние параметров среды, таких как скорость ветра и глубина водоема, на характер распространения жидкости.

Недостатки:

1. Требует значительных вычислительных ресурсов.

2. Зависит от большого объема исходных данных, что может повлиять на точность результатов.

3. Сложность учета всех факторов, влияющих на процесс, может приводить к упрощениям и ограничению применимости модели.

Моделирование методом гидродинамики сглаженных частиц используется для точной оценки зон разлива и повышения готовности к чрезвычайным ситуациям, что особенно важно при моделировании процессов распространения в реальном времени.

Эмпирический метод и методы математического моделирования играют ключевую роль в прогнозировании зон разлива жидкостей. Оба подхода имеют свои преимущества: эмпирический метод дает возможность учитывать специфику местных условий, тогда как математическое моделирование позволяет получить более точные результаты благодаря вычислительным моделям. В сочетании эти методы помогают повысить готовность к чрезвычайным ситуациям и разработать эффективные меры для локализации разливов. Внедрение и дальнейшее совершенствование данных методик в системах прогнозирования и геоинформационных системах открывает перспективы для более оперативного реагирования на аварии и минимизации экологического ущерба.

Список используемых источников

1. Акимов В. А., Якимюк О. В., Мишурный А. В. Прогнозно-аналитические решения по природным, техногенным и биолого-социальным угрозам единой системы информационно-аналитического обеспечения безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка «Безопасный город». Монография. 2022. 316 с.

2. Computational Fluid Dynamics Methods Explained. URL: https://www.dive-solutions.de/blog/cfd-methods (дата обращения: 07.11.2024).

3. Müller M., Charypar D., Gross M. Particle-Based Fluid Simulation for Interactive Applications. Научная работа. 2003. 7 с.

Chinyaev V. **METHODS FOR SIMULATING LIQUID SPILLS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses methods for predicting spill zones, including empirical and mathematical approaches. The empirical method is based on observations and laboratory experiments, allowing the study of the impact of various factors, such as terrain, weather conditions, and surface properties, on the spread of spills. Mathematical modeling, on the other hand, uses equations and numerical methods to describe the dynamics of liquids, including computational fluid dynamics and smoothed particle hydrodynamics methods. Both approaches have their advantages and disadvantages, but their combined use enhances the accuracy of predictions and improves emergency preparedness. The article emphasizes the importance of further improving these methods for rapid response to spills and minimizing environmental risks.

Key words: spill zone prediction, empirical method, mathematical modeling, smoothed particle hydrodynamics, computational fluid dynamics.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Интеллектуальные коммуникационные технологии

УДК 004.8
ГРНТИ 28.23.02

ВЛИЯНИЕ ИИ НА ОБРАЗОВАНИИ В РОССИИ 2024

Б. А. Аль-Нами, А. Д. Стаськов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В наше время резко в получении образования стал популярен искусственный интеллект. В этой статье разберем, для чего нам нужен искусственный интеллект и есть ли от него польза, а также кто его использует в образовательных целях и есть ли от этого вред.

искусственный интеллект, машинное обучение, образование, системы искусственного интеллекта, образовательный процесс, цели образования

Искусственный интеллект (ИИ) стал одной из самых часто используемых технологий в современном образовании. Студенты и школьники активно используют умные системы для своего обучения. В последние годы наблюдается активное развитие нейронных сетей, что открывает новые горизонты для научных исследований и практического применения. Давайте рассмотрим проблемы и перспективы искусственного интеллекта в обучении, как он будет развиваться в будущем и плохо ли сказывается он на современных студентах и школьниках. Кроме этого, рассмотрим решение этих проблем для дальнейшего профессионального развития молодого поколения.

Проблемы ИИ в образовательной деятельности

В реальности использование устройств в классной работе не привело к ожидавшемуся повышению успеваемости, и доля неграмотного населения осталась практически на прежнем уровне. Доказано, что роль учителей является первостепенной, наряду с этим важна соответствующая поддержка профессионального развития, которая включает формирование цифровых навыков. Технология не только не может

заменить учителя, более того, учителей теперь считают наиболее важным фактором раскрытия потенциала технологий для совершенствования учебно-методической деятельности.

С появлением этих новых технологий особое внимание начало уделяться тому, что было названо навыками XXI века. Приобретение знаний перестало быть ключевым приоритетом, а на первый план в учебных программах и педагогическом проектировании вышли способность работать в команде, сотрудничать и эффективно общаться, а также развивать аналитические и цифровые навыки, чтобы лучше подготовить учащихся к жизни в мире, в котором они окажутся после окончания школы. Появилось мнение, что освоение цифровых навыков и приобретение опыта использования базовых технологий неразрывно связаны с обучением тому, как надо учиться, и значимостью обучения на протяжении всей жизни [1].

Первая проблема, которую можно упомянуть, это недостаток критического мышления. Полагание на ИИ для поиска информации может снижать навыки критического мышления у студентов и школьников, поскольку они могут выполнять работы через ИИ не читая, не проанализировав информацию. Просто принимать выводы ИИ, тем самым не развиваясь.

Во-вторых, качество и глубина изучения. Используемый ИИ может не раскрыть области вопросов, алгоритмы могут предлагать не всегда актуальные или точные материалы, что может негативно сказаться на учебном процессе [2].

В-третьих, зависимость от технологий также является серьезной проблемой искусственного интеллекта в образовании. Переизбыток технологий может привести к зависимости от ИИ, что обленит и войдет в привычку не обучаться самостоятельно. Такая зависимость очень плохо влияет на знания студентов и школьников.

Решение проблемы использования ИИ студентами

Использование студентами искусственного интеллекта (ИИ) для выполнения учебных заданий – это проблема, с которой сталкиваются многие учебные заведения. Необходимо найти решения для сокращения такой практики и фокусировки на развитии навыков студентов.

Для того, чтобы студенты меньше использовали ИИ, преподавателям следует использовать различные интерактивные методы, групповые проекты, дискуссии и другие формы активного обучения, что поможет студентам лучше усвоить материал.

Кроме этого, преподаватели могут создавать задания, которые требуют от студентов творческого мышления и оригинальных подходов, а не просто использования готовых ответов.

И в обязательном порядке проводить глубокий анализ результатов студенческих работ, чтобы выявить случаи использования ИИ и внести коррективы в учебный процесс.

Также внедрение интерактивных методов обучению поможет решить выше представленную проблему. Игровые методы могут повысить мотивацию и заинтересованность студентов, сделать обучение более практическим и запоминающимся.

Использование современных онлайн-платформ позволяет студентам получать доступ к информации, ресурсам и упражнениям в любое время и в любом месте.

Таким образом, для решения проблемы с частым использованием искусственного интеллекта студентами, можно придерживаться вышеописанных решений и тем самым уменьшить потребление ИИ для саморазвития, рис. 1.

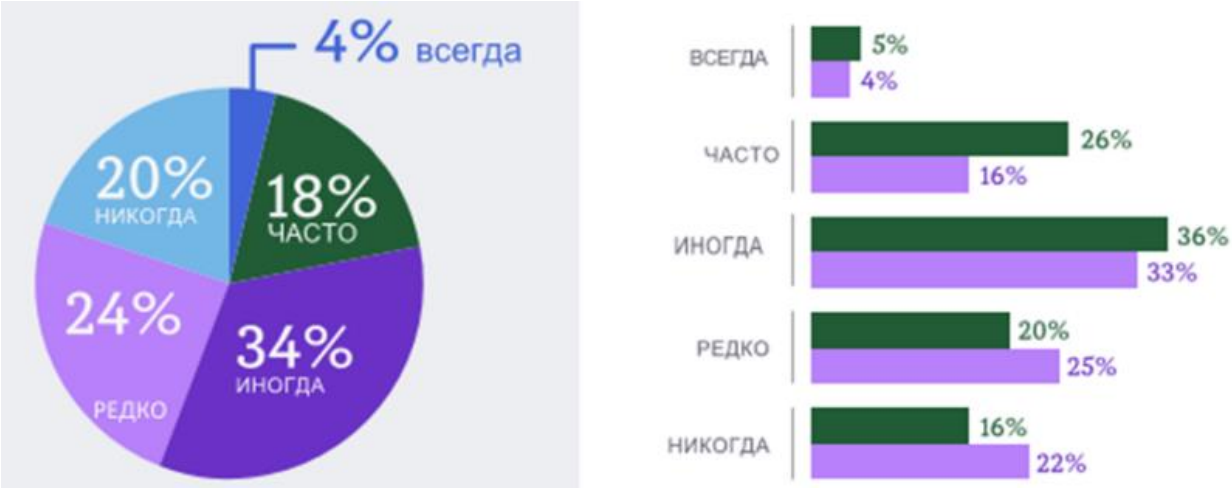


Рис. 1. Использование ИИ студентами и преподавателями в России (2023)

Рассмотрим приведенный ниже график использования ИИ студентами и преподавателями в наше время. Как показывает статистика, студенты для своих нужд более часто используют искусственный интеллект нежели преподаватели.

Тенденции развития ИИ в образовании

Масштабирование повышенных требований к эффективности преподавания

Растущее бремя административных задач привело к возросшей потребности в том, чтобы учителя уделяли индивидуальное внимание каждому ученику. С этой целью инструменты искусственного интеллекта все чаще используются для автоматизации рутинных административных задач, таких как выставление оценок и планирование уроков, высвобождая драгоценное время преподавателей, чтобы они могли сосредоточиться на важных мероприятиях, включая поддержку учащихся и их наставничество. Кроме того, виртуальные помощники на базе искусственного интеллекта также оказывают помощь учителям в режиме реального времени, помогая им более эффективно решать вопросы и проблемы учащихся.

Растущая важность принятия решений на основе данных

Принятие решений на основе данных помогает преподавателям принимать обоснованные решения в отношении разработки учебных программ, распределения ресурсов и стратегий обучения, что в конечном итоге повышает общее качество образования. Следовательно, внедрение искусственного интеллекта на рынке образования растет, поскольку он позволяет всесторонне собирать и анализировать данные, предлагая ценные идеи преподавателям, администраторам и политикам. Агрегируя и анализируя огромные объемы данных об учащихся, системы ИИ также помогают выявлять закономерности, тенденции и пробелы в обучении [3].

Растущий спрос на интеллектуальные системы обучения

Спрос на интеллектуальные системы обучения будет значительно расти, поскольку преподаватели признают их потенциал в улучшении результатов учащихся. Эти системы получают широкое распространение, поскольку они помогают использовать искусственный интеллект для предоставления учащимся индивидуального обучения. Эти системы оценивают знания учащихся и предоставляют целевые рекомендации, а также немедленную обратную связь. Кроме того, репетиторы на основе искусственного интеллекта легко адаптируются к индивидуальным стилям и темпу обучения, чтобы способствовать более эффективному и результативному процессу обучения, рис. 2.

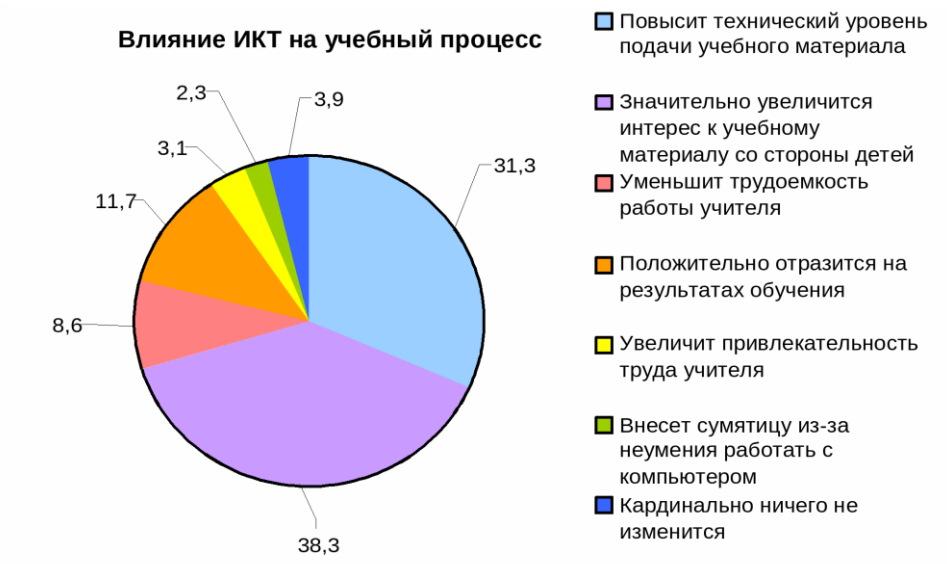


Рис. 2. Влияние Информационно Телекоммуникационных Технологий на учебный процесс в России (2024)

На данном графике мы можем наблюдать как искусственный интеллект влияет на учебный процесс и в каких целях его используют.

Сферы применения искусственного интеллекта

Искусственный интеллект активно используется в медицине для улучшения диагностики и лечения. Алгоритмы машинного обучения анализируют медицинские изображения, помогая врачам выявлять заболевания на ранних стадиях. Например, ИИ может распознавать опухоли на рентгеновских снимках или МРТ с высокой точностью. В области персонализированной медицины ИИ анализирует генетические данные, позволяя подбирать индивидуальные схемы лечения. Также системы ИИ помогают в управлении медицинскими записями, оптимизируя процессы и снижая вероятность ошибок. Это способствует повышению качества медицинского обслуживания и улучшению результатов лечения [4].

Искусственный интеллект в финансовой сфере активно используется для анализа больших объемов данных и прогнозирования рыночных трендов. Алгоритмы машинного обучения помогают выявлять аномалии в транзакциях, что позволяет эффективно бороться с мошенничеством. Внедрение ИИ в алгоритмическую торговлю обеспечивает высокую скорость обработки информации и принятия решений, что дает конкурентное преимущество. Персонализированные финансовые рекомендации, основанные на анализе поведения клиентов, способствуют улучшению клиентского опыта. Чат-боты и виртуальные ассистенты автоматизируют обслуживание клиентов, снижая затраты и повышая доступность услуг, рис. 3.



Рис. 3. Функции ИИ в образовании

В результате проведенного исследования было установлено, что применение искусственного интеллекта в области образования открывает новые горизонты для обучения студентов и школьников, повышения эффективности в обучении и развитию или улучшению каких-либо навыков. Перспективы использования искусственного интеллекта обещают значительные изменения, что требует дальнейшего изучения и адаптации к современным требованиям.

Список используемых источников

1. Аль-Нами Б. А., Борисов С. К. Анализ оптимизаторов глубокого обучения // Проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 72–76.
2. Аль-Нами Б. А., Васильев В. В., Мелехов О. С. Искусственный интеллект: от теории к практике // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 85–88.
3. Аль-Нами Б. А., Сидорова С. М., Чупрова А. Ю. Области применения искусственного интеллекта// Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 236–239.
4. Аль-Нами Б. А., Назарук А. И., Сидоров А. И. VR-Технологии в образовании // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 339–342.

Al-Nami B., Staskov A. **INFLUENCE OF AI ON EDUCATION IN RUSSIA 2024.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Nowadays, artificial intelligence has become very popular in education. In this article, we will analyze why we need artificial intelligence and whether it is useful, as well as who uses it for educational purposes and whether it is harmful.

Key words: artificial intelligence, machine learning, education, artificial intelligence systems, educational process, educational goals

УДК 004.05
ГРНТИ 20.51.23

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ С СИСТЕМОЙ ОПОВЕЩЕНИЯ

И. Б. Бондаренко, И. А. Коляда
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современные веб-приложения стали неотъемлемой частью бизнеса и повседневной жизни, предоставляя пользователям широкий доступ к сервисам, данным и интерактивным услугам. С ростом числа таких приложений растет и потребность в высокопроизводительных и стабильных сервисах, где скорость и надежность являются ключевыми показателями успеха. В этой статье рассматривается создание системы для мониторинга производительности веб-приложений на основе Python, позволяющей вести сбор и анализ метрик в режиме реального времени, выявлять отклонения и быстро уведомлять ответственных лиц о возможных сбоях. Применение такой системы особенно актуально для образовательных порталов, финансовых и медицинских сервисов, а также e-commerce платформ. Кроме того, приводятся методы адаптации решения для различных API и масштабирования на более сложные среды.

мониторинг веб-приложений; производительность; стабильность; Python; API; автоматизация; уведомления; анализ данных; IT-инфраструктура

Бурное развитие интернет-технологий и рост объемов данных, передаваемых через веб-приложения, привели к ужесточению требований к их скорости и стабильности. Для различных отраслей, будь то образование, здравоохранение или электронная коммерция, надежность работы приложений является одним из ключевых факторов успеха. Мониторинг веб-приложений становится важной частью управления IT-инфраструктурой, позволяя выявлять проблемы на ранних стадиях и оптимизировать работу серверов. Сочетание инструментов Python с библиотеками для аналитики, такими как Pandas и Matplotlib, позволяет не только контролировать основные метрики, но и автоматизировать процесс отправки уведомлений о нарушениях в работе сервисов. Целью данной статьи является описание процесса разработки универсальной системы мониторинга производительности, с акцентом на работу API образовательных и других ресурсов.

Система мониторинга производительности веб-приложений должна обеспечивать непрерывный контроль за основными метриками, такими как скорость отклика, доступность ресурса и устойчивость к нагрузкам [1]. Выбор метрик во многом зависит от типа приложения и его назначения.

Система регулярно собирает данные о ключевых параметрах работы, таких как время отклика, число активных соединений, пропускная способность и доступность сервиса. Полученные данные хранятся в структурированном формате, например, JSON или CSV.

Система анализирует собранные данные для выявления тенденций и аномалий. Например, при превышении установленного порога времени отклика настраивается оповещение [2].

Для оперативного реагирования на проблемы система должна отправлять уведомления ответственным лицам. Это может происходить по электронной почте или через мессенджеры, позволяя предотвратить серьезные последствия и принять меры.

Для демонстрации эффективности системы был выбран API Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций**.** В процессе тестирования среднее время отклика составило 250 мс, однако в пиковые моменты наблюдались скачки до 700 мс, что указывало на потенциальные перегрузки сервера. Система своевременно отправила уведомление, что позволило в кратчайшие сроки заметить проблему.

Для глубокого анализа данных и наглядного представления показателей производительности разработана система визуализации**.** Комплексные средства мониторинга позволяют более точно контролировать состояние веб-узлов и выявлять отклонения в работе [3]. На графиках отображаются такие метрики, как время отклика, количество успешных запросов и уровень доступности API.

Пример визуализации времени отклика представлен на рис. 1**.** Динамические графики, созданные с помощью Matplotlib, помогают не только отслеживать текущее состояние веб-приложения, но и предсказывать возможные нагрузки. Визуализация способствует лучшему пониманию тенденций и позволяет принимать обоснованные решения по оптимизации работы приложения.



Рис. 1. График времени отклика sut.ru от времени

Таким образом, эффективное программное обеспечение для мониторинга производительности веб-приложений является важным инструментом для бизнеса, так как позволяет поддерживать высокий уровень стабильности и доступности. Система, представленная в статье, разработана на языке Python и предназначена для обнаружения отклонений в работе API, а также для своевременного уведомления ответственных лиц. Практические результаты тестирования показали высокую эффективность предлагаемой системы. Она может быть использована не только для образовательных порталов, но и для других веб-сервисов, где критически важно поддержание стабильного и быстрого отклика.

Список используемых источников

1. Шайхутдинова А. Ф. Тестирование производительности веб-приложений: основные приемы генерации нагрузки и мониторинга // European science, 2015. № 5. С. 45–52.
2. Лутаев Д. О. Исследование и анализ методов оптимизации производительности веб-приложений // Современные научные исследования и инновации, 2023. № 10. С. 100–110.
3. Игнатов Ю. Ю. Комплексные средства мониторинга веб-узлов // Журнал кибернетики и информатики, 2019. № 3. С. 123–130.

Bondarenko I., Koliada I. **DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR MONITORING AND MANAGING WEB APPLICATION PERFORMANCE WITH A NOTIFICATION SYSTEM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Modern web applications have become an integral part of business and everyday life, providing users with broad access to services, data, and interactive tools. With the increasing number of such applications, there is a growing demand for high-performance and reliable services, where speed and stability are key success indicators. This article discusses the creation of a performance monitoring system for web applications based on Python, enabling real-time metric collection and analysis, anomaly detection, and rapid notification of responsible parties about potential issues. The implementation of such a system is especially relevant for educational portals, financial and healthcare services, as well as e-commerce platforms. In addition, methods for adapting the solution to various APIs and scaling it to more complex environments are presented.

Key words: web application monitoring, performance, stability, Python, API, automation, notifications, data analysis, IT infrastructure.

УДК 004.942
ГРНТИ 28.17.31

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЕРОЯТНОСТНО-КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА В ТЕОРИИ ПЕРКОЛЯЦИИ

О. И. Колесников, П. Э. Петровская, Г. Н. Смородин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современный мир все чаще сталкивается с задачами анализа сложных систем, где процессы определяются взаимодействием множества элементов, подверженных случайным воздействиям. Вероятностно-клеточные автоматы и теория перколяции являются мощным инструментом для исследования таких систем. Эти методы позволяют формализовать, визуализировать и прогнозировать поведение случайных процессов, что делает их незаменимыми в самых разных областях науки и техники.

анализ сложных систем, вероятностно-клеточные автоматы, теория перколяции

Теория перколяции изучает, как свойства среды изменяются при достижении критических значений параметров, таких как вероятность проходимости для сигнала. Вероятностно-клеточные автоматы (ВКА), как дискретные вероятностные модели, предлагают алгоритмические методы для изучения этих изменений, что открывает новые горизонты для исследования динамических систем с высоким уровнем случайности [1].

Вероятностно-клеточные автоматы представляют собой двумерные или трехмерные решетки, где каждая клетка имеет одно из возможных состояний: проходимая для определенного процесса (например, радиосигнала) или непроходимая. Это состояние определяется заданной вероятностью (p). Радиосигнал распространяется по решетке только через клетки в состоянии (S = 1). Основными элементами таких моделей являются:

1. Пространственная структура. Решетки, описывающие исследуемую среду. Например, для радиосигнала это может быть карта городской застройки, где здания – непроходимые элементы.

2. Вероятностное правило переходов. Для каждой клетки сигнал может распространяться к соседним клеткам с вероятностью, зависящей от числа соседей, находящихся в состоянии (S = 1).

3. Критический порог перколяции (p_c). Это минимальная вероятность проходимости, при которой появляется сквозной путь через решетку. Для квадратной решетки ($p_c \approx 0.5927$). Если вероятность проходимости ниже этого порога, процесс распространения блокируется.

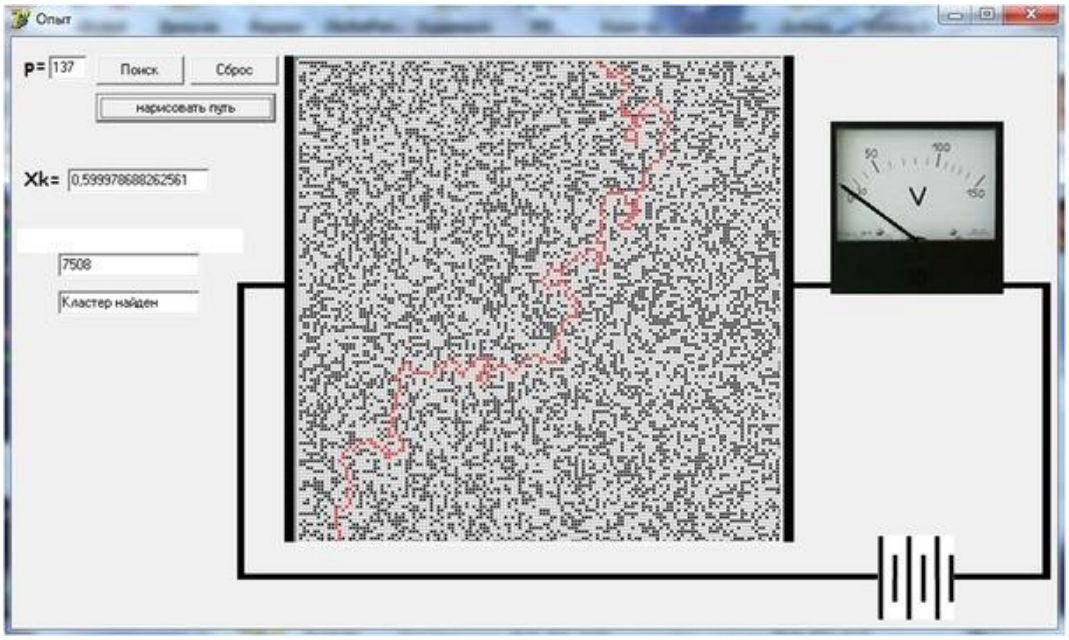


Рис. 1. Компьютерная модель перколяционного процесса в электродинамике

Рассмотрим задачу моделирования радиосигнала в сложной городской среде [2]. Решетка описывает карту местности, где каждое здание является препятствием, а открытое пространство – проходимой клеткой. ВКА позволяют не только определить возможность прохождения сигнала, но и оценить влияние плотности застройки, что имеет важное значение для планирования сетей связи.

Актуальность темы обусловлена их широким применением. Они используются для решения задач в следующих областях:

1. Радиотехника и связь. Современные радиосистемы, такие как Wi-Fi, мобильные сети и системы интернета вещей (IoT), требуют точного моделирования покрытия сигнала. ВКА помогают изучить влияние препятствий на передачу сигнала и оптимизировать размещение антенн. Например – городская многоэтажная застройка или лесные массивы (оценка затухания сигнала в лесах и разработка стратегий для минимизации потерь).

2. Биология и экология. Перколяция используется для моделирования распространения огня в лесах, потоков воды в грунте и даже эпидемий. ВКА помогают оценить вероятности достижения критических точек, таких как распространение огня через защитные зоны.

3. Материаловедение. Модели применяются для изучения свойств композитных материалов, где наличие связных кластеров определяет проводимость или прочность. Например, графеновые материалы исследуются на предмет их способности образовывать проводящие пути при определенной плотности частиц.

4. Информационные технологии. Компьютерные сети (включая Интернет) можно рассматривать как решетку, где компьютеры являются узлами. ВКА используются для анализа устойчивости сети и выявления критических точек отказа.

Современные исследования в области ВКА и теории перколяции идут в нескольких ключевых направлениях:

1. Прецизионные вычисления. Одной из главных задач является более точное определение порога перколяции (pc) для различных типов решеток. Это требует применения сложных вычислительных методов, таких как:

– методы Монте-Карло – генерация случайных состояний решетки для статистической оценки вероятностей;

– символьные вычисления – использование программных пакетов, таких как Maple, для моделирования процессов и получения аналитических результатов.

Примером таких исследований является разработка алгоритмов, позволяющих оценивать вероятность соединения кластеров при различных параметрах решетки.

2. Непрерывные пределы. Исследование перехода от дискретных к непрерывным моделям открывает новые возможности для анализа. Например, уравнения диффузии используются для описания плотности заряда в перколяционных кластерах. Это особенно важно для задач электродинамики, где требуется точное описание процессов на макроуровне.

3. Геометрические свойства кластеров. Фрактальная структура перколяционных кластеров остается одним из наиболее интересных объектов исследований. Анализ таких структур помогает лучше понять свойства фазовых переходов, которые возникают в термодинамических системах.

4. Визуализация. Современные технологии позволяют наглядно представлять результаты моделирования. Использование трехмерных графиков, анимаций и интерактивных симуляций дает глубокое понимание процессов, происходящих в системе.

Модели ВКА и теория перколяции позволяют находить решения задач, где детерминированные методы бессильны. Важнейшие практические применения включают:

– оптимизация инфраструктуры беспроводной связи;

– разработка защитных барьеров в случае пожаров или эпидемий;

– изучение свойств новых материалов для электроники.

Предложения для улучшения:

1. Улучшение алгоритмов. Создание более эффективных вычислительных методов для работы с большими сетями.

2. Интеграция с искусственным интеллектом. Использование методов машинного обучения для анализа поведения систем на основе данных моделирования.

3. Разработка новых приложений: Расширение применения ВКА в медицинской диагностике, транспортных системах и энергетике.

Модели вероятностно-клеточных автоматов находятся на переднем крае научных исследований. Их потенциал только начинает раскрываться благодаря развитию

вычислительных технологий и новых алгоритмических подходов. В ближайшем будущем можно ожидать появления инструментов для работы с многомерными сетями и комплексных симуляторов для описания систем с взаимосвязанными процессами.

В результате исследования становится ясно, что вероятностно-клеточные автоматы и теория перколяции являются мощным инструментом для анализа сложных систем. Они находят применение в самых разных областях, от радиотехники до биологии, и продолжают развиваться благодаря инновациям в области вычислительных технологий.

Список используемых источников

1. Жуков А. В. Моделирование информационных систем с использованием теории перколяции // Academy, 2017. №. 7 (22). С. 20–22.
2. Лукьяничев Ю. М. Компьютерное моделирование перколяционных кластеров // Инновационные технологии в медиаобразовании, 2020. С. 113–115.

Kolesnikov O., Petrovskaya P., Smorodin G. **RESEARCH AND DEVELOPMENT OF COMPUTER MODELS OF A PROBABILISTIC-CELLULAR AUTOMATON IN THE THEORY OF PERCOLATION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Modern world is increasingly faced with the tasks of analyzing complex systems, where processes are determined by the interaction of many elements subject to random influences. Probabilistic cellular automata and the theory of percolation are powerful tools for the study of such systems. These methods make it possible to formalize, visualize, and predict the behavior of random processes, which makes them indispensable in a variety of fields of science and technology.

Key words: Analysis of complex systems, probabilistic cellular automata, percolation theory.

УДК 004.413
ГРНТИ 20.51.19

АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРЕКИНГ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИЛОВЫХ ТРЕНИРОВОК

П. А. Кудрявцев, Ф. В. Филиппов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе проведен анализ и сравнение существующих фитнес-приложений для учета результатов тренировок, таких как Hevy, Strong, GymUp и GymRun. Выявлены ключевые характеристики, необходимые для создания трекинг-приложения. Проектирование приложения выполнено с использованием диаграммы вариантов использования. Введены формулы для расчета тоннажа для упражнений, совокупного тоннажа тренировки и одноповторного максимума (1RM). Результаты исследования демонстрируют важность выбора подходящего функционала и дизайна для удовлетворения потребностей пользователей и повышения эффективности тренировочного процесса.

спорт, фитнес, тренировки, мобильное приложение, информационная система

Современный спорт опирается на прогрессивные технологии для оптимизации и повышения эффективности тренировочного процесса. Одной из таких технологий является использование мобильных приложений, предназначенных для учета и анализа результатов тренировок. удобстве этих технологий в спортивной практике.

С 2016 по 2022 г. количество загрузок всех мобильных приложений во всем мире увеличилось с 140,68 млрд. до 255 млрд. в год [1]. И только для IOS в 2021 году было 98 полноценных работающих приложений, которые используются для помощи в спорте [2]. Этот рост свидетельствует о значительном интересе пользователей к мобильным приложениям для отслеживания тренировок, делая разработку такого приложения актуальной задачей.

В данном исследовании рассматриваются три ключевых аспекта создания мобильного приложения для учета тренировок: обзор и сравнение существующих приложений, анализ вариантов использования приложения и разработка формул для вычисления статистики тренировок.

Сравнение существующих фитнес-приложений

Для выяснения, какими характеристиками должно обладать идеальное приложение, необходимо проанализировать предпочтения пользователей и элементы, присутствующие в различных фитнес-приложениях. Все фитнес-приложения

условно можно разделить на образовательные, социальные, геймифицированные, мотивационные и трекинг-приложения [1].

Для более детального понимания необходимо проанализировать достоинства и недостатки существующих мобильных приложений. В исследовании рассматриваются только трекинг-приложения, которые могут включать отдельные элементы других категорий фитнес-приложений. В таблице 1 сравнивается несколько фитнес-приложений между собой. В качестве приложений выступают Hevy, Strong, GymUp, GymRun.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение приложений

	Hevy	Strong	GymUp	GymRun
UI	Хороший дизайн.	Хороший дизайн.	UI устаревший.	UX/UI хорошего качества.
Реализация статистики (в бесплатной версии)	В статистике есть все нужные графики	Можно посмотреть лишь список проведенных тренировок	Статистика ограничена. Нет графиков за все время	Статистика доступна только для премиум-аккаунта
Навигация	Навигация удобная	Навигация удобная, есть жесты	Плохая интуитивность	Навигация удобна и интуитивна
Функции	Есть функционал социальной сети. Возможно создавать или выбирать шаблоны	База упражнений с фильтрами, добавление нового упражнения, шаблоны	Много излишних функций. Составление программ вручную	База упражнений, показ хроники упражнений по дням, показатели тела
Простота проведения тренировки	Просто и интуитивно понятно	Просто и интуитивно понятно	Неудобно и интуитивно непонятно	Интуитивно непонятно

Таким образом, Hevy выделяется своим визуально приятным интерфейсом и функционалом социальной сети, но ограничивает доступ к статистике в бесплатной версии. Strong предлагает гибкость в настройке интерфейса и удобную навигацию, но статистика ограничена в бесплатной версии. GymUp имеет устаревший интерфейс и проблемы с интуитивностью, но предлагает богатый функционал и справочники. GymRun предлагает качественный UX/UI и удобную навигацию, но статистика доступна только для премиум-аккаунта.

Анализ существующих приложений позволяет сделать следующие выводы:

– приложение не должно включать в себя тренировочные программы или планы;

– в приложении не должно быть списка заранее заданных упражнений и объяснений техники выполнения, но должен быть динамический список, формируемый самим пользователем;

– должна содержаться удобная статистика тренировок по отдельным упражнениям для разных периодов времени.

Создание диаграммы вариантов использования

Ключевые характеристики, которые выделены в ходе сравнения существующих трекинг-приложений, используются для проектирования диаграммы вариантов использования. На рисунке 1 представлена диаграмма прецедентов для мобильного приложения для учета результатов силовых тренировок.

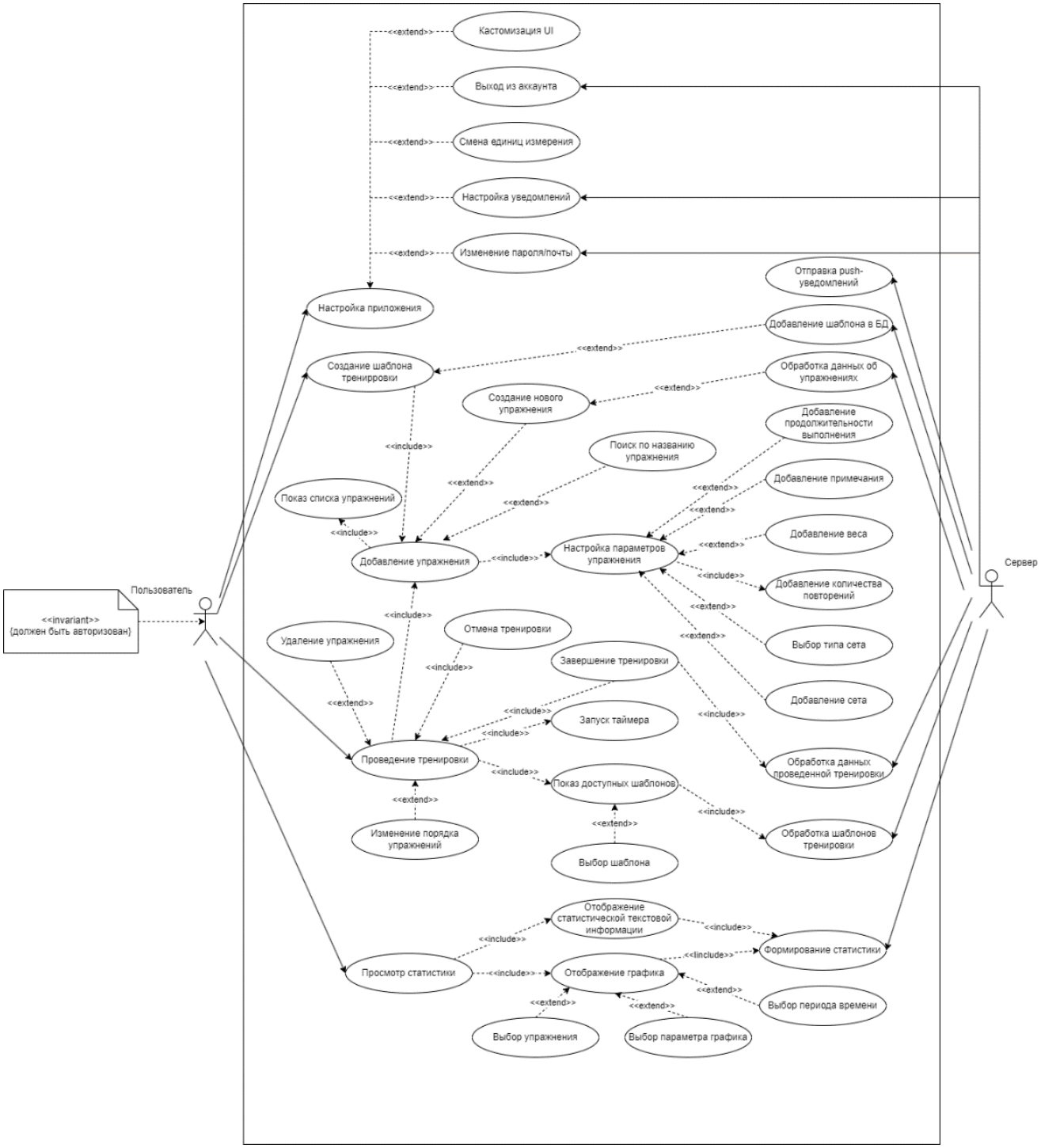


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Всего выделено 2 ролевых объекта: пользователь и сервер. После того, как новый пользователь системы зарегистрируется или уже зарегистрированный пользователь авторизуется, он получает доступ к следующему функционалу приложения:

– настройки приложения;

– создание шаблона тренировки;

– проведение тренировки;

– просмотр статистики.

Сервер имеет следующие варианты использования:

– осуществление действий, связанных с настройками приложения: выход из аккаунта пользователя, настройки уведомлений, изменение пароля/почты;

– отправка push-уведомлений;

– добавление шаблона в БД;

– обработка данных об упражнениях;

– обработка тренировки;

– обработка шаблонов тренировки;

– формирование статистики.

Опираясь на диаграмму вариантов использования, можно проводить уже более глубокий и детальный анализ ИС в ходе проектирования и дальнейшей разработки.

Расчет основных показателей тренировки

Ниже представлены основные формулы, которые будут использованы для расчета тоннажа для упражнений, совокупный тоннаж за тренировку и 1RM (одноповторный максимум). С практической точки зрения, уравнения прогнозирования 1RM могут применяться для облегчения расчета относительной силы для выбора интенсивности тренировок [3].

Определим общий тоннаж для упражнения по следующей формуле:

$$V_{\text{упр}} = S \times W \times R,$$

где $V_{\text{упр}}$ – это суммарный тренировочный объем для упражнения;

S – количество подходов в упражнении;

W – вес в упражнении;

R – количество повторений в упражнении.

Зная тоннаж для конкретного упражнения, можно подсчитать совокупный тоннаж V за тренировку, где учитываются все упражнения.

$$V = \sum_{i=1}^{n} (S_i \times W_i \times R_i)$$

где n – количество упражнений, которые пользователь выполняет за тренировку;

S_i – количество подходов в упражнении i;

W_i – вес в упражнении i;

R_i – количество повторений в упражнении i.

Для подсчета 1RM используются формулы Эпли, Бржицки, Мэйхью [4]. Когда упражнение является многоповторным, появляется тенденция к нелинейному снижению силы с увеличением числа повторений до отказа [5]. Из исследования Мэйхью следует, что взаимосвязь между 1RM и числом повторений, которые сделаны в течение одной минуты, является экспоненциальной в группах спортсменов с разным тренировочным опытом [6]. Поэтому, для многоповторных упражнений лучше использовать нелинейные формулы. Формула Мэйхью лучше всего подходит для этой цели:

$$1RM = \begin{cases} W \times (1 + 0.0333 \times R), \text{если } R < 5 \\ W \times \left(\frac{36}{37 - R}\right), \text{если } 5 \leq R \leq 10 \\ \frac{W \times 100}{52.2 + 41.9 \times e^{-0.75 \times R}}, \text{если } R > 10 \end{cases}$$

где 1RM – это одноповторный максимум для упражнения;

W – вес в упражнении;

R – количество повторений в упражнении.

Для новичков (менее полугода тренировок) следует использовать дополнительный коэффициент 0.95 к подсчитанному 1RM (уменьшение с учетом несовершенной техники упражнения). Использование формул Эпли, Бржицки, Мэйхью в зависимости от количества повторений позволяет давать более точный прогноз 1RM. Использование дополнительного коэффициента для новичков позволяет избежать возможных травм.

Список используемых источников

1. Wang Y. Systematic evaluation of mobile fitness apps: Apps as the Tutor, Recorder, Game Companion, and Cheerleader / Y. Wang, W. B. Collins // Telematics and Informatics, 2021. 59 p.

2. Number of mobile app downloads worldwide from 2016 to 2022. URL: https://www.statista.com/statistics/271644/worldwide-free-and-paid-mobile-app-store-downloads/ (Дата обращения 10.10.2024)

3. Ribeiron A. S., Alencar da Silva, J., Nascimento M. A., Martinho D., Santos L., de Salles B. F., Mayhew J. L., Cyrino E. S. Accuracy of 1RM Prediction Equations Before and After Resistance Training in Three Different Lifts // International Journal of Strength and Conditioning, 2024. URL: https://doi.org/10.47206/ijsc.v4i1.327

4. DiStasio Thomas J. Validation of the Brzycki and Epley Equations for the 1 Repetition Maximum Back Squat Test in Division I College Football Players // Southern Illinois University Carbondale OpenSIUC, Jan 2014. 39 p.

5. Reynolds J., Gordon T., Robergs R. Prediction of One Repetition Maximum Strength From Multiple Repetition Maximum Testing and Anthropometry // Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association, 2006. Vol. 20. PP. 584–92. 10.1519/R-15304.1.
6. Mayhew Jerry L., et al. Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college men and women // The Journal of Strength & Conditioning Research, 1992. Vol. 6 (4). PP. 200–206.

Kudryavcev P., Filippov F. **ANALYSIS AND DESIGN OF THE TRACKING APPLICATION FOR STRENGTH TRAINING.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This paper analyzes and compares existing fitness apps for tracking workout results, such as Hevy, Strong, GymUp, and GymRun. The key features required to create a tracking app are identified. The app is designed using a use case diagram. Formulas are introduced to calculate exercise tonnage, total workout tonnage, and one-repetition maximum (1RM). The results of the study demonstrate the importance of choosing the right functionality and design to meet user needs and improve the efficiency of the training process.

Key words: Sport, fitness, training, mobile app, information system.

УДК 004.67
ГРНТИ 28.23.20

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОНЛАЙН-ШКОЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ

В. Л. Литвинов, В. Орлова, В. П. Самбурова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире все большей популярностью пользуются онлайн-школы. Онлайн-школа – это образовательная платформа, которая позволяет ученикам проходить обучение через интернет. Онлайн-образование в России на данный момент переживает период бурного роста, особенно после эпидемии COVID-19. Одним из сегментов рынка онлайн-образования являются онлайн-школы по подготовке к ЕГЭ, которые готовят учеников к поступлению в ВУЗы. В данный момент этот рынок также активно растет и у школ возникает потребность в оптимизации бизнес-процессов, в частности в оптимизации процесса привлечения клиентов в свой продукт. В рамках статьи рассматривается онлайн-школа по подготовке к ЕГЭ в разрезе процесса привлечения клиентов и его оптимизации.

система поддержки принятия решений, онлайн-школа, ЕГЭ, продажи, amoCRM, UTM-метки, сегментация лидов, аналитика маркетинга

В рамках настоящей работы проведено исследование существующей системы принятия решений, которое показало, что в данный момент главными источниками привлечения потенциальных клиентов являются платные каналы рекламы. Кроме того, текущая система не позволяет оценить эффективность данных каналов привлечения, и, более того, не позволяет сегментировать заявки по параметрам. Это в совокупности приводит к высоким затратам на рекламу и низким конверсиям в продажу. В итоге у онлайн-школы слишком высокая доля рекламных расходов и стоимость привлечения клиента [1], что представлено на рис. 1.



Рис. 1. СППР онлайн-школы

В СППР предусмотрены следующие роли:

1. Тьютор – проверяет задания учеников, обеспечивает обратную связь и помогает в освоении материала.

2. Куратор – следит за успеваемостью учеников, отслеживает их прогресс, посещаемость и мотивацию, а также формирует рекомендации по улучшению результатов.

3. Преподаватель – разрабатывает и проводит уроки, адаптирует учебные материалы и поддерживает их актуальность в соответствии с требованиями ЕГЭ.

4. Менеджеры по продажам – отвечают за привлечение учеников, обработку заявок и проведение консультаций.

Каждая из этих ролей выполняет важные функции, но для эффективной работы всей системы требуется автоматизация, которая упростит управление потоками заявок, отслеживание успеваемости и контроль за качеством выполнения задач.

В рамках исследования были выявлены зоны роста, на основании которых была предложена модификация СППР онлайн-школы. В частности, было обнаружено, что часть заявок можно получать и с бесплатных каналов привлечения, например, через поиск в браузере. Такие заявки существуют, но в данный момент никак не обрабатываются. Кроме того, была предложена система квалификации заявок с целью освободить время менеджеров по продажам для более эффективной работы с целевыми заявками.

Одной из основных проблем является то, что к отделу продаж поступает мало учеников – в основном, только с платного трафика ВКонтакте, что ограничивает масштабирование бизнеса. Отсутствие систематизированного подхода к сбору информации о потенциальных клиентах снижает прозрачность процесса и затрудняет анализ эффективности различных каналов привлечения учеников [2].

Для оптимизации работы отдела продаж и улучшения аналитики предлагается внедрение следующих решений:

1. Интеграция amoCRM для автоматизации обработки заявок. AmoCRM позволит автоматизировать процесс учета лидов и распределение их среди менеджеров. Система будет собирать и фиксировать все поступающие заявки, облегчая анализ данных о клиентах и повышая эффективность обработки заявок.

2. Добавление UTM-меток для отслеживания источников трафика. Для получения информации о канале, с которого пришел ученик, будут добавлены UTM-метки на всем сайте. Это позволит анализировать источники трафика, включая органический поиск, социальные сети и рекламные кампании. Эти данные будут автоматически передаваться в amoCRM, что обеспечит менеджерам более точные сведения для анализа эффективности каждого канала.

3. Сегментация лидов на целевые и нецелевые. Ключевым фактором для онлайн-школы является фокус на целевых учениках, учащихся 10-11 классов, которые

готовятся к ЕГЭ. Для этого в форму заявки будет добавлено обязательное поле «Класс ученика», которое позволит автоматически сегментировать лидов, что представлено на рис. 2. Лиды, указывающие класс ниже 10-го, будут отфильтровываться как нецелевые, что позволит менеджерам по продажам сосредоточиться на более перспективной аудитории.

Внедрение amoCRM с интеграцией UTM-меток и автоматической сегментацией лидов обеспечит [3]:

1. Повышение эффективности отдела продаж: автоматизация учета заявок и интеграция данных об источниках увеличат скорость и точность обработки лидов, помогая менеджерам сосредоточиться на работе с целевыми клиентами.

2. Прозрачность маркетинговых кампаний: отслеживание эффективности каналов привлечения с помощью UTM-меток позволит более эффективно распределять бюджет на рекламу и оптимизировать маркетинговую стратегию.

3. Мотивацию и вовлеченность учеников: за счет улучшенной системы учета и своевременного отслеживания прогресса кураторы смогут оперативно работать с учениками, способствуя повышению успеваемости.

4. Точность сегментации лидов: автоматическое разделение на целевых и нецелевых лидов сократит трудозатраты и повысит процент конверсии среди целевой аудитории.

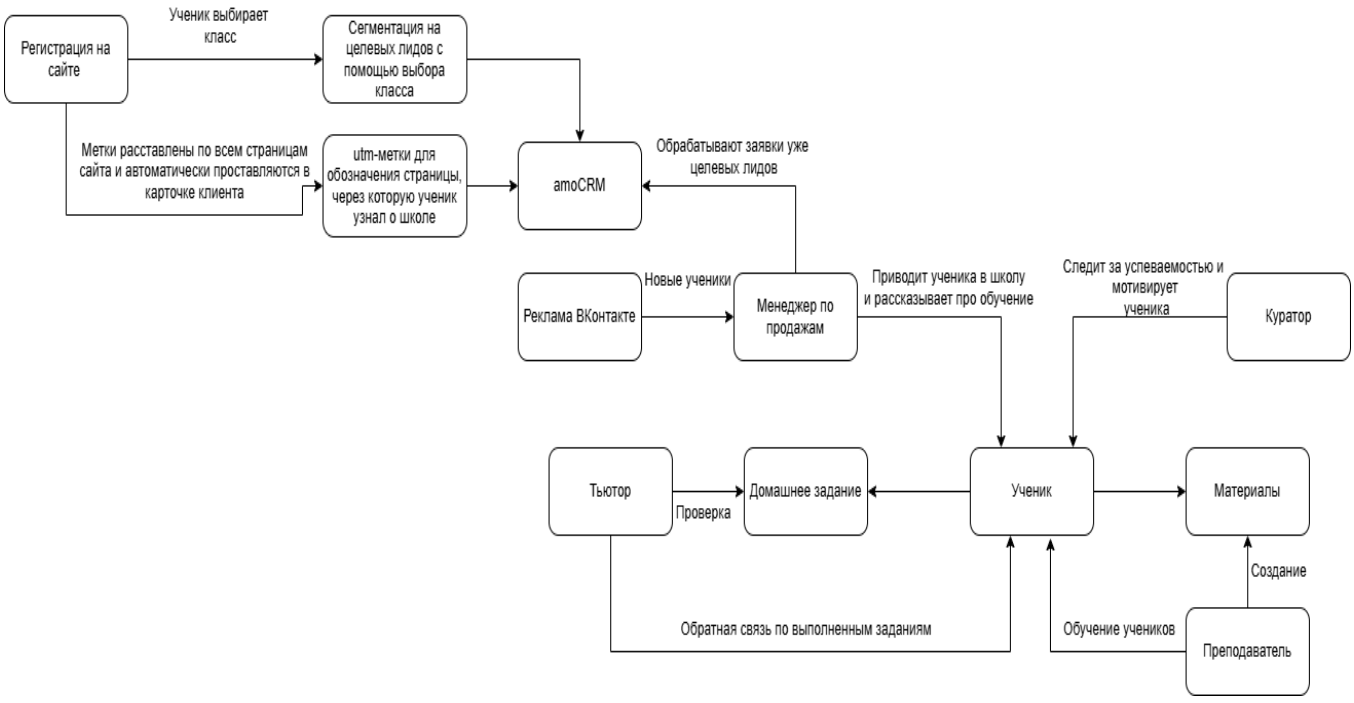


Рис. 2. Обновленная СППР онлайн-школы

Таким образом, предложена модернизация СППР онлайн-школы для подготовки к ЕГЭ, которая позволит улучшить показатели работы в области маркетинга и продаж.

Список используемых источников

1. Сидорова О. В. Системы поддержки принятия решений в образовательной среде // Cyberleninka, 2021. № 3. С. 24–29. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-obrazovatelnoy-programmoy-s-ispolzovaniem-sistemy-podderzhki-prinyatiya-resheniy (дата обращения 29.10.2024).
2. Ашанина Е. Н. Современные образовательные технологии. Учебное пособие. URL: https://s3.yandexcloud.net/pedproject/02/wp-content/uploads/2023/01/978-5-7996-1140-8_2014.pdf (дата обращения 05.11.2024).
3. Петров В., Алексеев М. Информационные технологии в образовании: платформы онлайн-обучения. Учебное пособие. URL: https://e.lanbook.com/book/104884 (дата обращения 20.11.2024).

Litvinov.V., Orlova. V., Samburova V. **STUDY OF DECISION SUPPORT SYSTEM ONLINE SCHOOLS FOR PREPARATION FOR THE UNIFIED STATE EXAM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In today's world, online schools are gaining increasing popularity. An online school is an educational platform that allows students to study over the internet. Online education in Russia is currently experiencing rapid growth, especially after the COVID-19 pandemic. One of the segments of the online education market is online schools that prepare students for the Unified State Exam (USE), which is essential for university admission. This market segment is also actively growing, creating a need for business process optimization, particularly in customer acquisition. This article specifically examines an online USE preparation school in terms of its client acquisition process and its optimization.

Decision support system, online school, USE, sales, amoCRM, UTM tags, lead segmentation, marketing analytic.

УДК 005.8
ГРНТИ 20.01.07

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ПРОЕКТАМИ

В. Л. Литвинов, В. Орлова, В. П. Самбурова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная статья анализирует современные методы управления ИТ-проектами, исследуя их эволюцию, преимущества, недостатки и влияние на успех проектов в динамично меняющейся цифровой среде. Исследование фокусируется на традиционных и гибких методологиях, а также рассматривает влияние новых технологий, таких как облачные вычисления, искусственный интеллект и DevOps. Также в данной работе анализируют возникающие вызовы и перспективы развития управления ИТ-проектами в будущем.

управление ИТ-проектами, Agile, Scrum, Kanban, DevOps

Управление ИТ-проектами в современном мире играет ключевую роль в успешном развитии бизнеса. Постоянные инновации, стремительное развитие технологий и рост конкуренции требуют от организаций эффективных и гибких подходов к реализации ИТ-проектов. В данной статье рассмотрены эволюцию методов управления ИТ-проектами, анализ как традиционных, так и современных методологий, а также влияние новых технологий на успешное управление ИТ-проектами [1].

Традиционные методологии управления ИТ-проектами:

Традиционные методологии, такие как Waterfall (Водопад или Каскад), характеризуются линейным или последовательным подходом, где каждый этап определен и зависит от завершения предыдущего.

Плюсы:

– должно быть четкое понимание того, какие действия нужно совершить;

– легкая и быстрая система коммуникации между командой и заказчиком, эффективное планирование и контролирование ресурса.

Минусы:

– плохо адаптируется к изменениям;

– долго разрабатывается, что может привести к устранению ресурса;

– небольшое взаимодействие с заказчиком до завершения этапа.

Методологии управления ИТ-проектами, такие как Agile, Scrum, Kanban фокусируются на разработке с постоянной обратной связью от заказчика.

Плюсы:

– высокая адаптация к изменениям;

– быстрая разработка продукта;

– активное взаимодействие команды с заказчиком.

Минусы:

– высокая дисциплина от команды;

– сложно управлять большим и сложным проектами с большим количеством участников.

Рассмотрим по отдельности каждую современную технологию:

1. Agile – это набор принципов введения разработки с командой [2].

Плюсы:

– гибкость и адаптация к изменениям;

– быстрая скорость разработки;

– работа с заказчиком;

– быстрота улучшения качества продукта.

Минусы:

– сложность управления большим и сложным проектом;

– требует высокой дисциплины команды;

– не всегда подходит для проектов с строгими сроками и детализированными требованиями;

– сложно оценить стоимость и сроки проекта на ранних этапах;

– трудно внедрить данный метод в компанию.

2. Scrum – одна из самых популярных Agile-методологий, которая фокусируется на самоорганизующихся командах, но только на тех, которые уже работали с Agile. Scrum считается самостоятельным методом управления проектом.

Плюсы:

– быстрое реагирование на изменение в требованиях и внедрении их в течение процесса разработки, что делает данную систему более гибкой;

– повышенная вовлеченность команды;

– фокусируется на продукте, ведь в конце каждого спринта заказчик видит результаты, это помогает вносить ему коррективы;

– регулярные встречи, позволяют команде обмениваться информацией, решать проблемы и улучшать процесс разработки;

– ускорение цикла разработки благодаря частой и быстрой обратной связи.

Минусы:

– требует высокой дисциплины;

– сложно внедрить в организации с традиционной структурой;

– не подходит для проектов с строгими сроками и детализированными требованиями;

3. Kanban – это методология управления потоком задач, которая фокусируется на визуализации работы, а также в постоянном улучшении процесса [3].

Плюсы:

– визуализация рабочего процесса;
– быстрая адаптация команды;
– большое количество метрик;
– простой в внедрении;
– высокая гибкость;
– равномерное распределения загрузки команды;
– визуальные доски позволяют улучшить коммуникацию между членами команды и заказчиками, повышая прозрачность и понимание рабочего процесса.

Минусы:
– не подходит для всех типов проектов;
– требует дисциплины и самоорганизации;
– сложность с планированием;
– сложность в общении с заказчиком;
– в Kanban отслеживается не прогресс по задачам, а прогресс потока работы, что может быть сложно измерить количественно.

Проведя анализ современных методов управления ИТ-проектами, хотелось бы подчеркнуть, что каждая методология индивидуальна и хороша по-своему, но есть и те, которые уже устарели, такие как Waterfall (Водопад или Каскад). Данная система не удовлетворяет требованиям современного мира, так как новые проекты постоянно совершенствуются, их основа являются гибкие методологии и эффективные подходы, такие как Agile, Scrum и Kanban. Управление ИТ-проектами постоянно эволюционируют, отражая инновации разработки и внедрение новых технологий. Важно постоянно отслеживать новые тренды и технологии, улучшать навыки и знания в области управления ИТ-проектами, чтобы оставаться конкурентоспособными в современном цифровом мире.

Список используемых источников

1. Скопин И. Н. Основы менеджмента программных проектов. Учебное пособие. URL: https://znanium.ru/read?id=445404 (дата обращения 29.10.2024).
2. Мартин Р. Чистый Agile. Основы гибкости: Питер, 2022. 265 с.
3. Завертайлов В. В. Настольная книга project-менеджера. Что нужно знать, чтобы управлять IT, digital и другими проектами с учетом российских реалий. Издательство ЭКСМО, 2022. 1057 с.

Litvinov V., Orlova V., Samburova V. **ANALYSIS OF MODERN MANAGEMENT METHODS IT-PROJECTS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article analyzes modern methods of IT project management, exploring their evolution, advantages, disadvantages and impact on the success of projects in a dynamically changing digital environment. The research focuses on traditional and agile methodologies, and examines the impact of new technologies such as cloud computing, artificial intelligence, and DevOps. This paper also analyzes the emerging challenges and prospects for the development of IT project management in the future.

Key words: IT Project Management, Agile, Scrum, Kanban, DevOps.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА СТУДЕНЧЕСКОЙ УСПЕВАЕМОСТИ

О. В. Раковский, И. А. Чухарев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматривается разработка концепции системы анализа студенческой успеваемости, направленной на повышение качества образовательного процесса. Описаны ключевые требования к системе, архитектура, методы анализа и визуализации данных, а также примеры использования. Предложенные решения позволяют эффективно отслеживать и оценивать успеваемость студентов, выявлять факторы, влияющие на обучение, и принимать обоснованные управленческие решения.

система анализа, успеваемость студентов, образовательный процесс, визуализация данных, образовательная аналитика

Анализ студенческой успеваемости играет ключевую роль в образовательном процессе, так как позволяет объективно оценить результаты обучения и выявить проблемные зоны. Систематический подход к мониторингу успеваемости студентов помогает администрациям и преподавателям своевременно реагировать на снижение показателей, разрабатывать меры по повышению качества образования, а также учитывать индивидуальные потребности учащихся. Это способствует не только улучшению академических результатов, но и повышению мотивации студентов к обучению.

Основной целью разработки системы является создание инструмента для автоматизированного сбора, анализа и визуализации данных об успеваемости студентов. Система должна не только отслеживать результаты, но и выявлять ключевые факторы, влияющие на успеваемость, что позволит формировать индивидуальные рекомендации для студентов и корректировать образовательные программы.

В настоящее время используются различные системы для мониторинга и анализа студенческой успеваемости, от простых электронных журналов до комплексных аналитических платформ. Электронные журналы фиксируют оценки и посещаемость, предоставляя базовые сведения для отслеживания учебного прогресса. Более продвинутые системы, такие как Learning Management Systems (LMS), используют аналитику для анализа поведения студентов, автоматического создания отчетов и выявления учебных затруднений. Некоторые образовательные учреждения

также применяют системы на базе искусственного интеллекта, которые могут прогнозировать успеваемость студентов и предлагать корректирующие меры.

Существующие системы анализа успеваемости имеют ряд преимуществ, таких как автоматизация сбора данных, повышение точности и объективности оценок, а также возможность индивидуального подхода к обучению. Однако у них есть и некоторые недостатки. Некоторые системы не интегрированы между собой, что усложняет проведение комплексного анализа. Кроме того, не все системы способны учитывать разнообразные факторы, например, индивидуальные особенности учащихся, что снижает точность прогнозов. Для улучшения эффективности анализа необходимо разработать гибкую систему, которая объединит все имеющиеся данные и будет адаптироваться к изменениям требований образовательного процесса.

Главная задача создания системы анализа успеваемости – предоставить полный и точный контроль над учебными результатами, который поможет вовремя обнаруживать сложности и предлагать способы для улучшения качества образования [1]. К ключевым показателям (KPI) для оценки успеваемости можно отнести:

– средний балл по предметам и курсам;

– динамику успеваемости за определенные периоды;

– процент выполнения учебного плана;

– показатели посещаемости;

– уровень вовлеченности в образовательный процесс (например, участие в проектах и мероприятиях);

– индикаторы риска (например, количество пропущенных занятий, снижение успеваемости).

Для достижения поставленных целей система должна иметь следующие функциональные возможности:

1. Сбор данных. Автоматический сбор оценок, посещаемости и других данных с образовательных платформ, систем электронных журналов и LMS.

2. Обработка и анализ данных. Очистка и фильтрация данных, расчет KPI, применение аналитических алгоритмов для выявления закономерностей и прогнозирования рисков.

3. Гибкая настройка отчетности. Возможность создания отчетов с различной степенью детализации для разных групп пользователей, таких как администрация, преподаватели и студенты.

4. Визуализация данных. Создание наглядных отчетов, графиков и панелей мониторинга, чтобы результаты анализа были легко воспринимаемыми.

5. Прогнозирование и рекомендации. Использование алгоритмов для прогнозирования успеваемости и предоставления рекомендаций по улучшению учебных результатов.

Эти требования гарантируют, что система сможет качественно и комплексно оценивать успеваемость, а также поддерживать индивидуальный подход к каждому студенту. Интеллект-карта проектируемой системы представлена на рис. 1.



Рис 1. Интеллектуальная карта Системы анализа успеваемости

Архитектура системы анализа студенческой успеваемости должна быть модульной, гибкой и масштабируемой, чтобы обеспечивать обработку большого объема данных и возможность интеграции с различными образовательными платформами. В идеале система строится на основе трехуровневой архитектуры:

1. Уровень данных – отвечает за сбор и хранение данных из различных источников.

2. Уровень обработки – выполняет анализ и обработку данных.

3. Уровень представления – предоставляет результаты анализа пользователям через интерфейсы и отчеты.

Для анализа успеваемости студентов применяются разнообразные методы и подходы, которые позволяют выявить закономерности, прогнозировать результаты и давать рекомендации. Основные методы включают:

– статистический анализ, который включает расчет средних баллов, медиан и процентов выполнения учебных планов, а также сравнение успеваемости между группами студентов и разными периодами с использованием статистических тестов (например, t-теста и ANOVA);

– регрессионный анализ, применяемый для определения влияния различных факторов (посещаемость, участие в проектах) на общую успеваемость с использованием линейных и нелинейных регрессий, что помогает выявить ключевые предикторы успеха и рисков;

– методы машинного обучения, такие как деревья решений, случайный лес и логистическая регрессия, используемые для прогнозирования успеваемости студентов, классификации студентов, находящихся в группе риска, и разделения студентов

на группы по характеристикам их учебной активности с помощью методов кластеризации.

Анализ успеваемости предполагает учет разнообразных факторов, влияющих на академические результаты. Среди них:

– посещаемость занятий: регулярность посещения напрямую связана с успехами в обучении;

– активность в учебном процессе: участие в дискуссиях, проектах, дополнительных занятиях;

– оценки по текущим задачам и контрольным работам: они позволяют предсказать итоговый результат по курсу;

– социально-демографические данные: возраст, статус занятости, начальный уровень подготовки влияют на вовлеченность в учебный процесс.

Использование всестороннего подхода к изучению факторов способствует не только определению текущих сложностей, но и разработке персонализированных мер для поддержки и адаптации учебного процесса [2].

Преимущества использования системы в образовательном процессе:

1. Объективный мониторинг успеваемости. Система автоматически собирает и анализирует данные, предоставляя точную оценку учебных результатов, что позволяет определить студентов, нуждающихся в дополнительной поддержке.

2. Раннее выявление рисков. Благодаря использованию алгоритмов прогнозирования и оценки факторов риска, система способна заранее определить студентов, у которых могут возникнуть трудности, и предложить им индивидуальные меры поддержки.

3. Оптимизация учебного процесса. Система дает возможность администраторам и преподавателям анализировать эффективность различных образовательных программ и подходов, улучшая качество обучения.

4. Индивидуализация подхода. С помощью анализа данных система предоставляет рекомендации, учитывающие потребности каждого студента, повышая его вовлеченность и мотивацию.

5. Повышение управленческой эффективности. Автоматизация отчетности и создание наглядных отчетов позволяет снизить нагрузку на преподавателей и администрацию, улучшая процесс принятия решений.

Ограничения и способы их преодоления:

1. Сложности интеграции с другими системами. Образовательные учетные системы могут использовать различные форматы данных и API, что усложняет их интеграцию. Решение – применение стандартизированных протоколов и API-интеграция для обмена информацией между платформами.

2. Качество и полнота данных. Неполнота или неточность данных могут повлиять на качество анализа. Решение – регулярный контроль данных и внедрение процессов проверки для поддержания актуальности и достоверности информации.

3. Безопасность и защита данных. При хранении и обработке данных о студентах необходимо соблюдать нормы безопасности и защищать информацию. Решение – использование шифрования, строгий контроль доступа и соответствие нормативным актам (например, GDPR).

4. Ограниченные возможности интерпретации данных. Автоматизированный анализ не всегда учитывает контекстные факторы (например, личные проблемы студента), что может привести к неверным выводам. Решение – дополнение системы функциями для сбора обратной связи и внедрение комбинированного анализа (включая качественные данные).

5. Высокие затраты на внедрение и обслуживание. Внедрение и поддержка системы требует значительных ресурсов. Решение – поэтапное внедрение системы, с фокусом на приоритетные модули, а также обучение персонала для эффективного использования функций системы [3].

Разработка и внедрение системы анализа студенческой успеваемости является важным шагом к повышению качества образования. Система обеспечивает объективную оценку успеваемости, позволяет выявлять проблемные зоны и ранние признаки рисков, что способствует своевременному вмешательству и поддержке студентов. Внедрение таких систем помогает не только повысить качество учебного процесса, но и сделать его более персонализированным, адаптированным под потребности каждого студента.

Список используемых источников

1. Интеллектуальные сенсорные системы / Под ред. Дж. К. М. Мейджера. М.: Техносфера, 2012. 464 с.
2. Труды ИСА РАН: Параллельные вычисления. Математическое моделирование. Интеллектуальные системы и технологии. Методы и модели в экономике. Информатика сообществ. Методологические проблемы системного анализа / Под ред. С. В. Емельянова. М.: Красанд, 2013. 144 с.
3. Антамошин А. Н. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / А. Н. Антамошин, О. В. Близнова, А. В. Бобов и др. М.: ГЛТ, 2016. 160 с.

Rakovskiy O., Chukharev I. **DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF A STUDENT PERFORMANCE ANALYSIS SYSTEM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses the development of the concept of a student performance analysis system aimed at improving the quality of the educational process. It describes the key requirements for the system, architecture, methods of data analysis and visualization, as well as usage examples. The proposed solutions enable efficient tracking and evaluation of student performance, identifying factors that influence learning, and making informed management decisions.

Key words: analysis system, student performance, educational process, data visualization, educational analytics.

УДК 339.187
ГРНТИ 50.49

НЕОБХОДИМОСТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ CRM-СИСТЕМ

Г. Н. Смородин, Д. Е. Шаненко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На основе анализа отечественных научных источников показана объективная необходимость внедрения интеллектуальных модулей в существующие CRM-системы п потребность разработки новых систем, отвечающих требованиям цифровой экономики. Выявлены недостатки, свойственные распространенным на рынке CRM-системам и определены возможные пути обновления и оптимизации систем, в том числе на основе технологий искусственного интеллекта.

CRM-системы, управление отношениями с клиентами, облачные технологии, бизнес-процессы, искусственный интеллект

В последние годы системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM-системы) прошли значительную эволюцию: от простых инструментов для создания и поддержки базы клиентов до комплексных платформ, поддерживающих множество бизнес-процессов. Современные компании ожидают от CRM-систем не просто хранения данных о клиентах, но и глубокого анализа, предсказания поведения и рекомендаций, способных повысить лояльность клиентов и оптимизировать продажи [1, 2]. В этом контексте искусственный интеллект (ИИ) стал одним из основных инструментов, позволяющим интеллектуализировать CRM-систему и повысить ее эффективность. Рассмотрим, почему CRM-системы нуждаются в ИИ и как обстоят дела с их внедрением в России.

Современные CRM-системы, особенно в крупных и быстрорастущих компаниях, обрабатывают большие объемы информации о клиентах, что создает новые возможности для анализа и прогнозирования. Однако стандартные CRM-системы не всегда справляются с новыми задачами: они не могут автоматически выявить закономерности в поведении клиентов, предсказать вероятность отказа от сотрудничества или предложить персонализированные рекомендации [3]. ИИ способен восполнить эти пробелы, обеспечивая автоматизацию процессов анализа и прогнозирования поведения клиентов, сегментации аудитории и ряда других. Более подробный перечень процессов интеллектуализации представлен в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Интеллектуализация CRM систем

Функция	Описание
Анализ и прогнозирование поведения клиентов	Алгоритмы ИИ помогают предсказать, какие клиенты с большей вероятностью совершат повторные покупки, а какие могут уйти к конкурентам
Сегментация аудитории	ИИ позволяет автоматически разделять клиентов на группы по различным критериям, улучшая персонализацию и точность рекламных кампаний
Управление взаимоотношениями	ИИ может автоматизировать коммуникацию с клиентами, предлагая оптимальные времена и способы для связи, а также создавать персонализированные
Автоматизация обслуживания и поддержки	С помощью ИИ можно улучшить качество клиентской поддержки, применяя чат-боты и голосовых помощников для ответов на часто задаваемые вопросы
Оптимизация работы с данными	ИИ помогает находить паттерны в данных и выявлять скрытые зависимости, что позволяет компаниям строить точные прогнозы и принимать управленческие решения быстрее и точнее

Российский рынок CRM-систем, несмотря на отставание по сравнению с европейским и американским рынками, активно развивается. В последние годы компании все чаще рассматривают CRM как важный элемент инфраструктуры для работы с клиентами, и интерес к интеллектуализации этих систем растет [4].

По данным 2023 года, российский рынок CRM-систем приблизился к 100 млн долларов, и эта сумма продолжает расти за счет увеличения числа компаний, внедряющих CRM и обновляющих уже существующие системы. Если еще пять лет назад CRM были внедрены только в нескольких сотнях российских компаний, то в настоящее время ими пользуются тысячи предприятий, от крупных корпораций до малых и средних бизнесов. Интерес к CRM резко возрос в период пандемии 2020 года, когда предприятиям пришлось быстро перестраивать свои бизнес-процессы и адаптироваться к новым условиям удаленного взаимодействия с клиентами. Этот интерес сохраняется и в наши дни, поскольку компании продолжают искать способы повысить эффективность работы с клиентами.

На российском рынке одной из самых распространенных CRM-систем является Битрикс24, уже обладающая некоторыми элементами ИИ, такими как чат-боты и возможности предсказательной аналитики. За счет гибкости настроек и широкой функциональности эта система широко используется компаниями различных сфер: от ритейла до финансового сектора.

Другие крупные игроки, такие как AmoCRM, Pipedrive и 1С, также завоевывают популярность, предлагая как стандартные функции для управления продажами и взаимодействия с клиентами, так и интеграцию с элементами ИИ. Тем не менее,

большинство решений остается ограниченными в возможностях ИИ-аналитики и требует дополнительных настроек и интеграции с ИИ-модулями.

Несмотря на развитие CRM и потенциал ИИ для повышения их функциональности, на российском рынке сохраняются несколько значительных ограничений [1].

ТАБЛИЦА 2. Основные проблемы и барьеры на пути внедрения ИИ в CRM

Проблема	Описание
Высокая стоимость внедрения	Интеграция ИИ в CRM требует значительных вложений, что является препятствием для малого и среднего бизнеса. Даже крупные компании часто сталкиваются с необходимостью переработки IT-инфраструктуры для обеспечения совместимости с ИИ
Отсутствие подготовленных данных	Для работы ИИ требуется большое количество данных, причем часто данные в российских компаниях не структурированы и находятся в различных источниках. Этот фактор затрудняет обработку и использование данных для обучения ИИ
Необходимость в квалифицированных кадрах	Для настройки и обслуживания ИИ в CRM требуются специалисты, обладающие как знаниями в области машинного обучения, так и навыками работы с системами управления данными. Дефицит таких специалистов в России также усложняет процесс внедрения
Недостаток локализованных решений	Несмотря на рост интереса к ИИ в CRM, на российском рынке еще недостаточно локализованных решений с ИИ-аналитикой, и компании часто вынуждены разрабатывать кастомные интеграции или адаптировать иностранные продукты, что не всегда возможно по ряду причин

Несмотря на перечисленные барьеры, интерес к интеллектуализации CRM-систем в России продолжает расти, и можно выделить несколько направлений, которые помогут ускорить этот процесс.

ТАБЛИЦА 3. Перспективы и пути решения проблем

Решение	Описание
Разработка локальных решений с поддержкой ИИ	На фоне мировых трендов российские разработчики уделяют все больше внимания внедрению ИИ-алгоритмов в CRM-системы. К примеру, некоторые отечественные разработчики уже выпускают решения, которые включают инструменты предиктивной аналитики, построенные на базе ИИ
Улучшение подготовки данных	Компании начинают уделять больше внимания качеству и структуре данных, которые собираются и используются в CRM. Это облегчает работу с ИИ, позволяя обучать модели на высококачественных данных и обеспечивать более точные предсказания
Укрепление партнерств с облачными провайдерами	использование облачных решений с ИИ также снижает затраты на внедрение. Современные облачные платформы предлагают готовые модели и инструменты для работы с ИИ, что позволяет компаниям быстрее и с меньшими затратами адаптировать свои CRM

Внедрение элементов ИИ в CRM-системы представляет собой важный этап эволюции инструментов для управления взаимоотношениями с клиентами. В России данный процесс находится в стадии активного развития, и несмотря на существующие барьеры, интерес к интеллектуализации CRM продолжает расти. Возможности ИИ для улучшения качества обслуживания, повышения точности прогнозов и оптимизации бизнес-процессов привлекают компании, заинтересованные в росте и усилении позиций на рынке.

С учетом положительных результатов внедрения ИИ за рубежом, можно с уверенностью сказать, что в ближайшие годы российский рынок CRM-систем будет все чаще внедрять ИИ-решения. Развитие этого направления будет зависеть от доступности качественных данных, уровня подготовки кадров и появления новых локализованных продуктов с поддержкой ИИ, способных адаптироваться к требованиям российского бизнеса.

Список используемых источников

1. Шелковый С. О. Роль управления клиентскими отношениями (CRM) в повышении продаж IT-продуктов // Евразийский Научный журнал. 2024 URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-upravleniya-klientskimi-otnosheniyami-crm-v-povyshenii-prodazh-it-produktov (дата обращения 12.11.2024).
2. Зиядинов Д. С. CRM-системы // Финансовые рынки и банки URL: https://cyberleninka.ru/article/n/crm-sistemy (дата обращения 12.11.2024).
3. Кириллов Н. И. Преимущества и недостатки CRM систем с открытым исходным кодом // International scientific review. 2017. №5 (36). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-i-nedostatki-crm-sistem-s-otkrytym-ishodnym-kodom (дата обращения 12.11.2024).
4. Рубан Е. А., Смородин Г. Н., Шаненко Д. Е. Анализ развития CRM-систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. X Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2024.

Smorodin G., Shanenko D. **THE NEED TO INTELLECTUALIZE CRM SYSTEMS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Based on the analysis of domestic scientific sources, the objective need to introduce intelligent modules into existing CRM systems and the need to develop new systems that meet the requirements of the digital economy are shown. The shortcomings inherent in CRM systems common in the market are identified and possible ways to update and optimize systems, including those based on artificial intelligence technologies, are identified.

Key words: CRM systems, customer relationship management, cloud technologies, business processes, artificial intelligence.

Информационные технологии в дизайне

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Д. В. Волошинов, Д. И. Нефедов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Неотъемлемой частью современного мира являются мобильные приложения, которые способствуют решению различных задач во многих сферах. Для успешной работы таких приложений необходимо иметь качественный интерфейс, который будет отвечать современным требованиям пользователей.

мобильные приложения, интерфейс, разработка, пользовательский опыт, адаптация, методики

В данной статье рассмотрены основные особенности, которые влияют на разработку интерфейса в мобильных приложениях. Разобраны основные этапы, методики и процессы, необходимые для достижения поставленной цели, а также выделены недостатки, которые часто не учитываются при создании мобильных интерфейсов.

Мобильный интерфейс различных приложений состоит из большого множества блоков, с которыми взаимодействуют пользователи, используя разнообразные устройства. Для реализации качественного продукта важно предусмотреть множество факторов. Интерфейс играет ключевую роль в успехе будущего приложения. Необходимо учесть адаптацию, функциональность, удобство использования и интеграцию с другими платформами.

При разработке интерфейса целесообразно разделить работу на различные этапы (рис. 1).

Одним из ключевых шагов для создания интерфейса является изучение и анализ. На данном стадии анализируют данные о пользователях, формализуется функциональность и определяются критерии оценки проекта [1]. Кроме того, необходимо

проанализировать решения конкурентов, выделить из них ключевые для создания качественного интерфейса.

Второй этап при создании интерфейса – проектирование. На основе собранной информации создается концепция будущего интерфейса. Различные прототипы и макеты способствуют оценке удобства будущего продукта и помогают выявить слабые стороны.

На третьем этапе происходит разработка будущего интерфейса. Используя созданный макет и различные технологии, реализуется дизайн и задуманный функционал. Необходимо учесть различные факторы, чтобы обеспечить адаптацию, функциональность, удобство использования и интеграцию с другими приложениями [2].

Четвертой стадией принято выделять тестирование. Цель данной процесса, состоит в проверке качества интерфейса [3]. Тестирование дает разработчикам уверенность, что вносимые изменения не повлияют на другие части приложения [4].

После окончания разработки и тестирования необходимо произвести интеграцию и сопровождение. Эта стадия позволяет обновлять и поддерживать интерфейс с учетом новых технологий и отзывов пользователей.



Рис. 1. Схема этапов разработки мобильного интерфейса

Существует большое количество инструментов и методик, которые способствуют созданию интерфейса. Одной из самых популярных методологий в современном мире является User-Centered Design. Особенность заключается в проектировании будущего интерфейса с учетом пользователей, которые принимают ключевые решения в разработке итогового продукта.

С учетом созданных методологий и этапов проектирования мобильных интерфейсов существуют недостатки, которые не учитываются при адаптации. Даже очень хорошо продуманное и проверенное решение не может предусмотреть все возможные проблемы разработки [5]. Основным из главных минусов является однотипный интерфейс у всех пользователей, который не подстраивается под их предпочтения и желания. Такой недочет влечет за собой к снижению пользовательского внимания и желания пользоваться будущим продуктом.

Стадия разработки интерфейса для мобильных приложений является сложной и многоэтапной. При разработке мобильных приложений важно ориентироваться на потребности и предпочтения пользователей, применять современные подходы и инструменты, а также адаптировать интерфейс для работы на различных устройствах и платформах. Успех приложения во многом зависит от качественного пользовательского опыта (UX), поэтому интерфейс должен быть удобным и интуитивно понятным.

Для устранения выявленных недостатков рекомендуется усилить пользовательское тестирование, внедрить адаптивный дизайн, анализировать поведение пользователей и обеспечить интеграцию приложения с другими сервисами.

Список используемых источников

1. Сергеев С., Падерно П., Назаренко Н. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов: Учебное пособие. СПБ: СПБГУ ИТМО, 2011. 108с.
2. Купер А., Рейман Р., Кронин Д. Алан Купер об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия. Пер. с англ. СПб: Символ'Плюс, 2009. 688 с.
3. Купер А., Рейман Р., Кронин Д., Носсел К. Интерфейс. Основы проектирования взаимодействия. 4-е изд. СПб: Питер, 2021. 720 с.
4. Льюис Ш., Данн М. Нативная разработка мобильных приложений / пер. с англ. А. Н. Киселева. М.: ДМК Пресс, 2020. 376 с.
5. Глушенко С. А., Долженко А. И. Разработка мобильных приложений: Учебное пособие. Ростов-на-Дону: РГЭУ (РИНХ), 2018. 221 с.

Voloshinov D., Nefedov D. **FEATURES OF THE INTERFACE DEVELOPMENT PROCESS FOR MOBILE APPLICATIONS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In today's world, mobile apps are becoming an integral part of everyday life. The success of a mobile app largely depends on the quality of its interface. Designing an interface for mobile applications requires taking into account many factors, including usability, visual appeal and compliance with user requirements.

Key words: mobile applications, interface, development, user experience, adaptation, techniques.

УДК 004.9+74.01/.09
ГРНТИ 20.15.05; 81.95.33

ВЛИЯНИЕ ТРЕНДОВ В ГРАФИЧЕСКОМ ДИЗАЙНЕ НА ВОСПРИЯТИЕ РЕКЛАМНЫХ БАННЕРОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Е. В. Гунина, М. В. Мельников, Д. Н. Шеремет
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современный дизайн баннеров в социальных сетях отражает динамику развития технологий и изменения потребительских предпочтений. В работе рассмотрены тренды дизайна, а также их влияние на восприятие рекламных баннеров в социальных сетях. Целью работы является выявление влияния конкретных стилистических приемов на внимание, интерес и запоминаемость баннеров пользователями социальных сетей.

графический дизайн, рекламные баннеры, социальные сети, тренды дизайна

В современном мире, где информация распространяется с невероятной скоростью, а внимание пользователей становится все более рассеянным, графический дизайн играет ключевую роль в успешности рекламных кампаний. Социальные сети, как основные платформы для распространения рекламы, требуют от дизайнеров создания визуально привлекательного контента, который сможет выделиться среди множества других сообщений. Исследования показывают, что визуальные элементы значительно увеличивают эффективность рекламных постов, повышая их видимость и привлекательность для целевой аудитории [1].

Исследования влияния графического дизайна на восприятие рекламных баннеров важны не только для дизайнеров, но и для маркетологов и бизнесменов. Знание о том, какие визуальные элементы привлекают больше всего внимания, позволяет брендам оптимизировать свои рекламные материалы для достижения максимального эффекта. Исследования показывают, что правильно подобранные цвета и изображения могут вызывать положительные эмоции у пользователей, что способствует повышению лояльности к бренду. Эффективный графический дизайн может значительно повысить уровень конверсии рекламных кампаний.

Изучая роль рекламного дизайна в обществе потребления, В. А. Краснощеков приводит в качестве примера исследование, проведенное по заказу компании Adobe в 2016 году [2]. Так, Forrester Research Consulting совместно с Институтом управления дизайном изучали преимущества компании, ориентированной на дизайн. В рамках исследования проведены интервью и опросы лиц, принимающих решения, в компаниях различных стран. В результате этого исследования установлено, что компании с сильным дизайном (т.е. ориентированные на дизайн) превосходят компании

со слабым дизайном по индексу фондового рынка на 219 %. Значительная часть опрошенных маркетологов сообщили, что дизайн имел важное значение для их маркетинговых стратегий, а 94 % опрошенных согласились с тем, что дизайн – это очень важно. Это подтверждает значимость графического дизайна в рекламных кампаниях.

Современный дизайн баннеров в социальных сетях отражает динамику развития технологий и изменения потребительских предпочтений. Ключевые тренды в этой сфере формируют уникальный визуальный язык, который призван привлечь внимание пользователей и сделать рекламу более эффективной. Существует несколько видов рекламных баннеров, которые можно классифицировать по формату. Статические баннеры, представляющие собой графические изображения, просты в создании и загрузке. Динамические баннеры, включающие анимацию, делают рекламу более привлекательной для пользователей, но требуют больше усилий на разработку.

Среди современных трендов в дизайне рекламных баннеров можно выделить минимализм, яркие цвета и градиенты, использование 3D-графики, ностальгию по прошлым стилям, максимализм и анимации.

Одним из самых популярных трендов является минимализм. Основная особенность минимализма в графическом дизайне заключается в создании спокойного и свободного впечатления, при этом простота достигается за счет тщательной работы над сокращением элементов, фокусировки на базовых геометрических формах и строгой структуры.

Т. М. Намакинов выделяет следующие основные черты минимализма в графическом дизайне [3]:

– простота и ясность композиции;
– использование базовых геометрических форм;
– строгая и прозрачная структура;
– функциональность и полезность элементов;
– простые и естественные линии и формы;
– большое количество «воздуха» в композиции;
– минимум декоративности и орнаментов;
– монохромная цветовая палитра с яркими акцентами;
– ограниченное количество материалов и выразительных средств.

Пример баннера в стиле минимализм изображен на рис. 1.



Рис. 1. Использование минимализма в рекламном баннере

Все более популярным в дизайне баннеров становится использование ярких цветов и градиентов. Использование насыщенных оттенков и плавных переходов между цветами привлекает внимание и создает эмоциональный отклик у аудитории. Яркие цвета способны выделить рекламу среди других сообщений, а градиенты добавляют глубину и современность, что делает баннеры более привлекательными.

На рис. 2 изображено использование градиента и ярких цветов в рекламном баннере.

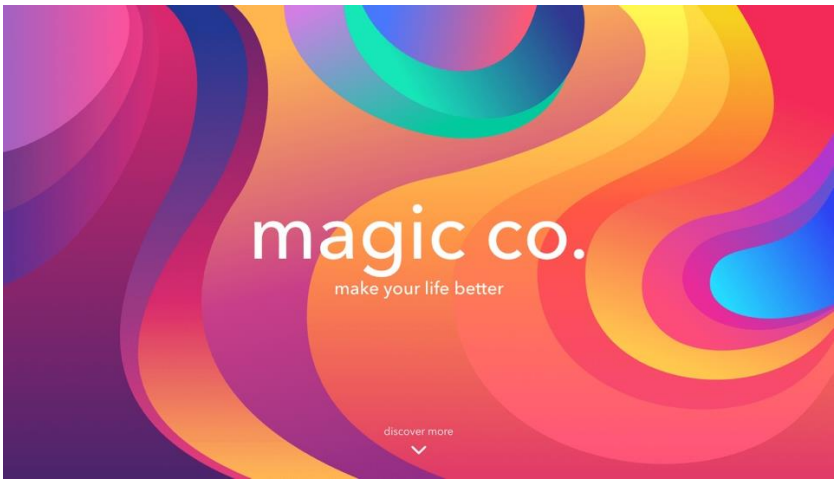


Рис. 2. Использование градиентов и ярких цветов в рекламном баннере

Тренд использования 3D-графики в дизайне рекламных баннеров открывает новые горизонты для креативности. Объемные элементы создают эффект погружения и могут значительно повысить вовлеченность пользователей, их использование позволяет брендам выделяться на фоне конкурентов, обеспечивая более интерактивный и запоминающийся опыт. Пример использования изображен на рис. 3.



Рис. 3. Использование 3D-графики в рекламном баннере

Ностальгия по прошлым стилям также находит свое отражение в современных рекламных баннерах. Элементы ретро-дизайна, среди которых, например, винтажные шрифты или цветовые схемы, вызывают у пользователей теплые воспоминания и эмоциональную привязанность. Этот тренд позволяет брендам создавать уникальный визуальный стиль.



Рис. 4. Использование винтажного стиля в рекламном баннере

Максимализм – это стиль дизайна противоположный минимализму, поощряющий излишества и многообразие цветов. Этот стиль подчеркивает экстравагантность форм и вызывает чувства восхищения у наблюдающих его. В максимализме приветствуется разнообразие, спонтанность и воля фантазии автора.



Рис. 5. Максимализм в рекламном баннере

Использование анимации в рекламных баннерах – это внедрение новых технологий, которые привлекают внимание и добавляют интерактивность. Интерактивность заключается в том, что движущиеся объекты задерживают внимание зрителя дольше чем статичные изображения, при правильном построении анимации в рекламном баннере, зрителю хочется досмотреть такую рекламу до конца. Анимация может использоваться для подчеркивания важных деталей рекламы и даже создать короткое повествование и привлечь внимание зрителя еще больше.

Каждый из этих трендов имеет свою актуальность и аудиторию, грамотное использование этих стилей позволяет рекламе добиться своих целей, будь то привлечением внимания или поднятием уровня продаж.

В ходе работы выделены основные современные тренды графического дизайна и представлены преимущества и недостатки использования современных трендов в графическом дизайне рекламных баннеров (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. Преимущества и недостатки использования трендов в графическом дизайне рекламных баннеров

Тренд	Преимущества	Недостатки
Минимализм	Ясность и фокус на сообщении	Риск чрезмерного упрощения
Яркие цвета и градиенты	Привлечение внимания	Возможная визуальная усталость
3D-графика	Эффект погружения	Высокие затраты на разработку
Ностальгия по прошлым стилям	Эмоциональная привязанность	Может выглядеть устаревшим
Максимализм	Яркость и креативность	Перегруженность деталей
Анимация	Повышение вовлеченности	Возможное отвлечение пользователей
Анимация	Повышение вовлеченности	Возможное отвлечение пользователей

В заключение стоит подчеркнуть, что влияние трендов в графическом дизайне на восприятие рекламных баннеров в социальных сетях представляет собой значимую область для исследования. Актуальность таких исследований в этой области продолжает расти, что объясняется динамикой современного цифрового мира, появлением новых технологий и потребностей пользователей. Современные тренды в дизайне рекламных баннеров отображают разнообразие подходов к их дизайну. Грамотное и уместное использование трендовых стилей в дизайне рекламы позволит привлечь внимание целевой аудитории, обеспечить эмоциональную связь со зрителем, представить смысл рекламы и продемонстрировать креативность авторов. Компаниям необходимо адаптироваться к новым тенденциям и использовать знания о текущих трендах в дизайне для разработки, внедрения эффективных рекламных кампаний и укрепления связей с аудиторией. В связи с этим, появляется актуальность разработки приложений для создания рекламных баннеров. Такие приложения предоставят пользователям инструменты для быстрого и удобного применения трендов дизайна в создании своих рекламных баннеров.

Список используемых источников

1. Иксанов А. Р., Рафиков Р. И. Особенности графического дизайна в сфере рекламы // Вопросы студенческой науки, 2023. № 5 (81). С. 304–308.
2. Краснощеков В. А. Рекламный дизайн и его роль в обществе потребления // Социальные новации и социальные науки, 2022. № 3. С. 74–85.
3. Намакинов Т. М. Стилистические тенденции в графическом дизайне // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2024. № 6-3 (93). С. 14–20.

Sheremet D., Gunina E., Melnikov M. **IMPACT OF TRENDS IN GRAPHIC DESIGN ON THE PERCEPTION OF ADVERTISING BANNERS IN SOCIAL NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article considers the trends of modern design and investigates the influence of these trends on the perception of advertising banners in social networks. The purpose of the study is to identify how specific stylistic techniques affect the attention, interest and memorability of banners among users.

Key words: Graphic design, advertising banners, social media, design trends.

УДК 004.946
ГРНТИ 28.17.33

КРИТЕРИИ ДИЗАЙНА СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОГО ПУТЕВОДИТЕЛЯ, СФЕРЫ ПРИМИНЕНИЯ

П. В. Середкин, А. А. Шиян
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматриваются вопросы дизайна в контексте виртуальной реальности, а также особенности самой технологии. Анализируется опыт разработки приложений, а также оцениваются сложности, возникающие при создании и использовании приложений виртуальной реальности.

виртуальная реальность, пользовательский интерфейс, пользовательский опыт, виртуальные туры, виртуальный путеводитель

На сегодняшний день иммерсивные технологии охватывают все больше сфер жизнедеятельности человека, с каждым днем становится очевидно, что данная ветвь технологий будет активнее и активнее развиваться и внедряться в человеческую жизнь. Подтверждение этих слов можно найти в опыте внедрения виртуальной реальности в таких сферах как: строительство и проектирование, промышленность и бизнес, добыча полезных ископаемых, получение профессиональных навыков, образование, искусство и многое другое. Из этого можно сделать вывод, что эта технология имеет очень большой спектр применения, она способна упростить жизнедеятельность человека, помочь в решении различных проблем и вопросов, научить чему-то новому и дать толчок развития другим технологиям в результате внедрения виртуальной реальности в соответствующую сферу. Предлагается использовать виртуальную реальность как платформу для виртуального путеводителя, она должна включать в себя следующие критерии: доступность для пользователей с разным уровнем технической подготовки, высокое качество визуализации и детализации объектов, возможность интерактивного взаимодействия, а также адаптивность к различным устройствам, таким как VR-очки, смартфоны и компьютеры. Виртуальный путеводитель позволит пользователям перемещаться по различным локациям, изучать достопримечательности и исторические объекты, получать справочную информацию и даже проходить образовательные курсы. Кроме того, такая платформа может быть интегрирована с функциями дополненной реальности, что расширит ее функциональные возможности и сделает более привлекательной для широкого круга пользователей. В будущем данная технология может стать неотъемлемой ча-

стью туризма, образовательных программ, музеев и выставок, предоставляя уникальный опыт, который ранее был недоступен.

Наиболее важной частью виртуального путеводителя является UI/UX дизайн для приложения. Существует набор параметров, которые необходимо соблюдать для создания удобного и эффективного приложения в виртуальной реальности (см. рис. 1) [1]:

– дизайн решение;
– скрипт, отвечающий за отображение графики;
– скрипт, отвечающий за функциональность приложения;
– оптимизация с учетом оборудования;
– способ приобретения приложения.

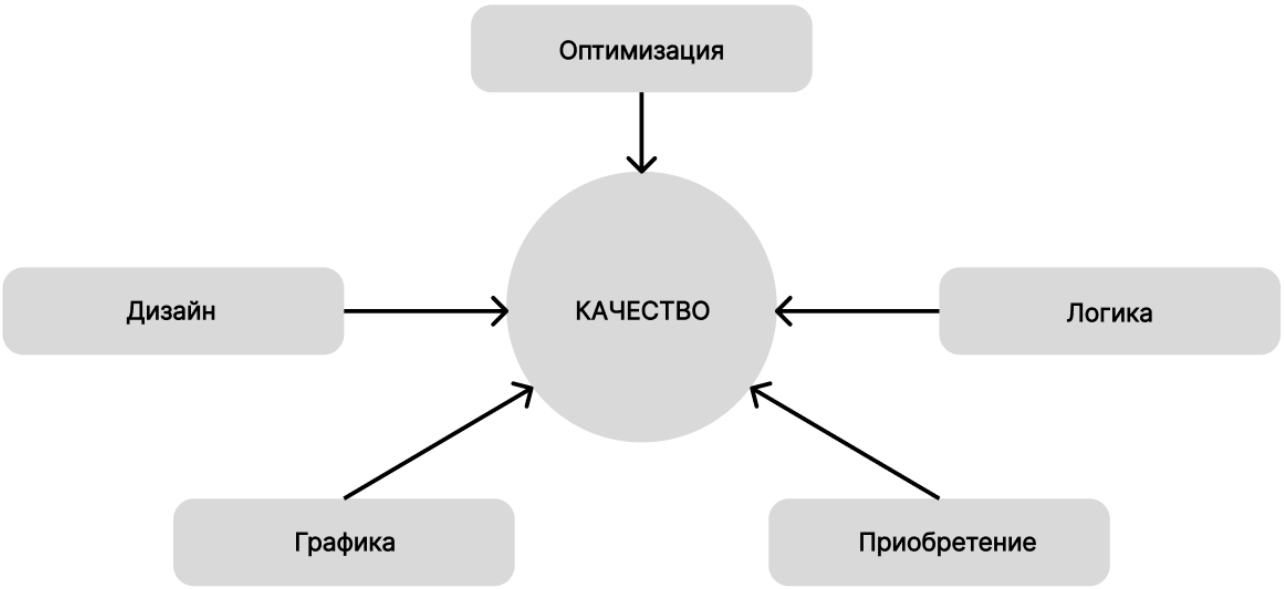


Рис. 1. Набор параметров, отвечающих за качество

Все эти пункты безусловно необходимы для формирования качественного и удобного виртуального путеводителя, но самым важным из них является дизайн, поскольку дизайн – непосредственная среда, через которую пользователь взаимодействует с приложением. Помимо этого, правильный дизайн упрощает процесс эксплуатации приложения пользователем.

Примером в качестве приложения виртуального путешествия является BRINK Traveler, данное приложение позволяет пользователю путешествовать по миру, не покидая свою квартиру. BRINK Traveler имеет ряд функций: выбирать место для путешествия, выбрать время суток, рассматривать ближайшее окружение, получать информацию о том или ином объекте и путешествовать внутри выделенной территории, а также можно посетить одно и тоже место с другим пользователем. Преимуществами данного приложения можно обозначить: дизайн, удобный интерфейс, мультиплеер, качество изображения. А минусами являются: ограничения в движе-

нии, ограниченная область передвижения, отсутствие возможности взаимодействия с окружением. Пример использования интерфейса выбора локации представлен ниже (см. рис. 2).



Рис. 2. Интерфейс выбора локации BRINK Traveler

Из рисунка видно, что интерфейс интуитивно понятен и лаконичен. Также дана дополнительная информация об этой локации, что облегчает процесс использования приложения. Из минусов можно выделить: отсутствие напоминания кнопок управления, которые бы позволяли пользователю использовать весь функционал приложения без потенциальных проблем. Данное приложение позволяет пользователю путешествовать из любой точки мира куда угодно в мгновение ока, без необходимости покидать свою местоположение [2]. Данное приложение соответствует большинству ранее упомянутых критериев, однако имеет также ряд недочетов, которые необходимо учесть при реализации подобного приложения. Чтобы исправить эти недочеты, следует улучшить пользовательский интерфейс таким образом, чтобы ввести в него дополнительные подсказки по управлению, также необходимо расширить доступную пользователю территорию для исследования области в которой он находится, также большинство пользователей недовольны реализацией ночных версий локаций, они подмечают, что локации затемняются искусственно, а не представлена реализация смены дня и ночи. Помимо этого, также имеется особенность, которая вызывает у многих пользователей дискомфорт, а именно низкое количество полигонов окружения (см. рис. 3).



Рис. 3. Ландшафт BRINK Traveler

Из ранее изложенного материала, можно сделать вывод, что технологии VR продолжают развиваться, охватывают все больше областей жизнедеятельности человека и представляют собой весьма перспективную технологию для виртуального путеводителя. Также в данной работе были обозначены определенные критерии, по которым можно оценивать качество приложения в виртуальной реальности.

Список используемых источников

1. Абляев М. Р. Критерии оценивания приложений дополненной реальности / М. Р. Абляев, А. Н. Аблякимова, З. С. Сейдаметова // Advanced Engineering Research 2020. Т. 20, № 4. С. 414–421. ISSN 2687-1653.
2. BRINK Traveler // URL: https://portal-vr.ru/games/brink-traveler/ (дата обращения 12.11.2024).

Seredkin P., Shiyan A. **VIRTUAL GUIDE SYSTEM DESIGN CRITERIA, AREAS OF APPLICATION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This paper examines design issues in the context of virtual reality, as well as the features of the technology itself. It analyzes the experience of developing applications, and evaluates the difficulties that arise when creating and using virtual reality applications.

Key words: Virtual reality, user interface, user experience, virtual tours, virtual guide.

УДК 004.7
ГРНТИ 20.51.23

ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ SLA В ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ ПРЕДПРИЯТИЯ

А. С. Штурман
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На сегодня сформировался пользовательский взгляд на информационную систему (ИС) как поставщика определенного набора услуг (сервисов, ИТ-сервисов), качество и уровень которых формируют пользовательскую оценку ИС. В этой связи управление уровнем ИТ-сервисов ИС представляет одну из актуальных проблем менеджмента предприятия или организации.

SLA, уровень обслуживания, инструменты мониторинга, параметры услуги

SLA (Service Level Agreement) – это документ между заказчиком и исполнителем "соглашение об уровне обслуживания", определяющий параметры предоставляемой услуги. В документе определяются:

1. Порядок работы сервиса, границы использования;
2. Время доступности службы поддержки, скорость реакции на обращения, сроки устранения неисправностей;
3. Способ написания претензий, ограничения ответственности и другие параметры.

Соглашения об уровне обслуживания (SLA) упорядочивают взаимодействие с клиентами, оптимизируют бизнес-процессы, минимизируют риски недопонимания и служат основой для мотивации сотрудников. Выполнение SLA – показатель эффективности сервисной команды, позволяющий поощрять сотрудников и выплачивать премии [1].

Соглашение SLA для заказчика – это не просто гарантия качества и сроков для заказчика, но и мощный инструмент для поставщика услуг. Четко определенные SLA помогают выделиться среди конкурентов и демонстрируют профессионализм и опыт. Кроме того, они играют ключевую роль в построении прочных партнерских отношений при аутсорсинге.

Если оплачиваемая услуга имеет SLA, у заказчика появляется уверенность в качестве сервиса и возможность проверить:

1. Действительно ли сервисная компания реагирует на инциденты так быстро, как обещала;
2. Решаются ли все возложенные на услугу или компанию задачи;

3. Стоит ли услуга денег, которые за нее уплачены.

Внедрение системы сервис-деска часто стимулирует компании к разработке соглашений об уровне обслуживания (SLA). Этот процесс лучше проводить поэтапно. На первом этапе необходимо сегментировать пользователей (например, VIP и стандартные), определив для каждого сегмента уровень приоритета и соответствующие показатели обслуживания. Например, VIP-клиенты могут рассчитывать на персонального менеджера и более быстрое реагирование.

Следующий этап – установление реальных времен реакции и решения задач для каждого сегмента, соответствующих целям бизнеса и ожиданиям клиентов. Важно предусмотреть систему мониторинга и контроля выполнения SLA, включая систему уведомлений о возможных отклонениях от заданных нормативов. Это позволит обеспечить эффективный контроль качества работы сервис-деска на всем этапе обработки заявок.

Пункты соглашения должны быть понятными и однозначно трактоваться заказчиком и исполнителем. При несоблюдении нормативов SLA в договоре могут определяться штрафные санкции или компенсации (обычно в виде скидок на услуги). Или, наоборот, при выполнении оговоренных условий – доплата с повышенным коэффициентом. В соглашении об уровне услуг должны присутствовать [2]:

1. Общая информация о сторонах, которые заключают соглашение;

2. Параметры и границы предоставляемых услуг: по территориям (например, только на рабочем месте или в офисе), по оборудованию (кассы, рабочие станции и т.п.), по времени (рабочие дни, доступное время или 24/7), по ответственным (какие пользователи могут обращаться);

3. Для объективной оценки качества услуг необходимы четкие, измеримые критерии, одинаково понятные как клиенту, так и исполнителю. В качестве примеров можно привести: время отклика на заявку (первая реакция, передача специалисту, полное решение проблемы) и допустимое время простоя бизнеса клиента из-за проблем, находящихся в зоне ответственности компании;

4. Описание отчетности об оказанных услугах, условия эскалации на следующий уровень и порядок предъявления претензий;

5. Ответственность исполнителя, в частности штрафные санкции за нарушения (если они предусмотрены);

6. Для эффективного функционирования SLA необходимо устанавливать реалистичные и однозначно интерпретируемые обеими сторонами показатели качества услуг. Избегайте чрезмерного количества параметров или использования косвенных показателей, слабо связанных с действиями исполнителя, поскольку это только усложнит контроль и мониторинг.

Оптимизация внутренних процессов напрямую влияет на качество услуг и должна отражаться в показателях SLA. Например, сроки подготовки нового рабо-

чего места не могут быть короче времени закупки оборудования. Не стоит устанавливать нереалистичные нормативы (например, 5 минут на обработку заявки), если объективно процесс занимает 24 часа. SLA должны отражать реальное время выполнения работ [3].

Определение ключевых показателей эффективности (KPI) для контроля SLA требует профессионализма и глубокого понимания бизнес-процессов. Например, слепое стимулирование быстрого решения задач может привести к снижению качества или нарушению баланса в работе. Кроме того, в SLA необходимо учитывать только те параметры, которые находятся в зоне ответственности сервисной компании. Например, время простоя всей IT-инфраструктуры не должно включаться в SLA сервиса касс, если часть инфраструктуры зависит от внешних поставщиков.

Резюмируя, стоит отметить, что клиенты ожидают, что вы будете предоставлять им качественные услуги в оговоренные сроки.

SLA для исполнителя:

1. Задает явные параметры услуги и может учитывать их при распределении обязанностей между своими специалистами.

2. Защищает от необоснованных претензий со стороны клиента;

3. Позволяет ввести несколько уровней сервиса с разной стоимостью;

4. Помогает планировать ресурсы сервиса.

SLA для заказчика:

1. Поясняет параметры сервиса, за который он платит;

2. Дает знание, через сколько будет устранена конкретная поломка;

2. Имеет возможность привлечь исполнителя к ответственности за нарушения параметров оказания услуг.

Список используемых источников

1. Вишняков Ю. М., Новиков С. Ю. Формализация задачи управления уровнем сервисов в информационных системах. Научная статья по специальности «Компьютерные и информационные науки». 2012.

2. Роль SLA в ИТ обслуживании. URL: https://itglobal.com/ru-ru/company/glossary/sla/ (дата обращения 06.11.2024).

3. ITSM для высокоскоростных команд. URL: https://www.atlassian.com/ru/itsm/service-request-management/slas(дата обращения 09.11.2024).

Shturman A. **ADVANTAGES OF IMPLEMENTING SLA INTO AN INFORMATION SYSTEM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Today, a user's view of an information system (IS) as a provider of a certain set of services (services, IT services), the quality and level of which form the user's assessment of the IS, has formed. In this regard, managing the level of information technology services is one of the pressing problems of enterprise or organization management.

Key words: SLA, Level Agreement, Monitoring tools, Service parameters.

Программная инженерия

УДК 004.627:004.932
ГРНТИ 49.40.37

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНЕЙ СЖАТИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫМ КОДЕКОМ КАДРОВ ВИДЕОПОТОКА БВС ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

А. А. Березкин, А. И. Козлова, А. А. Ченский
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире управление беспилотными воздушными системами часто проводится от первого лица. Эта разновидность управления называется FPV-управлением. При FPV-управлении по пакетным сетям передачи данных для уменьшения сетевых задержек и потерь пакетов необходимо уменьшать объем видеотрафика. Одним из подходов обеспечения высокой степени сжатия кадров является использование нейросетевых кодеков, базирующихся на вариационных автокодировщиках. Настоящая работа посвящена исследованию распределения степеней сжатия кадров видеопотока и их зависимости от конкретных кадров.

нейронные сети, вариационный автокодировщик, сжатие данных, нейросетевой кодек, ядерная оценка плотности распределения, БВС, беспилотные воздушные системы, БАС, БПЛА, FPV-управление

Введение

В настоящее время все большее распространение получает управление беспилотными воздушными системами (БВС) от первого лица (FPV-управление). В рамках данного управления передается видеопоток, снимаемый с камеры БВС, по линии связи с землей от БВС к внешнему пилоту (ВП). Визуально воспринимая видеопоток, ВП через станцию внешнего пилота (СВП) проводит управление БВС.

При передаче кадров видеопотока с БВС на СВП через пакетные сети передачи данных возникают проблемы, связанные с задержками и потерями кадров. Тем не менее, для FPV-управления необходимо обеспечивать стабильный поток кадров видеопотока с БВС на СВП. Соответственно, данные проблемы должны быть решены или по крайне мере смягчены, для чего в последнее время в научной литературе ча-

сто предлагается использовать нейросетевые кодеки, основанные на использовании вариационных автокодировщиков [1-8].

При использовании нейросетевых кодеков необходимо понимать, какую степень сжатия кадров видеопотока они могут обеспечить. Получение степеней сжатия проводится экспериментально. В некоторых ранних научных работах на данную тему [2-3] были получены результаты исследования размера сжатого представления кадров видеопотока и сделаны выводы об их бимодальном распределении. Кроме этого, размер сжатого представления кадра с увеличением номера кадра уменьшается вследствие адаптации («поднастройки») алгоритма сжатия [2]. Так как размеры сжатого представления *MSize* и степень сжатия *CR* прямо функционально зависимы (1) [1] и в контексте отдельных нейросетевых моделей (то есть при заданном размера латентного пространства признаков (ЛПП) *LSize*) могут быть получены однозначно, то данные выводы относятся также и к степеням сжатия.

$$CR = 100 \times \left(1 - \frac{MSize}{LSize}\right)(\%) \quad (1)$$

Целью настоящей работы является исследование распределения степеней сжатия кадров видеопотока нейросетевым кодеком. Для ее достижения проводится экспериментальная проверка выводов, полученных в работах [2-3]. В связи с данными выводами выдвигаются следующие гипотезы:

1) степени сжатия кадров видеопотока нейросетевым кодеком распределены нормально;

2) степени сжатия кадров видеопотока нейросетевым кодеком сильно зависят от конкретных кадров;

3) вывод о бимодальности распределения некорректен и был ранее получен в связи с малым размером набора экспериментальных данных;

4) вывод об адаптации алгоритма сжатия к конкретным кадрам видеопотока некорректен и был ранее получен из-за исследования последовательных кадров видео, последние из которых обеспечивали меньшую степень сжатия.

Условия экспериментов

В настоящей работе используется та же экспериментальная установка, что и в [2, 3]: кодер от нейросетевого кодека на основе вариационного автокодировщика VQ-f8 с алгоритмом сжатия ЛПП DEFLATE и линейным [1] квантованием (рис. 1). Результаты для других алгоритмов сжатия (LZMA, ZStandard, Хаффмана) в [3] были сопоставимыми с DEFLATE. Они не представлены в данной работе.

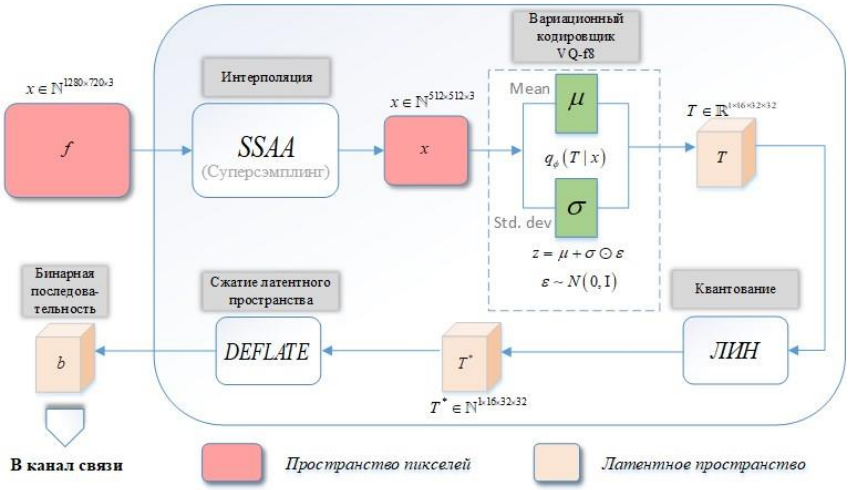


Рис. 1. Нейросетевой кодер

Проводится три эксперимента. Первый – для проверки бимодальности распределения. Второй и третий – для проверки уменьшения размера по причине адаптации сжатия.

В рамках первого эксперимента кадры видеопотока преобразуются нейросетевым кодером, после чего регистрируются размеры бинарной последовательности на выходе кодера. Для проверки гипотезы о бимодальности распределения проводится ядерная оценка плотности V распределения (2) [3] с Гауссовым ядром (3) [3], где V_k – значение величины на k эксперименте, n – число экспериментов, $h = 0{,}5$ – пропускная способность, а Y – ядерная функция.

$$f(V) = \frac{1}{n}\prod_{k=1}^{n}\frac{1}{h}Y\left(\frac{V - V_k}{h}\right) \tag{2}$$

$$Y\left(\frac{V - V_k}{h}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{V-V_k}{h}\right)^2} \tag{3}$$

В первом эксперименте кадры поступают из большого авторского набора, состоящего из 67499 кадров размерности 1280x720, снятых с камер при FPV-управлении БВС (рис. 2).



Рис. 2. Пример кадров большого авторского набора данных

В рамках второго и третьего экспериментов кадры видеопотока поступают из малого авторского набора данных, состоящего из 1000 последовательных кадров видеопотока разрешением 1280x720, снятых с камеры БВС при испытаниях в рамках

проектно-образовательного интенсива «Архипелаг-2024» на о.Сахалин (рис. 3). Во втором эксперименте кадры преобразуются последовательно с 0 кадра до 1000 кадра, а в третьем – с 500 до 1000 и далее с 0 до 500.



Рис. 3. Пример кадров малого авторского набора данных

Эксперименты

В результате проведения первого эксперимента получено распределение степеней сжатия кадров видеопотока (рис. 4).

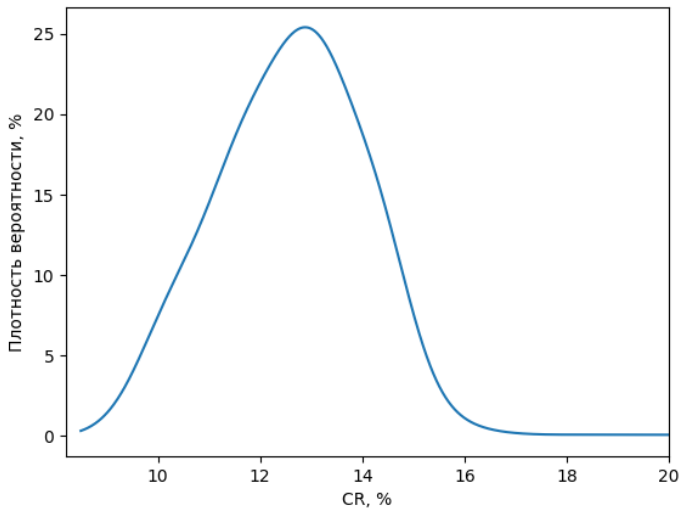


Рис. 4. Распределение степеней сжатия

Данное распределение близко к нормальному со средним значением 13,23 (%) и среднеквадратическим отклонением 6,89.

В результате проведения второго и третьего экспериментов установлено, что степень сжатия *CR* ЛПП, полученного при кодировании кадра *k*, сохраняется вне зависимости от порядка его поступления на нейросетевой кодер (рис. 5).

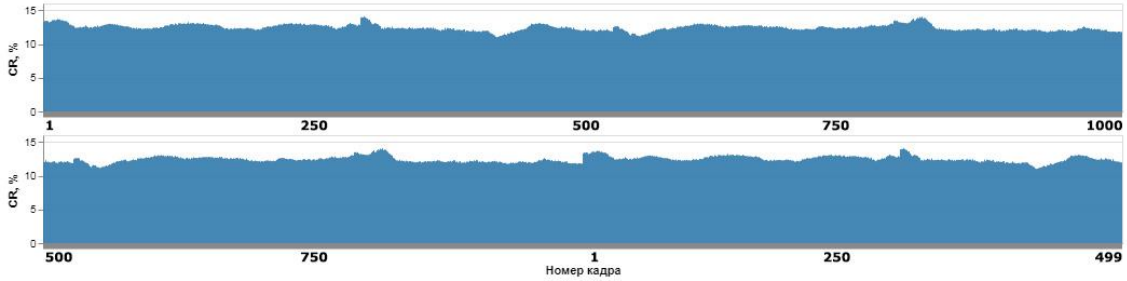


Рис. 5. Последовательности степеней сжатия

Выводы

Результаты проведенных экспериментов подтвердили выдвинутые гипотезы. Степени сжатия латентных пространств вариационных автокодировщиков при рассмотрении достаточно больших наборов распределены нормально, а не бимодально. Степени сжатия латентного пространства алгоритмами сжатия зависят от конкретных кадров. В общем случае степени сжатия не увеличиваются со временем, а возможные колебания связаны с исходными кадрами.

Во избежание ошибок при исследовании степеней сжатия следует использовать наборы данных с достаточно большим числом кадров, а также подавать кадры на вход нейросетевого кодера в случайной последовательности.

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

Список используемых источников

1. Ченский А. А., Березкин А. А., Киричек Р. В., Захаров А. А. Исследование методов латентного сжатия видеопотока при FPV управлении беспилотными системами // Электросвязь. 2024. № 6. С. 46–56.
2. Березкин А. А., Вивчарь Р. М., Лазарев А. А. Исследование алгоритмов сжатия данных как элемента системы информационного обмена для управления беспилотными комплексами в гибридных сетях связи // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023) : Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; Сборник лучших докладов: в 2 томах, Санкт-Петербург, 05–07 декабря 2023 года. Санкт-Петербург: СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2024. С. 177-182.
3. Зуйков М. А., Березкин А. А., Вивчарь Р. В., Пачин А. В. Анализ эффективности алгоритмов сжатия данных в каналах информационного обмена БАС в гибридных орбитально-наземных сетях связи // материалы 79 научно-технической конференции Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню радио. Санкт-Петербург, 22-26 апреля 2024 года. СПб., 2024. № 1 (79). С. 197-199.
4. Chamain L. D., Qi S., Ding Z. End-to-End Image Classification and Compression with variational autoencoders // IEEE Internet of Things Journal. 2022. Т. 9. № 21. С. 21916–21931.
5. Zhou L., Cai C., Gao Y., Su S., Wu J. Variational autoencoder for low bit-rate image compression // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. 2018. С. 2617–2620.
6. Alves de Oliveira V., Chabert M., Oberlin T., Poulliat C., Bruno M., Latry C., Camarero R. Reduced-complexity end-to-end variational autoencoder for on board satellite image compression // Remote Sensing. 2021. Т. 13. № 3. С. 447.
7. Luo J., Li S., Dai W., Xu Y., Cheng D., Li G., Xiong H. Noise-to-Compression Variational Autoencoder for Efficient End-to-End Optimized Image Coding // 2020 Data Compression Conference (DCC). IEEE, 2020. С. 33–42.
8. Xu Q., Xiang Y., Di Z., Fan Y., Feng Q., Wu Q., Shi J. Synthetic aperture radar image compression based on a variational autoencoder // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 2021. Т. 19. С. 1–5.

Berezkin A., Kozlova A., Chenskiy A. **RESEARCH OF THE VIDEO FRAMES COMPRESSION DISTRIBUTION BY NEURAL NETWORK CODEC IN UAV FPV-CONTROL.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, the control of unmanned aerial systems is often conducted in a first-person perspective. This type of control is called FPV-control. In FPV-control over packet networks, in order to reduce network latency and packet loss, it is necessary to reduce the amount of video traffic. One of approaches to provide a high degree of frame compression is the use of neural network codecs based on variational autoencoders. In this regard, there is a problem of what degree of compression they can provide. The present work researches the distribution of compression degrees of video stream frames and their dependence on specific frames.

Key words: neural networks, variational autoencoder, data compression, neural network codec, compression radio distribution, erroneous conclusions correction, VQ-f8, kernel density estimation, UAV, unmanned aerial vehicles, FPV-control, neural network codec.

УДК 621.39
ГРНТИ 49.33.29

ПРОТОКОЛ БЕСПРОВОДНОЙ СИНХРОННОЙ ЯЧЕИСТОЙ СЕТИ ДЛЯ IOT УСТРОЙСТВ

А. С. Дюбов, П. С. Петров, М. А. Руфов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Ячеистые беспроводные сети позволяют организовывать связь для систем мониторинга и управления устройствами, расположенными на отдаленных и труднодоступных территориях, в условиях отсутствия инфраструктуры (кабельных линий, станций сотовой связи и т.п.). Доклад посвящен разработка и реализация протокола беспроводной синхронной ячеистой сети для IoT устройств. Разработанный протокол обеспечивает основу для построения надежных беспроводных сетей с большой территорией покрытия и высокой энергоэффективностью. Протокол обеспечивает взаимодействия базовой станции и узлов, организацию синхронизации, построение маршрута и организацию обходных путей (на случай недоступности промежуточного узла). Решение обладает высокой эффективностью и надежностью.

протокол связи, ячеистая сеть, топология, беспроводная сеть, синхронная сеть, IoT, HTML, CSS, JavaScript, RSSI

Обычно дальность связи в беспроводных сетях ограничена мощностью оконечного устройства. При этом требуется плотное покрытие территории базовыми станциями для приема сигналов со всех оконечных устройств. Возможным подходом для преодоления описанного ограничения являются ячеистые сети, устройства которых могут связываться друг с другом в пределах своей дальности связи. Они позволяют устанавливать пользовательские устройства вдали от инфраструктуры, таких как вышки связи и базовые станции. Достаточно, чтобы сохранялись связи хотя бы между двумя соседними узлами. В таких сетях каждое устройство является сетевым узлом, а для управления и маршрутизации достаточно одной базовой станции и специального протокола взаимодействия.

Традиционные асинхронные ячеистые сети, построенные на базе протоколов типа CSMA (Carrier Sense Multiple Access – вероятностный сетевой протокол канального уровня) характеризуются повышенным энергопотреблением, т.к. все узлы находятся в активном состоянии, постоянно прослушивают эфир и передают сообщения соседних узлов. Сетевые узлы вынуждены обрабатывать коллизии, что является проблемой, особенно в больших сетях с высокой сетевой нагрузкой. Возможным решением является переход к синхронным ячеистым сетям. В таких сетях узлы могут переходить в режим низкого энергопотребления и выходить на связь только в

определенные периоды времени, благодаря чему увеличивается продолжительность работы устройств, работающих от батарей или аккумуляторов. Введение синхронизма позволяет существенно снизить потребление за счет того, что обозначенные выше проблемы не присущи такому подходу [1].

Комбинация описанных подходов позволяет использовать устройства без необходимости развертывать специальную инфраструктуру, что особенно важно в удаленных или труднодоступных местностях. Решение востребовано для задач мониторинга лесов, трубопроводов и других распределенных объектов. Высокая отказоустойчивость сети и длительное время автономной работы узлов существенно снижают затраты на обслуживание.

Предлагаемое решение просто и изящно. Для узла сети не требуется высокая вычислительная мощность. Узлы могут работать от батарейного питания. Для них важно только в определенные моменты времени «просыпаться», принимать и отправлять нужные сообщения. Все проблемы маршрутизации и выстраивания сети решаются на базовой станции. Базовая станция является шлюзом сети, она не ограничена в электропитании и может обладать более мощной вычислительной способностью, чем остальные элементы сети.

Большой радиус охвата сети обеспечивается за счет многократных пересылок сообщений между узлами. Следуя описанной концепции, сетевые узлы не только участвуют в передаче данных, но могут содержать датчики и выполнять команды, управляя пользовательским оборудованием.

Протокол решает проблемы ограниченной дальности связи, расширяет зону покрытия, повышает энергоэффективность и надежность работы сети.

Демонстрация и реализация протокола выполнена на базе микроконтроллеров ESP32 и чипов радио-интерфейса компании Semtech. Построенная радиосеть использует технологии модуляции LoRa, что обеспечивает дальность связи между узлами до 15 км, малую подверженность многолучевости и замираниям [2, 3].

Развернутая тестовая сеть демонстрирует передачу телеметрических данных: температура, влажность, атмосферное давление (высота над уровнем моря). Разработана конструкция автономных узлов с питанием от встроенных аккумуляторов. Каждый узел имеет небольшой ЖК экран, на котором отображаются идентификатор узла, данные с локальных датчиков, уровень заряда батареи. Фотография сетевых узлов приведена на рис. 1



Рис. 1. Узлы сети

Проведены тестовые испытания по энергоэффективности и дальности связи. Разработан WEB-интерфейс оператора сети, отображающий актуальную схему связей между узлами, рис. 2.

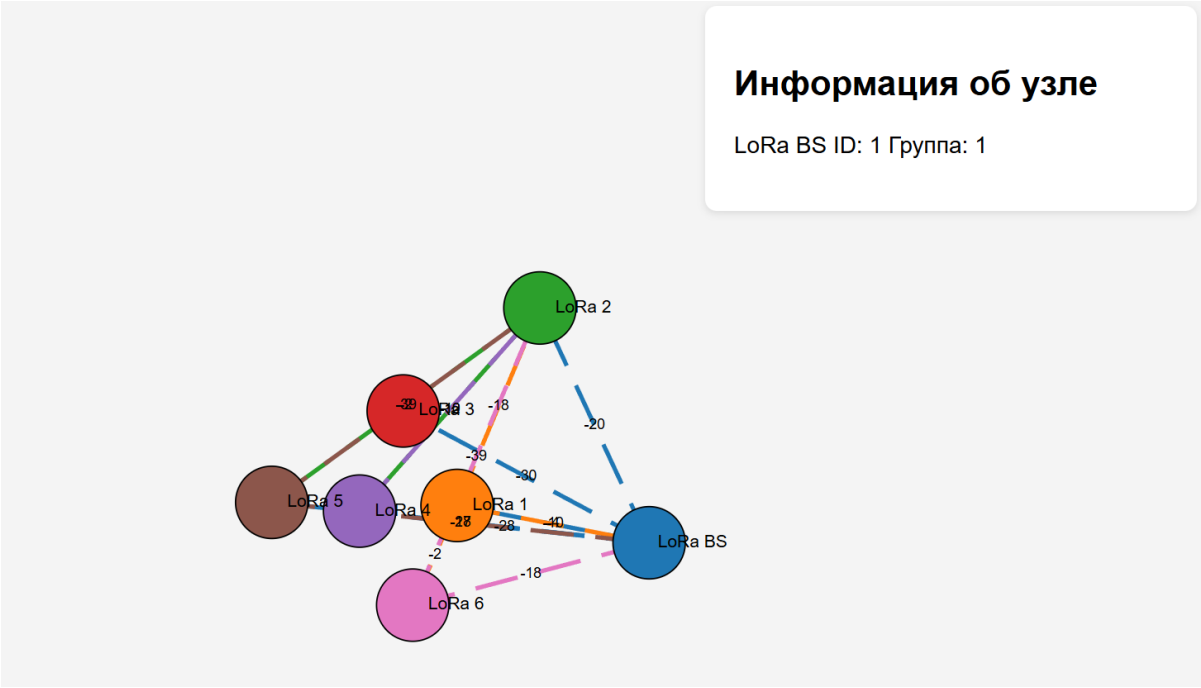


Рис. 2. Схема сети в WEB-интерфейсе оператора

Схема изменяется динамически в реальном масштабе времени, т.к. маршруты между узлами могут меняться при отключении узла или нахождении более оптимального маршрута. Оператору доступны данные о качестве каналов связи между узлами (уровень RSSI в двух направлениях), данные со всех датчиков сети, рис. 3. Демонстрационная сеть содержит 6 узлов и базовую станцию, может легко расширяться путем включения новых узлов сети.

Встроенное программное обеспечение выполнено (программная реализация протокола) выполнена на языке СИ. При разработке интерфейса оператора использованы возможности HTML, CSS и JavaScript.

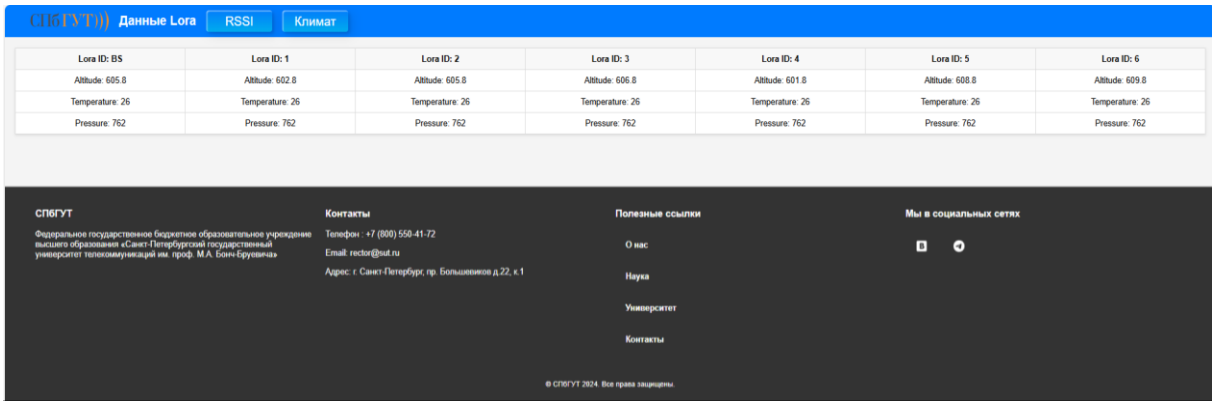


Рис.3. WEB-интерфейс со значениями с датчиков

Протокол универсален и может быть использован при построении сетей с различными радио-интерфейсами и на разной аппаратной реализации сетевых узлов (устройств) и базовой станции.

Список используемых источников

1. LoRa Modulation Basics Application note / Semtech Corporation. 2015. 26 p.
2. Тихвинский В., Коваль В., Бочечка Г. Технология LoRa: перспективы внедрения на сетях IoT // Первая миля, 2016. № 6.
3. Falanji R, Heusse M, Duda A. Range and Capacity of LoRa 2.4 GHz / HAL open science. 2022. URL: https://hal.science/hal-03868942/document (дата обращения 08.11.2024).

Dyubov A., Petrov P., Rufov M. **WIRELESS SYNCHRONOUS MESH NETWORK PROTOCOL FOR IOT DEVICES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Mesh wireless networks enable communication for monitoring and control systems of devices located in remote and hard-to-reach areas where infrastructure (such as cable lines and cellular stations) is unavailable. This report is dedicated to the development and implementation of a wireless synchronous mesh network protocol for IoT devices. The developed protocol provides a foundation for building reliable wireless networks with extensive coverage and high energy efficiency. It facilitates interactions between the base station and nodes, synchronization organization, route establishment, and alternative path setup (in case an intermediate node is unavailable). The solution offers high efficiency and reliability.

Key words: communication protocol, mesh network, topology, wireless network, synchronous network, IoT, HTML, CSS, JavaScript, RSSI.

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ
Защищенные системы связи

УДК 004.827
ГРНТИ 81.93.29

ОБЗОР КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ VIPNET

Д. П. Зуев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире возрастающая активность киберугроз делает защиту информации особенно актуальной. В связи с этим возникает необходимость использования комплексных решений для обеспечения безопасности и надежного контроля над конфиденциальными данными. Одним из таких решений является система ViPNet, предназначенная для защиты корпоративных данных и безопасного обмена информацией в сети. ViPNet сочетает в себе современные технологии шифрования и контроля доступа, обеспечивая высокий уровень защиты от несанкционированного доступа и кибератак.

ViPNet, КСЗИ, безопасность, шлюз безопасности

В настоящее время количество инцидентов информационной безопасности неуклонно растет с каждым годом [1]. По статистике исследовательских организаций, общее число атак и утечек данных постоянно увеличивается, что подтверждается соответствующими отчетами и наглядно представлено на рис. 1.

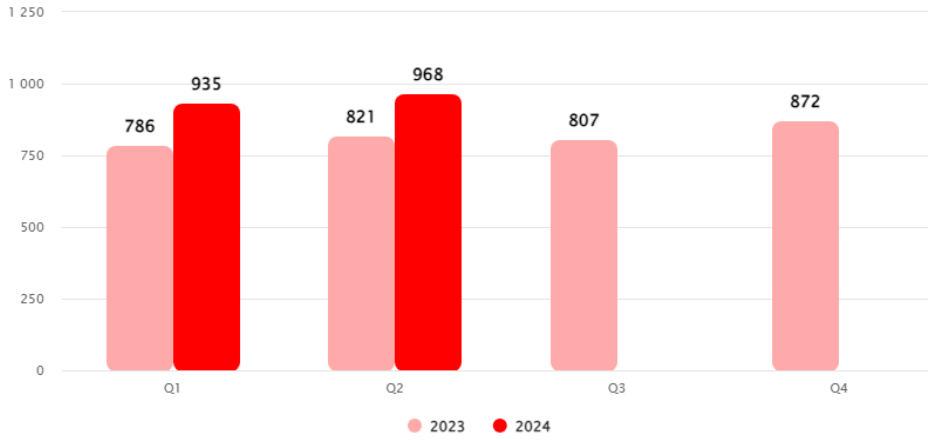


Рис. 1. Статистика Positive technologies о количестве инцидентов

Для снижения количества успешных кибератак на компании требуется внедрение эффективных комплексных систем защиты информации (КСЗИ). Такие системы обеспечивают многоуровневую защиту, которая направлена на предотвращение угроз различной природы и сложности. Комплексный подход включает в себя не только защиту периметра корпоративной сети, но и внутренний контроль, мониторинг аномальной активности, управление доступом и защиту данных в процессе их передачи.

Комплексные системы защиты информации необходимы для защиты от современных угроз, таких как утечки данных, атаки программ-вымогателей, фишинг, а также внутренние угрозы, исходящие от сотрудников или внедренных вредоносных программ. КСЗИ позволяет минимизировать риски, связанные с воздействием этих угроз, за счет внедрения политики информационной безопасности, систем обнаружения и предотвращения атак (IDS/IPS), шифрования данных и многофакторной аутентификации пользователей.

Одним из эффективных решений в области комплексных систем защиты информации (КСЗИ) является платформа ViPNet, заслуживающая особого внимания благодаря ряду уникальных характеристик, которые делают ее надежным выбором для российского рынка. Эта система, разработанная на базе отечественных технологий, не только соответствует требованиям информационной безопасности, но и является лицензированной и сертифицированной в России, что особенно важно в условиях растущих требований к импортозамещению в сфере высоких технологий.

ViPNet создана и поддерживается российским разработчиком, что обеспечивает высокий уровень адаптации системы к специфике локальных требований и законодательства. Это ключевое преимущество, поскольку выбор отечественного продукта позволяет минимизировать зависимость от внешних поставщиков и снизить риски, связанные с ограничениями на импортные технологии и софты в условиях санкционной политики. Кроме того, данное решение успешно функционирует на отечественной операционной системе Astra Linux, которая не только адаптирована под российские реалии, но и сертифицирована Федеральной службой по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) и Федеральной службой безопасности России (ФСБ). Сертификация Astra Linux свидетельствует о высокой степени доверия к системе со стороны государственных структур, подтверждая ее соответствие высоким стандартам информационной безопасности.

Кроме того, ViPNet соответствует строгим стандартам сертификации, установленным ФСТЭК и ФСБ, что является значимым показателем надежности и безопасности. Сертификация продуктов, лежащих в основе сети ViPNet, гарантирует, что данное решение отвечает всем требованиям по защите конфиденциальной информации и может использоваться как в коммерческом, так и в государственном секторе, где необходимо поддержание высокого уровня защиты информации.

Таким образом, платформа ViPNet сочетает в себе такие важные для КСЗИ качества, как комплексный подход к защите данных, использование сертифицированного отечественного программного и аппаратного обеспечения, а также способность эффективно противостоять современным киберугрозам. Эти факторы делают ее достойным выбором для защиты корпоративных сетей, что обосновывает целесообразность дальнейшего рассмотрения устройства и возможностей системы ViPNet в качестве примера эффективного КСЗИ.

На рис. 2 представлен пример защищенной сети ViPNet с различными типами узлов.



Рис. 2. Защищенная сеть ViPNet

Организация защищенной сети ViPNet построена на базе виртуальной частной сети (VPN), которая может быть развернута поверх локальных и глобальных IP-сетей любой структуры. Защита трафика между узлами сети ViPNet осуществляется с использованием VPN-туннелей, в которых пакеты данных инкапсулируются и передаются через симметричное шифрование, обеспечивающее высокий уровень безопасности [2]. Ключи для шифрования данных генерируются централизованно, что гарантирует надежную защиту от несанкционированного доступа и минимизирует риски потери данных.

В защищенной сети ViPNet существует несколько типов узлов, каждый из которых выполняет свои функции. ViPNet-клиенты представляют собой рабочие станции и мобильные устройства с установленным ПО ViPNet Client, которые регистрируются на сервере-координаторе и обеспечивают защищенное подключение к сети. Эти узлы предназначены для безопасного обмена информацией между сотрудниками и обеспечивают конфиденциальность данных при передаче.

Координаторы – это узлы, выполняющие функции маршрутизаторов и VPN-шлюзов, они отвечают за туннелирование трафика, передачу управляющей информации и контроль сетевого трафика, а также обеспечивают безопасность подключений [3]. Координаторы могут быть реализованы как программные (ViPNet Coordinator VA 5, ViPNet Coordinator VA 4), так и программно-аппаратные устройства (ViPNet Coordinator HW 4, ViPNet Coordinator HW 5), что позволяет гибко настраивать их в зависимости от инфраструктуры организации и решаемых ею задач.

Дополнительно в состав сети входят открытые узлы – это устройства, например, SIP-телефоны, не имеющие установленного ПО ViPNet. Такие узлы подключаются к сети через координаторы, которые инкапсулируют и шифруют их трафик, обеспечивая защиту при передаче данных через публичные сети, даже если исходный узел не имеет встроенных средств защиты.

Для управления и настройки защищенной сети ViPNet используется централизованное приложение ViPNet Prime [4], предоставляющее широкие возможности по администрированию всей инфраструктуры ViPNet, пример взаимодействия узлов с ViPNet представлено на рис. 3.

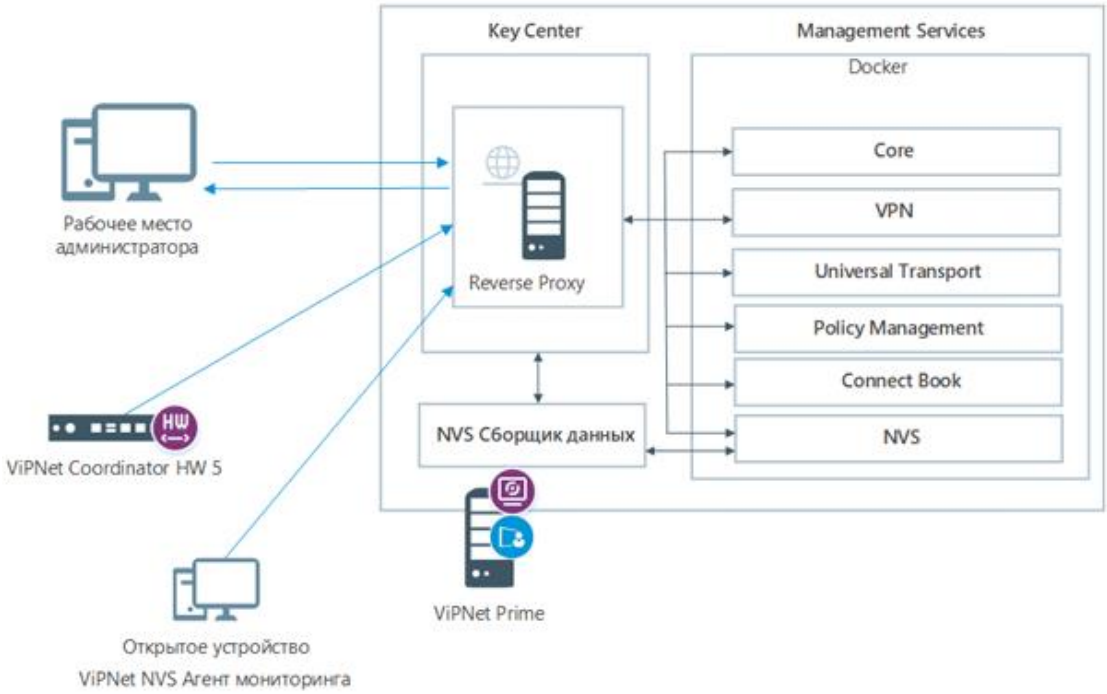


Рис. 3. Взаимодействие узлом и компонентов ViPNet Prime

ViPNet Prime позволяет администратору управлять устройствами, создавать организации и разделять VPN на изолированные части, назначать права администраторам, обновлять ПО удаленно и централизованно управлять политиками безопасности. ViPNet Prime поддерживает интеграцию с Active Directory, что особенно удобно для крупных организаций, так как упрощает управление пользователями и

группами. Система ViPNet Prime включает несколько специализированных модулей, которые обеспечивают мониторинг состояния шлюзов безопасности, управление VPN-сетью, централизованное обновление ПО и контроль за соблюдением политики безопасности.

Среди ключевых функций ViPNet Prime – настройка и администрирование узлов ViPNet (клиентов, координаторов, межсетевых экранов ViPNet xFirewall), управление VPN-соединениями между организациями и другими сетями ViPNet, централизованное управление политиками безопасности и фильтрацией трафика, а также обеспечение видимости и мониторинга состояния узлов сети, что позволяет анализировать состояние сети в реальном времени и оперативно реагировать на инциденты.

Таким образом, ViPNet представляет собой многоуровневую систему защиты данных, способную адаптироваться к потребностям как коммерческих, так и государственных организаций, для которых критически важен высокий уровень информационной безопасности.

Список используемых источников

1. Актуальные киберугрозы, II квартал 2024 года: Positive technologies. URL: https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/aktualnye-kiberugrozy-ii-kvartal-2024-goda (дата обращения 07.11.2024).
2. Что такое VPN-туннель: Selectel. URL: https://selectel.ru/blog/vpn-tunnel (дата обращения 07.11.2024).
3. ViPNet Coordinator HW 5: Инфотекс. URL: https://infotecs.ru/products/vipnet-coordinator-hw-5 (дата обращения 07.11.2024).
4. ViPNet Prime: Инфотекс. URL: https://infotecs.ru/products/vipnet-prime (дата обращения 07.11.2024).

Zuev D. **OVERVIEW OF A COMPREHENSIVE INFORMATION SECURITY SYSTEM USING THE EXAMPLE OF VIPNET.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, the increasing activity of cyber threats makes information protection especially relevant. In this regard, there is a need to use comprehensive solutions to ensure security and reliable control over confidential data. One of these solutions is the ViPNet system, designed to protect corporate data and securely exchange information on the network. ViPNet combines modern encryption and access control technologies, providing a high level of protection against unauthorized access and cyber-attacks.

Key words: ViPNet, CSR, security, Security gateway.

УДК 004.056.5
ГРНТИ 81.93.29

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ОБЛАЧНЫХ ИНФРАСТРУКТУР

И. Е. Пестов, Д. Н. Смирнов, М. А. Теряев, И. В. Чумаков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире облачные инфраструктуры являются основой для реализации большинства приложений и услуг. Деятельности организации во многом зависят от гибкости инфраструктуры и доступности информации. Поэтому для более эффективного управления платформой большое значение имеет выбор подхода к реализации облачной инфраструктуры. Определить подходящий вид инфраструктуры является первостепенной целью.

облачная инфраструктура, модели развертывания, гибкость, масштабируемость

За последнее десятилетие тенденции в области облачных технологий активно совершенствуются и меняются, открывая новые перспективы для развития. По этой причине правильный подбор подходящего метода развертывания облачной инфраструктуры стоит на первом месте. Изначально необходимо разобрать основные виды моделей:

Публичное облако – это модель в котором сервисы облачной инфраструктуры предоставляются потребителям или основным отраслевым группам [1]. Это тип облачного модели, который позволяет клиентам и пользователям легко получать доступ к системам и сервисам, что позволяет экономить на затратах и избегать необходимости инвестировать в дорогостоящее оборудование, представленная на рис. 1.

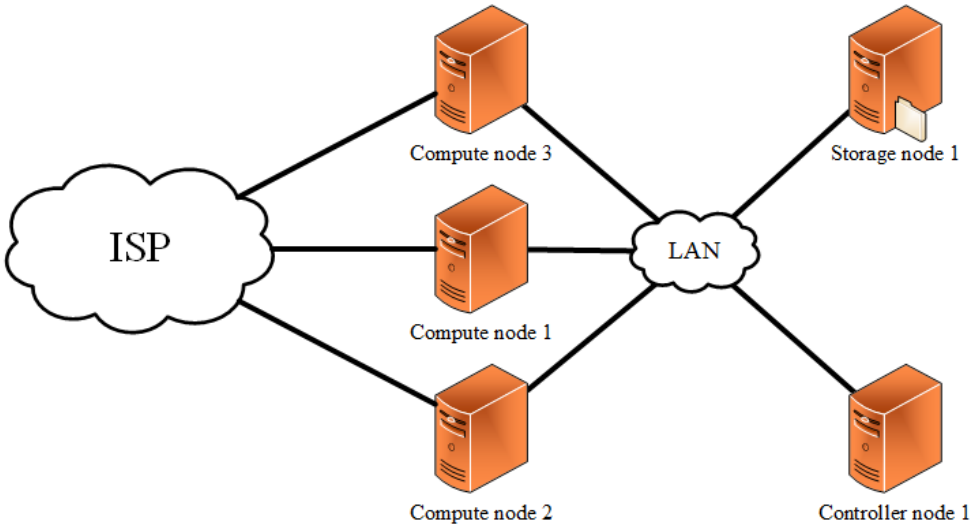


Рис. 1. Схема публичного облака

Частное облако – это модель развертывания, в которой ресурсы выделены исключительно для одного пользователя, что исключает необходимость делить вычислительные ресурсы между другими потребителями. Основное различие между частными и публичными облаками заключается в способе управления инфраструктурой, продемонстрированное на рис 2.

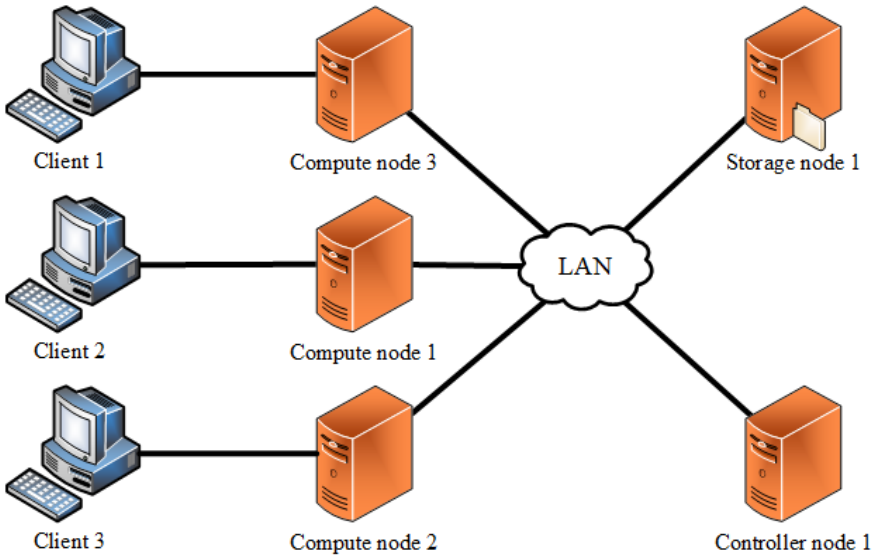


Рис. 2. Схема частного облака

Гибридное облако – это решение, которое сочетает в себе преимущества как публичных, так и частных облаков. Структура гибридного облака состоит из двух частей: публичная часть включает ресурсы, предоставляемые сторонними провайдерами через внешнюю сеть, тогда как частная охватывает внутренние ресурсы компании, находящиеся под ее контролем [2]. Ключевым аспектом является интеграция и совместное управление обеими частями. С помощью единого интерфейса управления организации могут эффективно координировать рабочие нагрузки и данные между публичной и частной средами, изображенное на рис. 3.

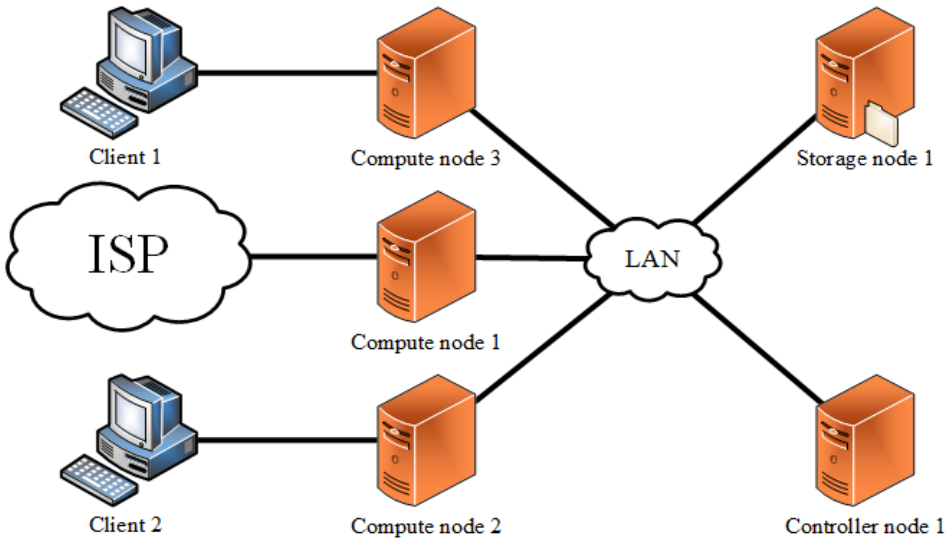


Рис. 3. Схема гибридного облака

Облако сообщества – это распределенная система, формируемая путем объединения сервисов разных облачных платформ для удовлетворения конкретных потребностей определенного сообщества, отрасли или коммерческой среды. Инфраструктура в этой облачной модели принадлежит субъекту, который предоставляет облачные сервисы, а не потребителю. В этой модели инфраструктура сообщества может использоваться несколькими организациями, которые сталкиваются с общими проблемами и задачами, что и изображено на рис. 4.

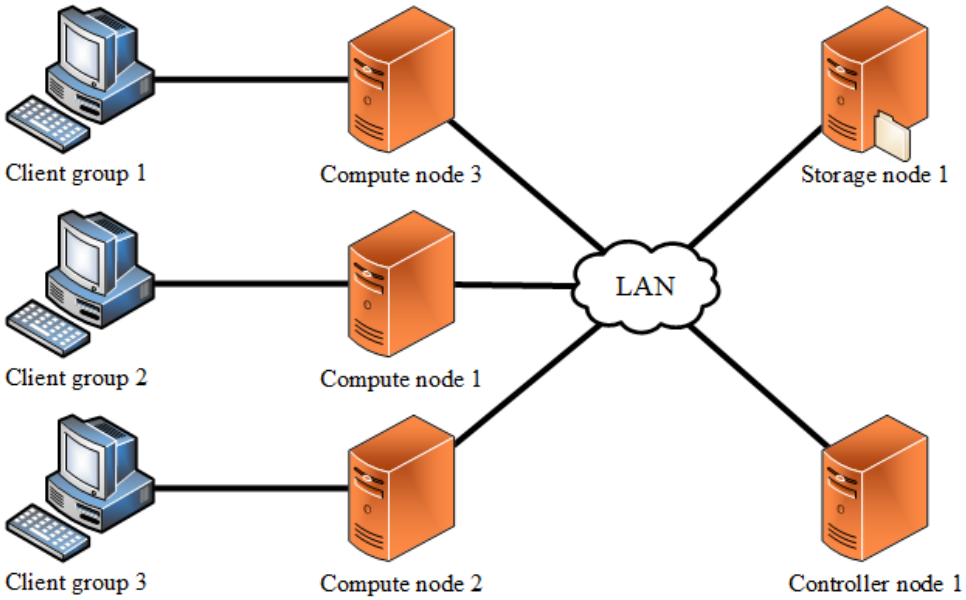


Рис. 4. Схема облака сообщества

Каждый из вариантов развертывания обладает преимуществами и недостатками. Чтобы наглядно продемонстрировать эти аспекты, информация будет представлена в табличной форме. В первую очередь важно определить ключевые критерии для оценки.

Начальная реализация – данный критерий отвечает за скорость и доступность в реализации построение системы или подготовки продукта, от него зависит то, насколько можно минимизировать затраты для развертывания данной системы. Публичная быстрее, потому что не требует администрирования инфраструктуры, остальные хуже так как требуют тщательной управления системой, без которой инфраструктура будет бездействовать.

Второй критерий возможность масштабирования систем, так как это ключевой фактор при построении облачных инфраструктур, это способность системы адаптироваться к изменению нагрузки, увеличивая или уменьшая ресурсы по мере необходимости.

Третьим критерием является гибкость – возможность системы адаптироваться к быстро меняющимся требованиям и возможностям без значительных изменений в инфраструктуре.

Экономический аспект является не менее важным, ведь от него зависит не только затраты на развертывание, но и эксплуатационные затраты на поддержку и модернизацию. В публичной системе развертывания облака низкие начальные экономические затраты из-за отсутствия необходимости тщательного управления системой. Частное облако является дорогостоящим решением не только из-за высокого уровня безопасности и контроля над данными, но и из-за необходимости поддержки инфраструктуры и высоких инвестиций в частное оборудование. Гибридная система комбинирует в себе лучшие стороны публичного и частного облаков, позволяя оптимизировать затраты и использовать частное облако для конфиденциальной информации, а публичное для решения менее критичных задач. Облако сообщества распределяет использование ресурсов между несколькими организациями для развертывания, что снижает общие затраты [3].

В рамках рассматриваемой работы критерии оценки безопасности являются основными. Поэтому были добавлены такие критерии как надежность и конфиденциальность. Быстро о каждом из них, надежность отвечает за стабильную работу системы, то есть функционирования инфраструктуры без сбоев. Конфиденциальность – это свойство, которое гарантирует, что информация будет доступна только тем лицам, которые имеют соответствующие разрешение на ее использование и получение.

В ходе детального анализа представленных моделей реализации облачных инфраструктур была составлена таблица, в которой просто и кратко отмечены основные преимущества и недостатки для различных моделей развертывания облачных инфраструктур, приведенные в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение методов реализации облачных инфраструктур

Критерии	Модели построения	Публичное облако	Частное облако	Гибридное облако	Облако сообщества
Начальная реализация		Высокая	Низкая	Низкая	Низкая
Масштабируемость		Высокая	Высокая	Высокая	Ограниченная
Гибкость		Высокая	Высокая	Высокая	Ограниченная
Экономические затраты		Низкие	Высокие	Высокие	Распределенная
Надежность		Низкая	Низкая	Высокая	Высокая
Конфиденциальность		Низкая	Высокая	Высокая	Высокая

Результатом анализа является итоговая таблица, позволяющая принять решение о модели развертывания облачной инфраструктуры, для конкретного производства или же деятельности индивидуальных предпринимателей. Публичная модель не требует больших инвестиций, дополнительной администрации инфраструктуры

и масштабируется в зависимости от необходимых требований, но имеет плохую безопасность и конфиденциальность данных. Частное облако обладает больших контролем над инфраструктурой, имеет лучшую конфиденциальность, но более экономически затратные [4]. Гибридное облако отличается хорошей гибкостью и масштабируемостью, что позволяет легко распределять ресурсы между частными и публичными облаками в зависимости от текущих потребностей, но из-за этого ими сложнее управлять и реализация такой инфраструктуры требует больших ресурсов. Облако сообщества экономически выгодно, позволяет использовать общие ресурсы нескольких организаций, но из-за этого сильно ограничивается масштабируемость системы и ее администрирование, из-за необходимости согласовывать любые изменения между всеми участвующими структурами. Результаты данной работы помогут не только в бизнес-решениях, но и в рамках обеспечения информационной безопасности, так как каждый критерий был детально рассмотрен и позволяет прогнозировать множество ситуаций, которые могут возникнуть при развертывания облачных инфраструктур. В заключение, важно подчеркнуть, что каждая модель подходит для конкретных условий и требований пользователей, удовлетворяя их уникальные потребности и критерии.

Список используемых источников

1. Антипко А. В. Облачные вычисления. Модели развертывания систем облачных вычислений / А. В. Антипко // Молодой ученый, 2023. № 6(453). С. 9–10. EDN PHYRFQ.
2. Наседкин П. Н. Облачные технологии в рамках сервисной модели оказания услуг по информационной безопасности / П. Н. Наседкин // Молодая наука Сибири, 2019. № 2 (4). С. 41–47. EDN BDNAGK.
3. Chunlin Li. Optimal scheduling across public and private clouds in complex hybrid cloud environment / Li. Chunlin, Li. Layuan // Information Systems Frontiers, 2017. Vol. 19, № 1. PP. 1–12. DOI 10.1007/s10796-015-9581-2. EDN BYBUDK.
4. Goyal, S. Public vs Private vs Hybrid vs Community - Cloud Computing: A Critical Review / S. Goyal // International Journal of Computer Network and Information Security, 2014. Vol. 6. № 3. PP. 20–29. DOI 10.5815/ijcnis.2014.03.03. EDN SPDHYN.

Pestov I., Smirnov D., Teryaev M., Chumakov I. **COMPARATIVE ANALYSIS OF CLOUD INFRASTRUCTURE DEPLOYMENT MODELS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In today's world, cloud infrastructures are the basis for implementing most applications and services. Organizational activities largely depend on the flexibility of the infrastructure and the availability of information. Therefore, for more effective platform management, the choice of an approach to implementing a cloud infrastructure is of great importance. Determining the appropriate type of infrastructure is a primary goal.

Key words: Cloud infrastructure, deployment models, flexibility, scalability.

УДК 004.772
ГРНТИ 49.38.49

ПРИМЕНИМОСТЬ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ОБНАРУЖЕНИИ СЕТЕВОЙ СТЕГАНОГРАФИИ

А. С. Салита
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире, многократно выросло количество атак с применением стеганографии. При этом стеганографию используют для обхода стандартных средств защиты и передачи вредоносного ПО. Методы стеганографии нельзя выявить стандартными средствами защиты ввиду их неприспособленности. А человеческий труд не применим, т.к. количество передаваемой информации велико. Поэтому было решено рассмотреть различные методы нейронных сетей на возможность их использования для выявления сетевой стеганографии.

нейронные сети, сетевая стеганография, сеть, передача данных

С развитием искусственного интеллекта и нейронных сетей средства безопасности стали выявлять более сложные атаки, а также цепочки атак, но все равно еще остаются такие атаки, которые современные средства защиты обнаружить не в состоянии. Например, инсайдер или злоумышленник, получивший доступ в закрытый контур предприятия, способен загрузить вредоносное ПО или передать какую-либо информацию без сработок системы защиты от утечек информации, антивирусов и т.п. просто вкладывая ее в определенные заголовки сетевых пакетов [1]. Стоит отметить, что просматривать каждый из заголовков пакетов или порядок их передачи человеком – не представляется возможным. Поэтому было решено исследовать нейронные сети на способность детектирования сетевой стеганографии.

Начнем с того, что существует несколько архитектур нейронных сетей, в зависимости от поставленной задачи:

1. Полносвязные (или плотные) сети (Feedforward Neural Networks). В этих сетях сигналы передаются строго в одном направлении, от входа к выходу. Данная архитектура хорошо подходит для задач классификации, регрессии и кластеризации.

2. Сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNNs). Особенно эффективны в обработке изображений, поскольку способны улавливать пространственные иерархии в данных.

3. Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Networks, RNNs). Подходят для работы с последовательными данными, такими как текст или временные ряды, благодаря способности учитывать предыдущие выходные данные в качестве части текущего входа.

4. Сети с долгой краткосрочной памятью (Long Short-Term Memory, LSTM). Вариант RNN, особенно хорошо подходящий для задач, требующих запоминания информации на длительные периоды [2].

5. Генеративно-состязательные сети (Generative Adversarial Networks, GANs). Состоят из двух сетей, «генератора» и «дискриминатора», которые обучаются в состязательном процессе. GANs часто используются для генерации реалистичных изображений.

Для решения задачи выявления стеганографических вложений необходимо определить, к какой задаче относится обнаружение сетевой стеганографии. Исходя из представленной выше классификации, первично можно не рассматривать сверточные и генеративно-состязательные сети, поскольку данные модели предназначены для обработки изображений, что не соотносится с поставленной задачей. Рекуррентные нейронные сети также не применимы в задаче обнаружения сетевой стеганографии, поскольку основной спектр решаемых задач – работа с текстом и временными рядами. Под работой с текстом предполагается работа с осмысленными предложениями, то есть область применения таких сетей – создание языковых моделей и прогнозирование числовых последовательностей. Сети с долгой краткосрочной памятью представляются как продолжение рекуррентных нейронных сетей, являясь в узком смысле их усовершенствованным вариантом. В данной архитектуры был сглажен главный недостаток RNN – проблема исчезающего градиента. Итого, методом исключения для решения поставленной задачи остается релевантной «классическая» модель полносвязных нейронных сетей. Несмотря на то, что архитектурно модель полносвязной сети едина, в зависимости от поставленной задачи алгоритмы, реализующие обучение модели, будут различаться в контексте поставленной задачи. То есть если выбран подход обучения с учителем, в зависимости от задачи будут использоваться разные методы, предоставляющие этот подход. Для модели полносвязной сети обычно ставят одну из трех задач: классификация, регрессия и кластеризация. Задача прогнозирования (регрессии) не подходит, поскольку поставленная цель – выявление непосредственно фактов сокрытия данных, однако данное направление имеет перспективу развития в виде прогнозирования использования стеганографических методов в конкретных каналах связи. Кластеризация близка к достижению поставленной задачи, однако данный метод также не подходит, поскольку в данной задаче группы для распределения не заданы явно и определяются в процессе работы системы [3-4]. Остается только задача классификации. Данная задача соответствует цели при построении бинарной структуры, то есть определения наличия факта сокрытия, или его отсутствия.

В результате исследования нейронных сетей можно сказать, что возможность обнаружения стеганографии существует, и решается как задача классификации для полносвязной сети. Бинарный классификатор должен анализировать поля заголовков протоколов сетевого и транспортного уровней и исходя из значений данных по-

лей принимать решение о наличии либо отсутствии в них данных, нехарактерных для обыденного сетевого обмена.

Обращаясь к анализу полей протоколов сетевого и транспортного уровней, можно выделить следующие поля для анализа. Для протокола UDP: Source port и Destination port. Для протокола TCP: Source port, Destination port, Urgent point, Acknowledgment Number, Window size, Reserved. Для протокола IPv4: Total length, Identification, Type of service, Fragment offset. Итого, выстраивается предварительная структура нейронной сети с 12 нейронами входного слоя, и с одним нейроном выходного слоя.

Базовые части нейронной сети, такие как входной и выходной слои определены, однако на данный момент такая сеть неработоспособна. Основные вычисления производятся в скрытом слое, куда поступают данные со входов, а далее с помощью преобразований весов нейронов и функции активации происходит вычисление итогового значения. Перед проектированием основного скрытого слоя необходимо определить параметры нормализации данных, функцию активации нейронов, порог принятия решения, выбрать стратегию обучения и алгоритм оптимизации. Описание выбора данных значений будут рассмотрены в последующих статьях.

Для сравнения применимости нейронных сетей для обнаружения сетевой стеганографии применим, описанную ранее, универсальную модель обнаружения стеганографии, которая представлена на рис. 1. Стоит отметить, что данная модель является универсальной лишь условно и позволяет обнаруживать стеганографию только в протоколах IP, TCP и UDP.

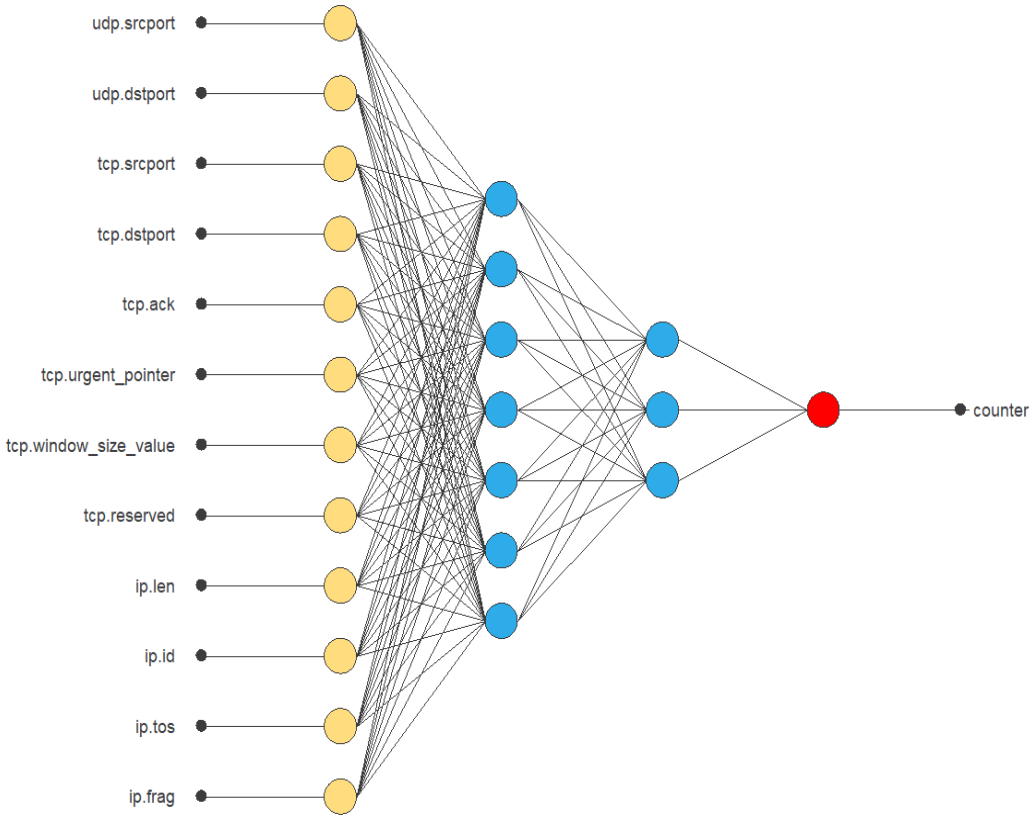


Рис. 1. Универсальная модель обнаружения сетевой стеганографии

Тестировать нашу модель будет на заранее подготовленных наборах данных. Такие наборы представляют собой снятые дампы реального трафика с вложенными данными. Первый набор представляет собой Команды интерпретатора sh, размером 1190 пакетов из которых – 395 со стеганографическими вложениями. Наша нейронная сеть обнаружила 396 пакетов, со стеганографическими вложениями, что говорит о высокой точности модели. Второй набор данных состоит из 41470 пакетов, из которых в 11499 пакетов был вложен осмысленный текст. Данная модель показала результат в 11504 выявленных стеганографических пакета [5-6].

На основе данных экспериментов можно сделать вывод, что нейронные сети пригодны для выявления сетевой стеганографии, при верном обучении моделей. Несомненным плюсом таких моделей является быстродействие, однако точность определения не является идеальной. Хоть количество ложных сработок меньше 1%, что является хорошим результатом, такой результат потребует большое количество человеческих ресурсов на анализ сработок. Следовательно, такие модели можно использовать только для блокировки сетевого трафика содержащего стеганографические вложения, поскольку потеря 1 % пакетов является приемлемой для сети.

Список используемых источников

1. Коржик В. И., Небаева К. А., Герлинг Е. Ю., Догиль П. С., Федянин И. А. / Цифровая стеганография и цифровые водяные знаки. // под общей ред. проф. В. И. Коржика. СПб., 2016. Т. 1 Цифровая стеганография.
2. Sharikov P. I., Krasov A. V., Gelfand A. M., Kosov N. A. / Research of the possibility of hidden embedding of a digital watermark using practical methods of channel steganography // Intelligent Distributed Computing XIII. 2019. С. 203–209.
3. Simmons G. J. / The prisoners' problem and the subliminal channel // In Chaum, D., ed.: Crypto '83. Advances in Cryptography, Plenum Press, 1983. 51–67.
4. Костырин А. С., Красов А. В. / Обзор возможностей реализации канальной стеганографии на основе протоколов сетевого и транспортного уровней модели OSI // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2017. Т. 2. С. 437–443.
5. Красов А.В., Степанов Е.И. / Практическое применение сетевой стеганографии на примере протокола ICMP // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2018. Т. 2. С. 510–513.
6. Sharikov P. I., Krasov A. V., Gelfand A. M., Kosov N. A. / Research of the possibility of hidden embedding of a digital watermark using practical methods of channel steganography // intelligent distributed computing xiii. 2019. С. 203–209.

Salita A. **APPLICABILITY OF NEURAL NETWORKS IN NETWORK STEGANOGRAPHY DETECTION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In today's world, the number of steganography attacks has increased manifold Steganography is used to bypass standard defences and to transmit malware Steganography techniques cannot be detected by standard defences due to their inadequacy and human labour is not applicable as the amount of information transmitted is large Therefore, it was decided to examine various neural network techniques to see if they can be used to detect network steganography

Key words: Neural networks, network steganography, network, data transfer.

Информационная безопасность компьютерных сетей

УДК 004.056.3
ГРНТИ 81.93.29

ОБЗОР КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ZERO TRUST В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Е. С. Алешина, И. Е. Пестов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Центры обработки данных (ЦОД) являются ключевой составляющей современной цифровой инфраструктуры, обеспечивая безопасное и надежное хранение и обработку данных для множества организаций по всему миру. В связи с увеличением значимости центров обработки данных, вопросы информационной безопасности являются особенно актуальными.

Одним из ключевых аспектов ИБ является система аутентификации, авторизации и учета. AAA (Authentication, Authorization, and Accounting) обеспечивает безопасный доступ к ресурсам ЦОД, гарантируя, что только авторизованные пользователи и системы могут получить доступ к данным и инфраструктуре центра.

ЦОД, ИБ, AAA, ZERO TRUST

Рассмотрим архитектуру сетевой безопасности (рис. 1). Шлюз безопасности (Security Gateway) выполняет функции VPN (Virtual Private Network), защиты от DDoS-атак (DDoS Protection), межсетевого экрана (Firewall) и системы предотвращения вторжений (IPS), обеспечивая безопасность и доступ к ресурсам для пользователей и сетей.

1. Шлюз безопасности (Security Gateway) – центральный элемент, который управляет доступом и безопасностью, защищает виртуальные машины (VM) и обеспечивает контроль доступа для пользователей и сетей.

2. Пользователи (User1 и User2) подключаются к шлюзу с использованием механизм AAA для проверки подлинности и предоставления нужного уровня доступа, обеспечивая тем самым безопасный доступ к ресурсам.

3. Сети (Network1 и Network2) подключены к этому шлюзу через VPN (Virtual Private Network) или физические сетевые интерфейсы, осуществляя защищенный обмен данными между разными сегментами.

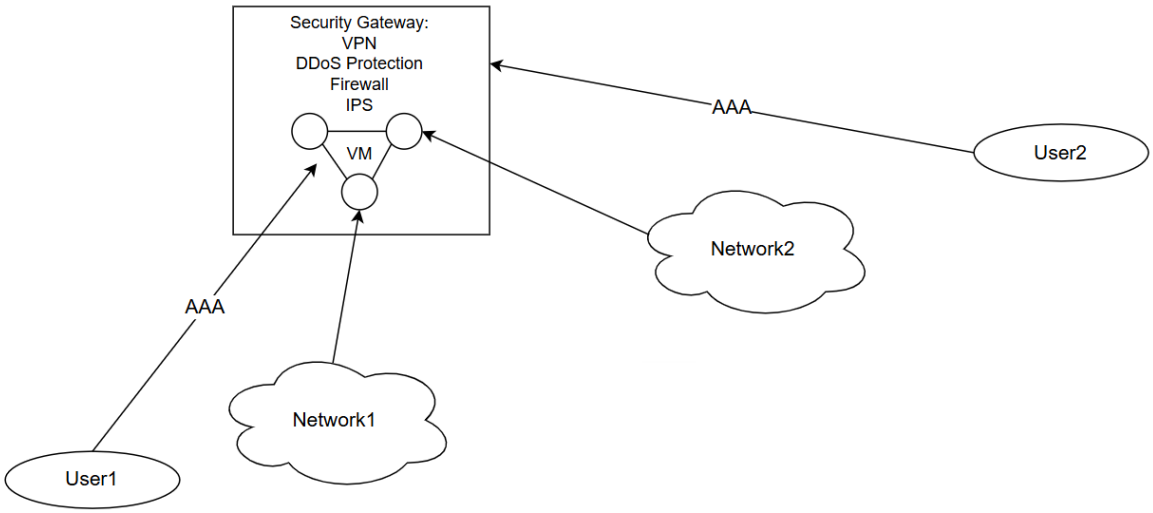


Рис. 1. Архитектура сетевой безопасности

Для обеспечения защиты данных в инфраструктуре ЦОД, шлюз безопасности осуществляет контроль доступа. Подключение пользователей и сетей через AAA позволяет минимизировать риски несанкционированного доступа. Однако для обеспечения более гибкой и многоуровневой безопасности необходимо дополнительно использовать специализированные методы аутентификации и защиты данных, чтобы предотвратить возможные угрозы. Рассмотрим три подхода, которые усиливают защиту при доступе к ресурсам ЦОД:

1. Аутентификация по IP-адресу (IP Address Authentication). Этот метод основывается на том, что только авторизованные IP-адреса могут получить доступ к ЦОД через шлюз безопасности. Однако, этот метод может быть обойден, если хакер использует поддельные IP-адреса или атакует через подключение, использующее несколько IP-адресов.

2. VPN (Virtual Private Network) с аутентификацией. VPN обеспечивает защищенное соединение между удаленными пользователями и ресурсами ЦОД, а встроенная аутентификация гарантирует, что доступ к этому соединению получают только авторизованные пользователи.

3. Zero Trust Security. Данный подход заслуживает особого внимания, так как предлагает наиболее комплексный подход к защите данных в условиях современных киберугроз, в отличие от традиционных моделей безопасности, которые исходят из предположения, что внутренние пользователи и устройства надежны, Zero Trust Security основан на принципе "никому не доверять", даже внутри сети. Этот подход требует, чтобы каждый пользователь, устройство или система аутентифицировались и авторизовались перед доступом к любым ресурсам ЦОД, независимо от того, находятся ли они внутри или вне сети.

Zero Trust Security – это концепция информационной безопасности, которая построена на строгих принципах минимизации прав и микро-сегментации, требуя обя-

зательной проверки подлинности, авторизации и постоянного мониторинга всех взаимодействий и транзакций в сети, независимо от местоположения пользователя, устройства или сервиса [1].

В рамках модели Zero Trust каждый запрос обрабатывается как потенциально небезопасный, даже если он исходит из внутренней сети, для этого существуют принципы и компоненты архитектуры Zero Trust:

1. Микро-сегментация и изоляция ресурсов. Для минимизации воздействия потенциальных угроз, Zero Trust сегментирует сеть на небольшие участки с индивидуальными политиками доступа. Это позволяет ограничивать доступ пользователей и устройств только к тем ресурсам, которые непосредственно связаны с их операционными задачами, что снижает радиус взлома [2].

2. Многофакторная аутентификация (multi-factor authentication, MFA) и непрерывная верификация. Одной из основ Zero Trust является использование MFA, которая требует нескольких независимых методов подтверждения личности пользователя. Непрерывная верификация позволяет мониторить текущие действия пользователя в режиме реального времени, что помогает выявить аномалии и блокировать потенциально вредоносные действия.

3. Контекстуальная авторизация. Доступ предоставляется не только на основании идентификации, но и с учетом таких факторов, как геолокация, тип устройства, поведенческий анализ, статус безопасности устройства и время запроса. Это позволяет адаптировать политику доступа в зависимости от уровня риска.

4. Модели на основе принципа наименьших привилегий и динамической политики. Zero Trust Security предполагает, что все права доступа пользователей и устройств формируются на основе строгого контроля, а также могут изменяться динамически в зависимости от текущих условий. Это ограничивает возможности атакующих, поскольку права доступа строго контралируются [3].

5. Постоянный мониторинг и анализ данных. Система активно отслеживает все активности и на основе обнаруженных аномалий может блокировать подозрительные действия в режиме реального времени. Zero Trust использует машинное обучение и алгоритмы поведенческого анализа для выявления угроз до того, как они смогут нанести вред системе.

6. Интеграция с SIEM и SOAR системами. Zero Trust архитектура часто интегрируется с решениями класса SIEM (Security Information and Event Management) и SOAR (Security Orchestration, Automation, and Response). SIEM позволяет централизованно собирать и анализировать данные о событиях безопасности, а SOAR автоматизирует выполнение ответных действий на инциденты. Вместе с Zero Trust это создает систему, которая позволяет оперативно реагировать на угрозы, анализировать их и предпринимать соответствующие меры [4].

Современные центры обработки данных должны быть защищены многоуровневыми системами безопасности. Использование таких технологий, как шлюз безопасности, VPN и аутентификация по IP-адресу, позволяет защитить данные и обеспечить доступ к ним только авторизованным пользователям и устройствам. Однако для полноценной защиты данных в условиях растущих киберугроз необходимо внедрение концепции Zero Trust Security.

Подход Zero Trust обеспечивает защиту за счет микро-сегментации, многофакторной аутентификации, контекстуальной авторизации и постоянного мониторинга. Это не только минимизирует риски несанкционированного доступа, но и позволяет оперативно выявлять и блокировать подозрительные действия. Интеграция Zero Trust с системами SIEM и SOAR создает систему, способную противостоять угрозам и адаптироваться к изменениям. Таким образом, внедрение Zero Trust необходимо для организаций, чтобы обеспечить надежную защиту своих данных и ресурсов в современной цифровой среде [5].

Список используемых источников

1. Ярочкин В. И., Информационная безопасность: учебник / 5-е изд. М.: Академический Проект, 2020.
2. Гельфанд А. М., Казанцев А. А., Красов А. В., Орлов Г. А. Исследование распределенного механизма безопасности для устройств интернета вещей с ограниченными ресурсами // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IX Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2020. Т. 1. С. 321–326. EDN GYBXPT.
3. Синельщиков, В. С. Защита персональных данных на предприятии / В. С. Синельщиков, А. Ю. Цветков // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. X Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2021. Том 1. С. 653–657. EDN LJICFU.
4. Гельфанд А. М., Казанцев А. А., Кузнецов С. А., Смирнов Д. Н. Области применения аналитики больших данных в критических информационных инфраструктурах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2022. Том 4. С. 438–440. EDN VCJXDG.
5. Савинов Н. В., Токарева К. А., Ушаков И. А. [и др.] Исследование модели сети ЦОД на основе политик Cisco ACI // Защита информации. Инсайд, 2019. № 4 (88). С. 32–43. EDN NRYZLU.

***Aleshina E., Pestov I.* OVERVIEW OF THE CONCEPT OF ZERO TRUST INFORMATION SECURITY IN DATA CENTERS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Data centers (DCs) are a key component of today's digital infrastructure, providing secure and reliable data storage and processing for a multitude of organizations around the world. With the increasing importance of data centers, information security issues are particularly relevant.
One of the key aspects of IS is the authentication, authorization and accounting system. AAA (Authentication, Authorization, and Accounting) provides secure access to data center resources, ensuring that only authorized users and systems can access the data and infrastructure of the center.
Key words: DC, Zero Trust, IS, AAA.

УДК 004.8
ГРНТИ 20.01.07

АВТОМАТИЗАЦИЯ КИБЕРЗАЩИТЫ В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ПРИЕМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Д. А. Андреева, И. Е. Пестов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Автоматизация киберзащиты центров обработки данных становится критически важной задачей в условиях роста объема данных и сложности инфраструктуры. Использование искусственного интеллекта повышает эффективность защиты, но также ставит новые вызовы в безопасности. В работе рассматриваются ключевые технологии искусственного интеллекта, применяемые для защиты данных, анализируются их преимущества и недостатки.

центры обработки данных, искусственный интеллект, автоматизация киберзащиты, кибербезопасность, угрозы безопасности

Введение

Современные центры обработки данных являются основой для хранения, обработки и управления большими объемами данных, что делает их важными для бизнеса и государственных структур. Однако с ростом количества данных и сложности инфраструктуры возрастает и количество кибератак, угрожающих безопасности информации. В таких условиях автоматизация киберзащиты с использованием искусственного интеллекта становится необходимой для эффективной защиты от угроз.

В этой статье рассматривается роль искусственного интеллекта в автоматизации киберзащиты, его преимущества и недостатки.

Роль искусственного интеллекта в автоматизации киберзащиты

Искусственный интеллект обладает способностью быстро анализировать большой объем данных, выявлению закономерностей и прогнозированию потенциальных угроз, что делает его незаменимым инструментом в области кибербезопасности [1]. В отличие от традиционных систем безопасности, которые могут опираться на правила и сигнатуры угроз, искусственный интеллект способен обучаться на новых данных и адаптироваться к новым видам атак, что особенно важно в условиях постоянно эволюционирующих киберугроз [2].

Технологии и методы искусственного интеллекта в киберзащите

Современные методы и технологии искусственного интеллекта [3, 4], применяемые для автоматизации киберзащиты в центрах обработки данных, включают:

1. Машинное обучение. Системы на базе машинного обучения позволяют выявлять аномальные активности на основе анализа больших объемов данных. Алгоритмы обучаются на исторических данных, что позволяет им распознавать нетипичные действия и вовремя сигнализировать о подозрительных активностях;

2. Глубокое обучение. Модели глубокого обучения помогают анализировать многоуровневые зависимости в данных. Например, они могут идентифицировать скрытые угрозы в сетевом трафике или поведении пользователей, которые достаточно сложно обнаружить традиционными методами;

3. Обработка естественного языка. Может использоваться для анализа текстовых данных, таких как отчеты о безопасности и предупреждения о новых угрозах, помогая специалистам быстрее ориентироваться в новых видах атак и угроз;

4. Анализ поведения пользователей. Системы поведенческого анализа фиксируют отклонения в действиях пользователей и автоматически реагируют на подозрительные события.

Преимущества киберзащиты с помощью ИИ

Главные преимущества использования искусственного интеллекта в автоматизации киберзащиты включают:

– ИИ способен анализировать большие объемы данных в режиме реального времени, что позволяет мгновенно обнаруживать и реагировать на атаки для предотвращения развития ущерба;

– искусственный интеллект может обучаться на новых данных и самостоятельно совершенствоваться, адаптируясь к изменяющимся условиям и новым видам угроз;

– использование искусственного интеллекта позволяет автоматизировать рутинные и трудоемкие задачи, такие как мониторинг сети, анализ логов и проверка файлов на наличие вредоносного ПО. Это приводит к снижению нагрузки на специалистов по кибербезопасности и освобождает их для решения более сложных задач;

– внедрение искусственного интеллекта в киберзащиту снижает риск ошибок, которые могут возникнуть по вине человека;

– алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать сложные признаки угрозы с высокой точностью, что позволяет сократить количество ложных срабатываний, которые часто возникают при использовании традиционных систем киберзащиты;

– искусственный интеллект может не только выявлять текущие угрозы, но и прогнозировать потенциальные атаки на основе анализа, что позволяет своевременно усилить защиту слабых мест [5];

– автоматизация киберзащиты с помощью искусственного интеллекта позволяет оптимизировать затраты на безопасность: сокращение потребности в ручном мониторинге и уменьшение последствий инцидентов безопасности помогает снизить расходы на безопасность и повысить экономическую эффективность центров обработки данных.

Недостатки киберзащиты с помощью ИИ

Использование искусственного интеллекта в автоматизации киберзащиты ЦОД включают следующие недостатки:

– эффективность искусственного интеллекта зависит от качества и объема данных для обучения. Пробелы или ошибки в данных могут привести к ложным срабатываниям и неверному распознаванию угроз;

– несмотря на высокую точность, ИИ может допускать ошибки, особенно при обнаружении новых или редких угроз безопасности;

– модели машинного обучения иногда сложно интерпретировать, что приводит к затруднению анализа причин возникновения угрозы и пониманию логики действий искусственного интеллекта;

– внедрение и поддержка искусственного интеллекта требуют больших затрат на программное обеспечение, оборудование и привлечение специалистов, а также обучения сотрудников;

– для работы искусственного интеллекта часто необходим доступ к большим объемам данных, включая конфиденциальные данные. При недостаточной защите это может привести к утечке информации;

– искусственный интеллект уязвим для атак, при которых злоумышленники манипулируют входными данными, чтобы обойти защиту (adversarial attacks). В результате система может не распознать угрозу или даже способствовать ее реализации;

– внедрение ИИ в существующие системы киберзащиты ЦОД может вызвать проблемы с совместимостью и потребовать серьезных изменений в инфраструктуре, что создает дополнительные риски и временную уязвимость системы безопасности в переходный период;

– для противостояния новым угрозам ИИ нуждается в регулярном обновлении, что требует значительных ресурсов. Без этого эффективность системы снижается, и она становится уязвимой к новым атакам.

Заключение

Использование искусственного интеллекта в киберзащите центров обработки данных представляет собой инновационный и перспективный подход к обеспечению безопасности. ИИ имеет большое количество преимуществ, но не стоит забывать о недостатках, которых также не мало.

Автоматизация киберзащиты с помощью ИИ дает большие возможности, но требует осторожного и продуманного подхода с учетом как преимуществ, так и возможных рисков. Оптимальным решением может стать комбинированная стратегия, при которой ИИ поддерживается специалистами по кибербезопасности – это позволит снизить риски и максимально использовать потенциал технологии.

Список используемых источников

1. Ахрамеева К. А., Виткова Л. А., Голузина Д. Р. Методы искусственного интеллекта и анализа распространения информации в ходе инцидентов и кризисов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IX Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2020. С. 422–426.
2. Красов А. В., Ягудин И. Р. Анализ активных сетевых атак: arp-spoofing и dns-spoofing // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2018. С. 520–526.
3. Савинов Н. В. и др. Исследование модели сети ЦОД на основе политик Cisco ACI // Защита информации. Инсайд, 2019. № 4. С. 32–43.
4. Десницкий В. А. и др. Защита информации в центрах обработки данных. 2019.
5. Десницкий В. А., Паращук И. Б. Методика выявления аномальных данных в беспроводных сенсорных сетях на основе методов искусственного интеллекта // Перспективные направления развития отечественных информационных технологий, 2020. С. 199–199.

Pestov I., Andreeva D. **AUTOMATING CYBER DEFENSE IN DATA CENTERS: USING AI, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Automating data center cybersecurity is becoming a critical task in the context of growing data volumes and infrastructure complexity. The use of artificial intelligence improves the effectiveness of protection, but also poses new security challenges. The paper examines key artificial intelligence technologies used for data protection, analyzes their advantages and disadvantages.

Key words: data centers, artificial intelligence, cyber defense automation, cyber security, security threats.

УДК 004.056
ГРНТИ 81.93.29

ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ СТЕГАНОГРАФИИ, ОСНОВАННОЙ НА КЛЮЧЕВОМ СЛОВЕ, В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

К. А. Ахрамеева, Т. С. Матрипула, Д. В. Сахаров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматриваются возможные модификации метода лингвистической стеганографии, основанного на ключевом слове и ключевой букве, позволяющие использовать его в социальных сетях наиболее эффективно. Внимание уделяется увеличению стойкости стегосистемы и возможным вариантам меток стегообъектов, сохраняя при этом высокий уровень защищенности данного метода относительно атак.

лингвистическая стеганография, ключевое слово, ключевая буква, стегообъект.

Одним из актуальнейших направлений развития информационных технологий является безопасность. В свою очередь, развитие безопасности состоит из поиска имеющихся уязвимостей и их дальнейшего устранения [1]. Стеганография – один из самых надежных способов сокрытия информации. Сокрытие самого факта передачи делает эту отрасль информационной безопасности, наиболее защищенной в связи со сложностью проведения стегоанализа [2].

Сложность стегоанализа заключается в том, что в истории существует не так много подтвержденных случаев использования стеганографии. Даже нашумевшие случаи, как теракт 11 сентября 2001 года или шпионский камень британских послов в России 2006 года, изначально воспринимались как фанатичные теории заговора, не имели доказательств, подтверждающих подлинность использования стеганографии, и получали словесные подтверждения спустя продолжительное время. Однако за счет сложности стегоанализа обеспечивается надежность передачи информации.

Особого внимания заслуживает лингвистическая стеганография. Вероятность обнаружения сообщения очень мала из-за огромного количества текстовой информации и отсутствия инструментов для стегоанализа в связи с необходимостью «человеческого присутствия» в системе. Наиболее безопасным являются способы с выбираемым или редактируемым покрывающим объектом [3]. К таким способам относят и метод с опорным или ключевым словом [4].

Основная идея метода лингвистической стеганографии с опорным словом заключается в использовании в тексте покрывающего объекта ключевое слово и клю-

чевую букву. В зависимости от расстояния между ними будет применяться одно из множества скрываемых сообщений, определяемых, как и ключ, заранее.

Метод является надежно защищенным относительно имеющихся атак по обнаружению на стегосистемы. Однако некоторые принципы делают затруднительным его использование в социальных сетях. Например, принцип распознавания стегообъекта на основании наличия ключевого слова.

Вместе с тем социальные сети являются подходящим стегоканалом для использования данного метода, так как большой поток информации – положительное условие для маскировки стегообъекта.

В этой статье предложены несколько способов модификации метода для того, чтобы его применение в социальных сетях стало наиболее практичным.

Социальные сети стали неотъемлемой частью жизни каждого человека. Так за прошлый год в России за месяц в среднем публиковалось около полутора миллиарда сообщений [5]. Это является положительным фактором для размещения в социальных сетях стегообъектов. В то же время, в социальных сетях активно развивается направление по противодействию распространения вредоносной информации [6, 7], что ставит задачу сокрытия стегосообщения в социальных медиа на новый уровень.

Для эффективного скрытия факта передачи информации можно использовать ложное распространение информации, называемое легендированием, или информационный мусор, представляющий из себя бесполезные излишние данные [8]. Вышеуказанные способы позволяют затруднить обнаружение стегообъекта, что обеспечивает сложность стегоанализа лингвистических методов.

Метод, основанный на опорном слове, успешно может быть реализован в социальных сетях. Алгоритм формирования стегообъекта одновременно с покрывающим объектом является основным преимуществом данного способа. Способ устойчив к атакам по обнаружению на основании известного стегообъекта, встроенного сообщения, покрывающего объекта [3, 9]. Повторные вложения одного и того же сообщения в покрывающий объект делает метод наиболее устойчивым к атакам по удалению [10].

Однако, используя данный метод в социальных сетях, становится труднореализуемым подобрать такое ключевое слово, которое не будет привлекать внимание при его частом использовании как внутри одного сообщения, так и в ряде нескольких.

К тому же ключевое слово часто будет встречаться в сообщениях, не представляющих из себя стегообъект. Для того, чтобы каждый раз не приходилось просчитывать расстояние между ключевым словом и ключевой буквой или же полностью отказываться от использования опорного слова в любых текстах, не являющихся стегообъектами, можно продумать другие варианты меток для распознания использования метода [11].

При использовании социальных сетей может повышаться риск угадывания ключевого слова. Наиболее удобная для восприятия и анализа текстовая информация, особенно если автор сообщений не использует легендирование, будет повышать шансы злоумышленника. Отдельное внимание стоит уделить, если последствия переданного сообщения будут оглашены или со временем станут известны посторонним, ведь тогда будет возможность узнать и вторую часть ключа – опорную букву.

Например, если в сообщениях передана информация о начале тревоги и это распространяется не только на адресата, то при обнаружении ключевого слова злоумышленник имеет информацию, необходимую для совершения атаки на основании известного стегообъекта.

Чтобы увеличить стойкость стегосистемы, стоит взяться за одну из двух составляющих ключа – буква или слово.

Первый из возможных вариантов – динамическое изменение ключевой буквы. Иными словами, участники стегосистемы могут договориться не просто о букве, а о системе ее подбора. Например, в определенный день использовать букву, номер которой равен сумме цифр полной даты, или для каждого дня месяца использовать номер этого дня с некоторым сдвигом на n шагов. В таком случае, даже если злоумышленник сможет узнать ключевое слово, у него не выйдет угадать ни букву, ни правило ее выбора.

Вторая составляющая ключа – слово. Одним из возможных вариантов совершенствования метода лингвистической стеганографии является использование сразу нескольких ключевых слов. Этот способ как снижает частоту использования определенного слова, теоретически тем самым уменьшая подозрительность всего стегообъекта, так и соответствует предотвращению атаки по удалению.

Для оптимизации отметок стегообъектов тоже можно предложить несколько вариантов. Принцип отметки по наличию ключевого слова вынуждает отказаться от использования ключевых слов в сообщениях, не являющихся стегообъектом. Этот факт может затруднять как выбор ключевого слова, так и формирование покрывающего объекта.

Самым простым методом отметки стегообъектов могут быть дополнительно прикрепляемые файлы, содержащие водяные знаки. Этот способ позволяет однозначно определить, что текст представляет из себя стегообъект, однако также водяные знаки могут привлечь внимание к сообщению.

Также возможен вариант ведения определенных условий, при которых ключевое слово будет приобретать свое значение. Например, ключевое слово будет действительным, если абзац, в котором оно используется, начинается с ключевой буквы.

Таким образом, мы будем заранее знать ключевое слово, но не каждое его употребление будет являться ключом, а только те, которые используются в абзацах, начинающихся на ключевую букву. Этот способ как упростит поиск ключа внутри стегообъекта, так и усложнит обнаружение ключевого слова.

Метод лингвистической стеганографии, основанный на опорном слове, является надежным выбором для обеспечения безопасности передачи скрываемого сообщения. В статье рассмотрены несколько возможных вариантов дополнения этого метода, усложняющие обнаружение ключевых слов и букв, но вместе с тем упрощающие обнаружение сообщения адресатом.

Указанные предложения не нарушают в социальных сетях имеющиеся преимущества, заключающиеся в сохранении жанровых и стилистических особенностях текста, сохраняются морфологические, синтаксические и пунктуационные средства [12]. Каждый из вариантов сохраняет устойчивость к атакам по обнаружению. Эти способы могут найти успешное применение в социальных сетях, представляющие из себя подходящие стегоканалы для успешной реализации методов лингвистической стеганографии.

Список используемых источников

1. Миняев А. А., Красов А. В. Методика оценки эффективности системы защиты информации территориально-распределенных информационных систем // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. № 3. С. 26–32.
2. Красов А. В., Штеренберг С. И. Разработка методов защиты от копирования по на основе цифровых водяных знаков внедряемых в исполняемые и библиотечные файлы // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. СПб.: СПбГУТ, 2013. С. 847–852.
3. Коржик В. И., Красов А. В. Цифровая стеганография: учебник // КНОРУС, 2023
4. Герлинг Е. Ю., Ахрамеева К. А. Метод лингвистической стеганографии, основанный на опорном слове // I-methods. 2019. №4. С. 1–9.
5. Черный В. Социальные сети в России: цифры и тренды, осень 2023. URL: https://brandanalytics.ru/blog/social-media-russia-autumn-2023/?ysclid=m3bvbhvzmw77885371 (дата обращения 15.11.2024).
6. Виткова Л. А., Сахаров Д. В., Голузина Д. Р. Модель вредоносной информации и ее распространителя в социальных сетях // Защита информации. Инсайд, 2020. № 3 (93). С. 66–72.
7. Виткова Л. А., Проноза А. А., Сахаров Д. В., Чечулин А. А. Проблемы безопасности информационной сферы в условиях информационного противоборства // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2018. С. 191-195.
8. Сахаров Д. В., Красов А. В., Ушаков И. А., Орлов Г. А. Защищенная модель программно-определяемой сети в среде виртуализации KVM // Электросвязь, 2020. № 3. С. 26–32.
9. Sharikov P. I., Krasov A. V., Volkogonov V. N. A study of the correctness of the execution of a class file with an embedded digital watermark in different environments // В сборнике: IOP Conference Series:

Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 52052
10. Савостьянчик В. В. Влияние активных атак на устойчивость стеганографической системы // SCIENCE TIME, 2017. № 10. С. 40–42.
11. Ахрамеева К. А., Федосенко М. Ю. Сравнительный анализ возможностей использования стеганографического программного обеспечения для скрытого обмена данными в сети интернет // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки, 2022. № 1. С. 37–43.
12. Гамидов Т. О., Виткова Л. А., Ковцур М. М. Разработка моделей и алгоритмов анализа данных для исследования хода инцидентов и кризисов в социальных сетях // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. № 2. С. 3–10.

Akhrameeva K., Matripula T., Sakharov D. **OPTIONS FOR USING THE KEYWORD-BASED LINGUISTIC STEGANOGRAPHY METHOD IN SOCIAL NETWORKS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses possible modifications of the linguistic steganography method based on a keyword and a key letter, allowing it to be used in social networks most effectively. Attention is paid to increasing the durability of the stegosystem and possible options for labeling stegobjects, while maintaining a high level of protection of this method against attacks.

Key words: linguistic steganography, keyword, key letter, stegobject.

УДК 004.056
ГРНТИ 81.93.29

РЕАЛИЗАЦИЯ ПЕНТЕСТ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТАНЦИЙ С СИСТЕМОЙ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Г. С. Блинов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная статья посвящена созданию пентест лаборатории для тестирования станций с системой защиты информации Secret Net LSP. Описываются этапы проведения тестирования безопасности, используемые инструменты и методология. Приводятся рекомендации по обеспечению безопасности и повышению устойчивости систем к компьютерным атакам.

информационная безопасность, пентест лаборатория, Secret Net LSP, несанкционированный доступ, тестирование безопасности.

Введение

Утечки информационных ресурсов, персональных данных ограниченного доступа и других конфиденциальных сведений могут привести к серьезным негативным последствиям для коммерческих и государственных организаций. Прямые убытки, связанные с раскрытием новейших технологических решений, конфиденциальной информации или коммерческих тайн, могут усугубляться имиджевыми или финансовыми потерями. В случае утечек персональных данных организации могут столкнуться со штрафами со стороны регуляторов информационной безопасности и компенсациями по судебным искам.

В связи с этим для обеспечения безопасного функционирования информационных систем в коммерческих и государственных структурах необходимо использовать сертифицированные средства защиты от несанкционированного доступа к информации. Одним из таких средств является Secret Net LSP, соответствующий российским стандартам и требованиям ФСТЭК России [1].

Цель данной работы – описать процесс создания пентест лаборатории для тестирования станций с Secret Net LSP и предоставить рекомендации по обеспечению их безопасности.

Описание системы Secret Net LSP

Secret Net LSP выделяется среди продуктов защиты информации благодаря соответствию российским стандартам и требованиям ФСТЭК России, что делает его подходящим для использования в отечественных организациях. Secret Net LSP сертифицирован для защиты данных, включая те, которые содержат государственную тайну, и может применяться в субъектах критической информационной инфраструктуры и органах государственной власти [2].

Secret Net LSP и входящий в его состав компонент – персональный межсетевой экран – предназначены для защиты от НСД серверов и рабочих станций, работающих под управлением ОС семейства Linux, и разграничения сетевого доступа в информационных системах.

Основные функции Secret Net LSP:

– контроль входа пользователей в систему, включая использование аппаратных средств защиты;

– разграничение доступа пользователей к защищаемым ресурсам (файлам, каталогам) компьютера;

– разграничение доступа к шинам USB, SATA, IEEE 1394 и подключаемым к ним устройствам;

– уничтожение (затирание) содержимого файлов и папок при их удалении с жестких дисков и внешних запоминающих устройств;

– очистка освобождаемых областей оперативной памяти компьютера;

– контроль целостности ключевых компонентов Secret Net LSP и объектов файловой системы;

– создание замкнутой программной среды для пользователей;

– межсетевое экранирование сетевого трафика;

– регистрация событий безопасности в журналах;

– контроль действий пользователей, связанных с доступом к файлам, устройствам и узлам вычислительной сети;

– проведение аудита действий субъектов (пользователей, процессов) с объектами файловой системы и аудита сетевых соединений.

Построение стенда для тестирования

Станции с Secret Net LSP в основном применяются в критических информационных инфраструктурах, поэтому важно обеспечивать их безопасность. Создание пентест лаборатории для тестирования таких станций позволяет выявить уязвимости до того, как они будут использованы злоумышленниками, что способствует предотвращению компьютерных атак. Для реализации тестирования необходимо создать специальный стенд. Он построен на виртуальной локальной сети 192.168.254.X/24, объединяющей виртуальные машины. Виртуальная машина SNS_Server выполняет функции сервера безопасности Secret Net Studio в составе домена domain1.local. ВМ LSP_Client служит клиентским компьютером для установки системы защиты информации Secret Net LSP. ВМ DC выполняет функции контроллера домена domain1.local. Виртуальная машина ARM_SNSAdmin функционирует как рабочее место администратора безопасности в составе домена domain1.local. ВМ Kali_Linux выполняет функции компьютера злоумышленника, в которой предварительно установлены необходимые инструменты (рис. 1).

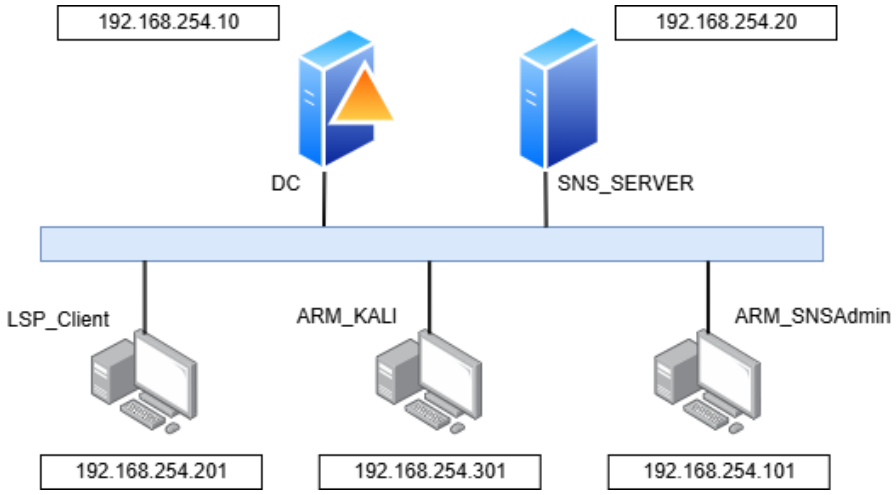


Рис. 1. Схема стенда

Инструменты и методы, используемые злоумышленниками

Злоумышленники для осуществления несанкционированного доступа и получения доступа к защищаемой информации используют различные инструменты. Одним из них является Metasploit Framework – фреймворк для работы с эксплойтами, тестирования уязвимостей и помощи в создании сигнатур для IDS [3]. Также часто применяются сетевые сканеры Nmap и его версия с графическим интерфейсом Zenmap. Использование этих инструментов объясняется тем, что информация о сетевых ресурсах доступна тем, кто имеет доступ к сети, и при недостаточных настройках безопасности можно определить тип устройства и его операционную систему [4]. Помимо Metasploit и Nmap, злоумышленники могут использовать и другие инструменты для проведения атак, такие как Wireshark для анализа сетевого трафика или John the Ripper для взлома паролей. Поэтому при проведении тестирования важно использовать комплексный подход, учитывая различные векторы атак.

Этапы проведения тестирования безопасности

Сканирование сети с использованием инструментов для обнаружения активных хостов и открытых портов позволяет выявить потенциальные точки входа для злоумышленников. Анализ уязвимостей с применением специализированных сканеров, таких как OpenVAS или Nessus, помогает обнаружить известные уязвимости в системе и приложениях. Попытки эксплуатации обнаруженных уязвимостей позволяют проверить эффективность защитных механизмов Secret Net LSP. Оценка результатов и разработка рекомендаций на основе анализа полученных данных способствует определению слабых мест в системе безопасности и предложению мер по их устранению.

Рекомендации по обеспечению безопасности станций с Secret Net LSP

Регулярное обновление программного обеспечения позволяет своевременно устранять известные уязвимости. Настройка политики доступа с применением принципа минимально необходимого доступа обеспечивает пользователям только те права, которые необходимы для выполнения их функций. Усиление аутентификации посредством использования сложных паролей и, при возможности, многофакторной аутентификации повышает безопасность доступа к критическим системам. Мониторинг и аудит с регулярной проверкой журналов событий безопасности помогают обнаруживать подозрительную активность и проводить аудит настроек безопасности [5]. Обучение персонала через проведение тренингов по вопросам информационной безопасности и осведомленности о современных методах социальной инженерии повышает общий уровень безопасности организации.

Заключение

Создание пентест лаборатории и проведение регулярных тестирований позволяют организациям своевременно выявлять и устранять уязвимости в своих информационных системах. Это значительно повышает уровень защиты конфиденциальных данных и снижает риски, связанные с возможными компьютерными атаками. В современном мире, где угрозы информационной безопасности постоянно эволюционируют, такой подход становится неотъемлемой частью стратегического планирования в области ИТ-безопасности.

Список используемых источников

1. Федеральная служба по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК России). URL: http://www.fstec.ru (дата обращения 01.11.2024).
2. Secret Net LSP. Описание продукта и его возможности. URL: http://www.securitycode.ru (дата обращения 01.11.2024).
3. Стасюк В. В. Методика разработки пентест лаборатории в распределенной информационной системе: магистерская диссертация: 05.13.19 / Стасюк Владислав Валерьевич. СПб, 2020. 15 с.
4. Nmap Security Scanner. URL: https://nmap.org/docs.html (дата обращения 01.11.2024).
5. ФСТЭК России Методический документ от 17 мая 2023 г. Руководство по организации процесса управления уязвимостями в органе (организации). URL: https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/metodicheskij-dokument-ot-17-maya-2023-g (дата обращения 01.11.2024).

Blinov G. **IMPLEMENTATION OF A PENETRATION TESTING LABORATORY FOR DOMESTIC STATIONS WITH AN INFORMATION PROTECTION SYSTEM.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article is dedicated to the creation of a pentest laboratory for testing stations equipped with the Secret Net LSP information protection system. It describes the stages of conducting security testing, the tools used, and the methodology. Recommendations are provided for ensuring security and enhancing system resilience against cyber attacks.

Key words: Information security, pentest laboratory, Secret Net LSP, unauthorized access, security testing.

УДК 004.838.2
ГРНТИ 28.23.37

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ В СЕТЕВОМ ТРАФИКЕ

Н. С. Жиглова, М. М. Ковцур, М. В. Петрова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Кибербезопасность является актуальной темой в современном обществе. С увеличением доступа к глобальной сети возрастает и угроза кибератак, что делает защиту данных и конфиденциальности пользователей критически важной. В данной работе представлены современные модели для обнаружения вторжений, которые осуществляют анализ сетевого трафика и компьютерной среды с целью выявления признаков вредоносной активности и аномалий.

IDS, машинное обучение, нейронная сеть, датасет

Чтобы фиксировать вредоносную активность, существуют системы обнаружения вторжений Intrusion Detection System (IDS), предназначенные для выявления проникновений киберпреступников в инфраструктуру и формирования оповещений безопасности.

IDS детектируют вредоносную активность используя один из методов:

– обнаружение по сигнатурам;

– обнаружение на основании аномалий [1];

– гибридный.

IDS, использующая метод обнаружения по сигнатуре, сравнивает сетевые пакеты с целью поиска паттернов, характерных для несанкционированного поведения. Однако эффективность осуществляется в отношении известных атак, поскольку используются ранее помеченные данные, распознать неизвестные атаки она не может и требует постоянного обновления базы данных. В свою очередь, IDS, которая использует метод обнаружения на основании аномалий, анализирует данные с целью распознавания ситуаций, отличающихся от нормального поведения сети. Такая способность достигается на основе ранее предоставленных данных, которые использовались для обучения определенного алгоритма. Описанный метод является перспективным, поскольку позволяет находить атаки нулевого дня, недостатком в данном случае является тот факт, что подобные методики характеризуются высоким уровнем ложноположительных срабатываний. Гибридный метод представляет собой комбинацию сигнатурного и аномального обнаружения, позволяя объединить преимущества обоих предыдущих решений, минимизируя результаты ложных срабатываний, а также повышая эффективность обнаружения известных атак [2].

Важной задачей, является разработка набора данных, используемого для обучения моделей обнаружения IDS. Ниже, в таблице 1, описаны те из них, которые чаще всего используются в сфере:

ТАБЛИЦА 1. Наборы данных

Датасет	Атаки	Уникальные значения	Общее количество записей	Ссылка
Bot-IoT	DoS, DDoS, Reconnaissance, Theft	43	3668045	[3]
N-BaIoT	Gafgyt combo, Gafgytjunk, Gafgytscan, GafgytTCP, GafgytUDP, Mirai ack, Mirai scan, Mirai syn, MirainUDP, and Mirai-Udpplain	115	7690875	[4]
CICIDS-2017	DoS Hulk, Port scan, DDoS, DoS GoldenEye, FTP-Patator, SSH-Patator, DoS Slowloris, DoS Slowhttptest, Bot, Web Attack Brute Force, Web Attack XSS, Infiltration, Web Attack SQL Injection, Heartbleed	83	2827876	[5]
UNSW-NB15	Generic, Exploits, Fuzzers, DoS, Reconnaissance, Analysis, Backdoor, Shellcode, Worms	49	2100003	[6]
IoT-23	Mirai, Hide & seek, Muhstik, IRCBot, Hakai, Hajime, Torli, torjan, Kenjiro, Okiru, Gagfyt	23	9761043	[7]

Для систем обнаружения вторжений применяются нейронные сети с архитектурой долгой краткосрочной памяти Long short-term memory (LSTM), которые могут использоваться для моделирования долгосрочных зависимостей трафика сетей. LSTM логически разделяется на 3 фильтра:

– забывания информации;

– добавления информации;

– выдачи информации.

Модель LSTM является идейной наследницей рекуррентной нейронной сети. Она способна обучаться долгосрочным зависимостям, чего не хватало рекуррентной сети для эффективного решения задач, требующих обработки и запоминания больших объемов информации [8].

В таблице 2 сравниваются различные часто используемые модели LSTM, рассматриваются наборы данных, которые были использованы для их обучения, а также дается оценка преимуществ и недостатков модели.

ТАБЛИЦА 2. Сравнение распространенных моделей LSTM

Год	Работа	Классификатор/ Датасет	Преимущества	Недостатки
2022	Cyber threats Detection in Smart Environment using SDN-Enabled DNN-LSTM Hybrid Framework [9]	Cu-DNNLSTM/ CICIDS-2018	1. Высокая точность 2. Низкий уровень ложных срабатываний	Система IDS не реального времени
2022	LBDMIDS: LSTM-based Deep Learning Model for Intrusion Detection Systems for IoT Networks [10]	LBDMIDS/ UNSW-NB15 Bot-IoT	1. Высокая точность	Система IDS не реального времени
2022	IoT Intrusion Detection System Based on LSTM Model [11]	LSTM/ CTU-13 + CICIDS-2017	1. Высокая точность 2. Низкий уровень ложных срабатываний	Требует высокой производительности процессра
2022	M-LSTM: Multiclass Long Short-Term Memory Approach for Detection of DDoS Attacks [12]	M-LSTM/ CICDDoS2019	1. Высокая точность 2. Низкий уровень ложных срабатываний	Система IDS не реального времени

Таким образом, в ходе анализа источников, были выделены современные модели нейронных сетей для проведения анализа сетевого трафика, приведены их основные преимущества и недостатки. Также, были рассмотрены открытые и наиболее популярные наборы данных для обучения и тестирования моделей.

Список используемых источников

1. Энциклопедия Касперского. URL: https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/ids-intrusion-detection-system/ (дата обращения 12.11.2024).
2. Drewek-Ossowicka A., Pietrołaj M., Rumiński J. A survey of neural networks usage for intrusion detection systems. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2020. V. 12. PP, 497–514.
3. Nour Moustafa. The Bot-IoT dataset // IEEE Dataport, 2019. URL: https://dx.doi.org/10.21227/r7v2-x988 (дата обращения 12.11.2024).
4. Yair Meidan M. B. Detection_of_IoT_botnet_attacks_N_BaIoT [Dataset] // UCI Machine Learning Repository, 2018. URL: https://doi.org/10.24432/C5RC8J (дата обращения 12.11.2024).
5. Iman Sharafaldin, Arash Habibi Lashkari, and Ali A. Ghorbani. CIC-IDS2017 [Data set]. Kaggle, 2022. URL: https://doi.org/10.34740/KAGGLE/DSV/4059877 (дата обращения 12.11.2024).

6. Moustafa N., Slay J. UNSW-NB15: a comprehensive data set for network intrusion detection systems (UNSW-NB15 network data set) // In 2015 Military Communications and Information Systems Conference (MilCIS) (pp. 1–6). 2015 Military Communications and Information Systems Conference (MilCIS). IEEE. URL: https://doi.org/10.1109/milcis.2015.7348942 (дата обращения 12.11.2024).
7. Garcia S., Parmisano A., Erquiaga M. J. IoT-23: A labeled dataset with malicious and benign IoT network traffic (Version 1.0.0) [Dataset]. Zenodo, 2020. URL: https://doi.org/10.5281/ZENODO.4743746 (дата обращения 12.11.2024).
8. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. Long Short-Term Memory // Neural Computation, 1997, 9(8), 1735‑1780. doi:10.1162/neco.1997.9.8.1735
9. Al Razib M. et al. Cyber threats detection in smart environments using SDN-enabled DNN-LSTM hybrid framework // IEEE Access. 2022. Т. 10. С. 53015-53026.
10. Saurabh K. et al. Lbdmids: LSTM based deep learning model for intrusion detection systems for IOT networks // 2022 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT). IEEE, 2022. С. 753–759.
11. Li W., Chang C. IoT intrusion detection system based on LSTM model // 2022 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Education (IC-ICAIE 2022). Atlantis Press, 2022. С. 1404-1409.
12. Gaur M. V., Kumar R. M-lstm: Multiclass long short-term memory based approach for detection of ddos attacks //Mathematical Statistician and Engineering Applications. 2022. Т. 71. № 3s2. С. 1375-1394.

Zhiglova N., Kovtsur M., Petrova M. **NEURAL NETWORKS FOR INTRUSION DETECTION IN NETWORK TRAFFIC.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Cybersecurity is an urgent topic in modern society. With increasing access to the global network, the threat of cyberattacks also increases, which makes protecting user data and privacy critically important. This paper presents the application of neural network technologies for intrusion detection, which analyze network traffic and the computer environment in order to identify signs of malicious activity and anomalies.

Key words: IDS, machine learning, neural network, dataset.

УДК 004.056.53
ГРНТИ 81.93.29

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОВЕРКИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ SOFTWLC

М. М. Ковцур, Н. Ф. Махмутова, Д. А. Радионовский, А. И. Черкашин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматривается разработка и внедрение системы автоматизации проверки выполнения лабораторных работ студентами, направленной на оптимизацию учебного процесса и повышение качества усвоения материала. Описание системы включает в себя механизмы автоматической выдачи заданий, которые адаптируются под уровень знаний и навыков студентов. Особое внимание уделяется процессу проверки корректности настройки заданных параметров, что позволяет не только сократить время на оценку работ, но и обеспечить обратную связь для обучающихся. Результаты экспериментов показывают, что внедрение данной системы способствует улучшению успеваемости и повышению интереса студентов к практическим занятиям. Статья также обсуждает потенциальные направления для дальнейших исследований и развития системы, включая интеграцию с образовательными платформами и отечественными разработками.

автоматизация, softWLC, настройка, информационная безопасность, беспроводные сети

Современное образование сталкивается с рядом вызовов, связанных с увеличением объемов информации, разнообразием учебных материалов и необходимостью адаптации к индивидуальным потребностям студентов. В условиях стремительного развития технологий и цифровизации образовательного процесса автоматизация становится неотъемлемой частью эффективного обучения. Она позволяет оптимизировать рутинные задачи, освобождая время преподавателей для более творческой и индивидуализированной работы со студентами [1]. Поэтому сделан вывод о необходимости автоматизации процесса проверки лабораторных работ.

Модуль должен решать такие задачи, как постановка индивидуального задания для студента, а также контроль выполнения поставленного задания. Кроме этого, модуль должен работать на той же виртуальной машине, что и SoftWLC [2].

Архитектура модуля представлена на рисунке 1.

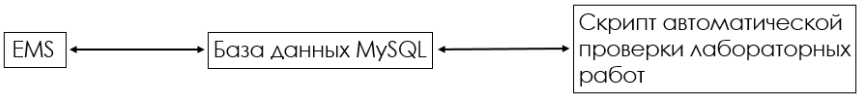


Рис. 1. Архитектура модуля

На рисунке 2 приведена более подробная схема работы скрипта для автоматической проверки лабораторных работ на основе softWLC.

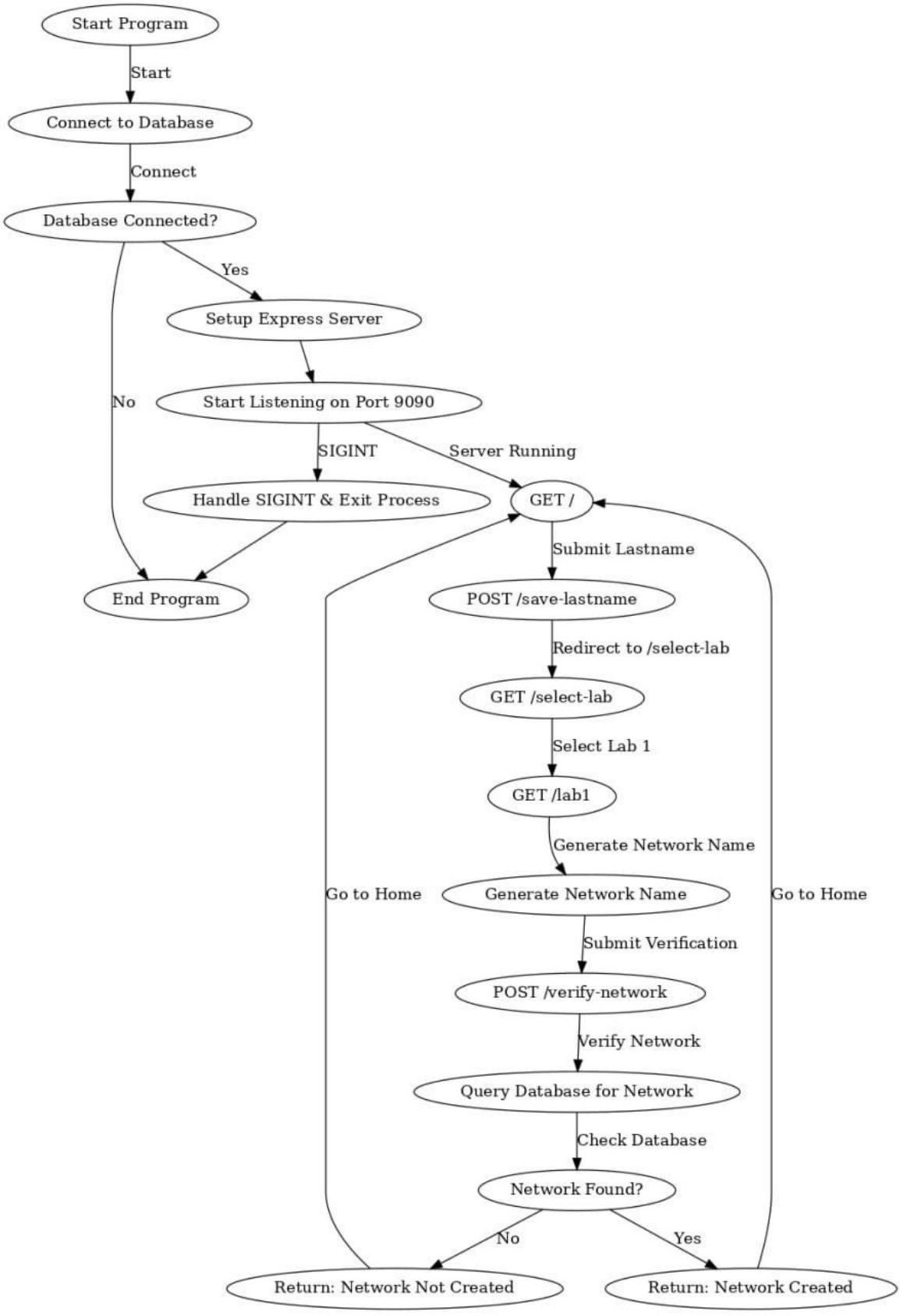


Рис. 2. Алгоритм проверки корректной настройки SSID студентом в рамках лабораторной работы 1

В рамках разработки системы автоматизации выполнения лабораторных работ создан дополнительный модуль, реализованный на JavaScript с использованием протокола HTTP [3]. Выбор языка программирования и протокола обусловлен простотой реализации и высокой производительностью, что особенно важно для образовательных приложений, требующих быстрой обработки данных и обратной связи с пользователями. Модуль функционирует на порту 9090, что позволяет избежать конфликтов с другими службами и обеспечивает доступность для студентов и преподавателей [4, 5]. Основные этапы модуля включают в себя следующие этапы: формулирование заданий, проверка их выполнения, запись в базу данных, которые далее рассмотрены подробнее.

На рисунке 3 представлено меню для выбора студентом лабораторной работы.



Рис. 3. Настройка softWLC

1. Выдача заданий. После генерации задания, модуль отправляет его студенту через веб-интерфейс, как показано на рис. 4 [6]. В задание входит создание сети и точек доступа на softWLC и подключение к ним.

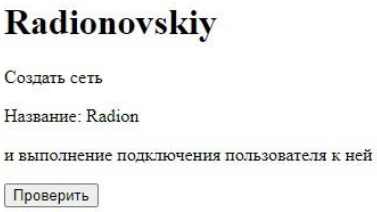


Рис. 4. Выдача задания студенту

2. Проверка выполнения заданий. После того как студенты выполнят задание, разработанный модуль просматривает базу данных контроллера и ищет сеть с указанным названием и характеристиками, как показано на рис. 5. Модуль анализирует полученные данные и проверяет их на корректность.

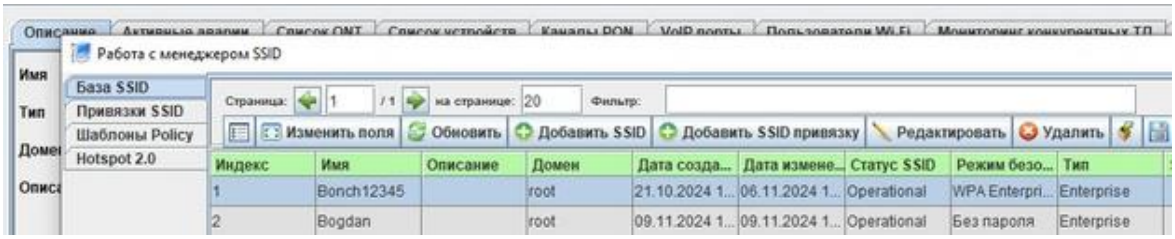


Рис. 5. Проверка созданных сетей

3. Вывод результатов. После проверки выполнения задания, модуль выдает результат в формате «сеть создана» (рис. 6) при успешном выполнении, или «сеть не создана» при невыполнении задания, как показано на рис. 7.



Рис. 6. Пример выполненного задания



Рис. 7. Пример невыполненного задания

Таким образом, автоматизация выполнения лабораторных работ представляет собой важный шаг к улучшению качества образования. Система, способная адаптироваться к уровню знаний и навыков учащихся, способствует более глубокому усвоению материала и повышению мотивации к учебе [7]. Кроме того, автоматизация процессов проверки и оценки позволяет сократить время, затрачиваемое на административные задачи, и сосредоточиться на развитии критического мышления и практических навыков студентов.

Список используемых источников

1. Герлинг Е. Ю., Кузнецов А. А., Зебзеев Е. А., Черемнов Д. А. Исследование библиотек для получения сведений о WLAN 802.11 в Python // Вопросы науки, 2024. № 2. С. 11–14.
2. Штеренберг С. И., Ушаков И. А., Скорых М. А. Исследование проблем построения доверенной среды передачи. Санкт-Петербург, 2024.
3. Сокол В. Е., Ушаков И. А., Красов А. В., Черепанов С. В. Основы сетевых технологий Учебник / Том Часть 1. Санкт-Петербург, 2023.
4. Махмутова Н. Ф., Киструга А. Ю., Ковцур М. М. WIPS как основа защиты беспроводной корпоративной сети // REDS: телекоммуникационные устройства и системы. Москва, 2024. С. 56-60.
5. Kovtsur M., Minaev A., Abramenko G., Khramtsov D. Investigation of Attacks and Methods of Protection of Wireless Networks During Authorization Using the IEEE 802.1x Protocol // ICFNDS 2021: The 5th International Conference on Future Networks & Distributed Systems. 2021.
6. Гордейчик С. В., Дубровин В.В. Безопасность беспроводных сетей. Москва: Горячая линия-Телеком, 2008. 158-166с.
7. Ковцур М. М., Киструга А. Ю., Ворошнин Г. Е., Федорова А. Э. Исследование атак authentication failure и ARP inject и методов их обнаружения в сетях семей ства IEEE 802.11 // Информационные технологии и телекоммуникации. 2021. Том 9. № 1. С.87–98. DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-1-87-98.

Kovtsur M., Radionovsky D., Makhmutova N., Cherkashin A. **AUTOMATION OF LABORATORY WORK VERIFICATION BASED ON SOFTWLC.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses the development and implementation of a system for automating laboratory work by students aimed at optimizing the educational process and improving the quality of learning. The description of the system includes automatic assignment mechanisms that adapt to the level of knowledge and skills of students. Special attention is paid to the process of verifying the correctness of the settings of the specified parameters, which allows not only to reduce the time for evaluating the work, but also to provide feedback for students. The results of the experiments show that the implementation of this system helps to improve academic performance and increase students' interest in practical classes. The article also discusses potential areas for further research and development of the system, including integration with educational platforms and domestic developments.

Key words: automation, softWLC, configuration, information security, wireless networks.

УДК 004.056.53
ГРНТИ 49.33.29

ОБЗОР АКТУАЛЬНЫХ АТАК И УЯЗВИМОСТЕЙ СЛУЖБЫ DNS

М. М. Ковцур, А. А. Миняев, А. Е. Платонов, М. А. Скорых
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современный Интернет не мог бы существовать без службы DNS. Преобразовывая домены в IP-адреса, данная служба позволяет легче находить сайты, позволяя пользователям беспрепятственно искать информацию. Концепт был разработан в 1983 году, и с данного времени какие-либо существенные изменения не вносились. Благодаря этому, у протокола есть ограничения, которые могут быть использованы злоумышленниками. В данной статье будут рассмотрены основные атаки на DNS.

DNS, информационная безопасность, безопасность телекоммуникационных систем

Протокол DNS используется повсеместно, и иногда в некоторых организациях проблемам его защиты не уделяется достаточно внимания. В исследовании IDC [1], приводится статистка, что 90 процентов опрошенных компаний подвергались атакам на DNS один и более раз. Средняя стоимость убытков от атак составляет 1,1 миллиона долларов, среднее количество атак на организацию составляет 7,5 раз. В отчете Cloudflare за 2023 год [2], треть DDoS-атак (Distributed denial of service) было произведено с использованием DNS, статистика приведена на рис. 1.

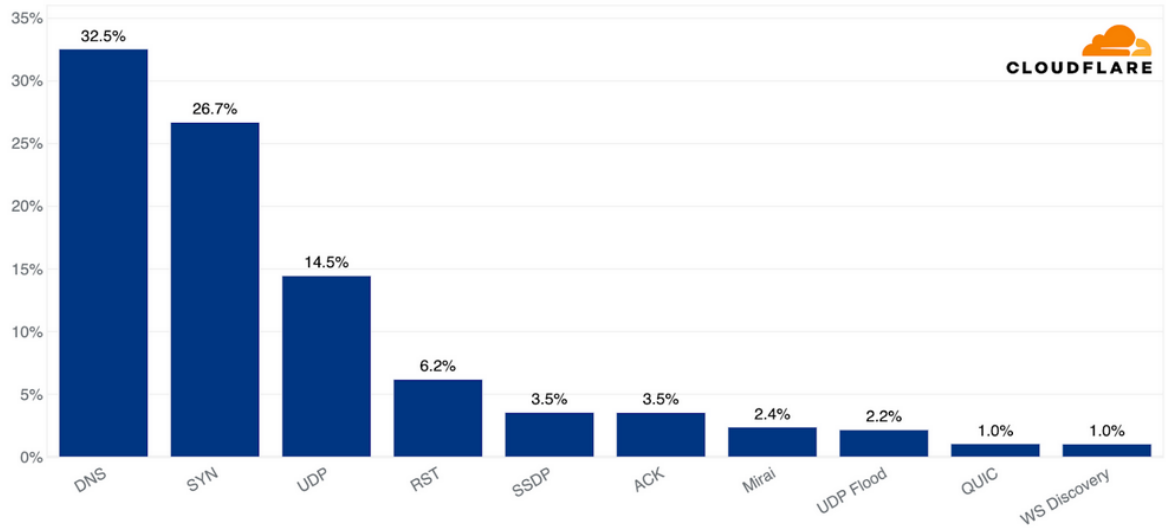


Рис. 1. Статистика векторов DDoS-атак [2]

В настоящее время известны следующие сценарии реализации атак:

1. Rogue DNS – при данном варианте эксплуатации ограничения протокола DNS, злоумышленник использует либо существующий DNS-сервер [3], либо создает свой собственный. Далее создаются записи, которые перенаправляют с доверенных сайтов на сайты, созданные злоумышленником. Таким образом, жертва, не подозревая, что DNS-сервер, к которому она обращается, является нелегитимным, может быть перенаправлена на фишинговый сайт, маскирующийся под настоящий. Пример такой атаки приведен на рисунке 2.

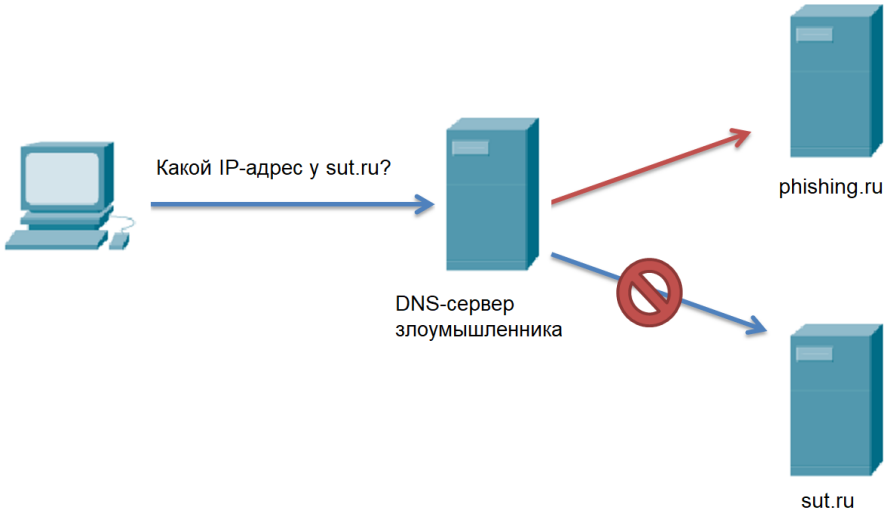


Рис. 2. Пример атаки Rogue DNS

2. DNS cache poisoning. В этом случае атака проводится, используя ограничения протокола DNS, на кеширующий сервер. Данный тип сервера создан для ускорения обработки запросов к DNS серверам. Так как он является звеном в цепи передач ответа от DNS сервера к конечному устройству, он может сохранять переданные ответы, и в случае повторного запроса доменного имени, возвращает ранее полученное значение. Если на сервере неправильно выставлены настройки аутентификации сервера, то злоумышленник может заполнить кэширующий сервер ложными значениями, и при запросах пользователей, выдавать ложные IP-адреса.

3. DNS-amplification. Данный метод атаки использует уязвимость в основном принципе сервиса DNS- открытости. В сети Интернет существуют сервисы, обрабатывающие запросы о DNS-доменах для любого пользователя. При использовании определенных флагов, злоумышленники могут добиться от таких сервисов ответов, размеры которых будут в 50 раз больше, чем запрос. Подделав большое количество заготовленных запросов от IP-адреса жертвы, злоумышленники обманным способом заставляют инфраструктуру провайдера посылать огромные объемы бесполезного трафика на IP-адрес жертвы, что может привести к сбоям в штатной работе устройств и недоступности сайтов для пользователей [4].

4. DNS tunneling. Эта уязвимость протокола DNS используется злоумышленниками для передачи информации скрытым способом, посредством запросов к DNS-

серверам. В сетях организаций могут быть выставлены правила для межсетевых экранов и ограничения для передачи данных, но DNS-запросы часто упускаются из виду при принятии мер защиты информации [5, 6]. Злоумышленники инкапсулируют данные в DNS-запросы, позволяя создавать туннель между устройством жертвы и собой. Далее, злоумышленник может использовать такой туннель для передачи команд, либо для эксфильтрации ценной информации организации.[7] Пример такой атаки приведен на рисунке 3.

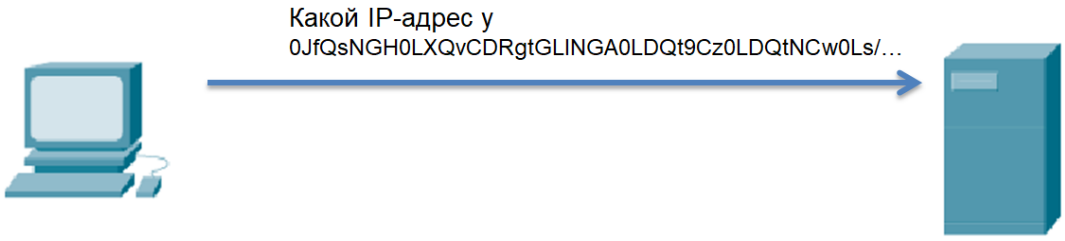


Рис. 3. Пример атаки DNS tunneling

5. DGA-Domain generation algorithm является методом коммуникации вредоносного программного обеспечения с компьютером злоумышленника. Вредоносное ПО генерирует большое количество доменных имен и пытается к ним подключиться. Алгоритм используется для сокрытия настоящих доменных имен, так как если вместо данного способа, злоумышленник использовал бы заранее подготовленный список, то противоборствующей стороне потребовалось бы заблокировать только небольшую часть, по сравнению с объемами, генерируемыми вредоносным ПО.

6. DNS-TXT. Данный механизм изначально предназначен для хранения текстовой информации, связанной с доменом, но также может являться уязвимостью, которая может быть использована злоумышленниками для проведения атак. Зарегистрировав домен, злоумышленник может записать в поле TXT зашифрованную строку, например PowerShell. Компьютер жертвы, зараженный вредоносным программным обеспечением, запрашивает значение поля TXT домена злоумышленника, и получает зашифрованную строку, которую впоследствии расшифровывает и выполняет.

Все приведенные выше атаки можно категорировать по целям атак, преследуемым злоумышленниками:

– перехват трафика – Rogue DNS, DNS cache poisoning.

– организация канала управления – DNS tunneling, DGA, DNS –TXT.

– DDoS-атака – DNS-amplification.

В результате исследования можно сделать вывод, что протокол DNS имеет определенные ограничения и уязвимости, которые могут быть использованы зло-

умышленниками для проведения атак. Приоритетным направлением предполагается разработка алгоритмов для детектирования атак посредством данного протокола.

Список используемых источников

1. 2023 Global DNS Threat Report. URL: https://efficientip.com/wp-content/uploads/2023/09/IDC-2023-DNS-Threat-Report.pdf/ (дата обращения 09.11.2024).
2. DDoS threat report for 2023 Q2. URL: https://blog.cloudflare.com/ddos-threat-report-2023-q2/ (дата обращения 09.11.2024).
3. Ковцур М. М., Герлинг Е. Ю., Коновалова В. В., Киструга А. Ю., Исследование способов удаленного перехвата трафика в корпоративных сетях // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки, 2021. № 4. С. 68–75.
4. Лаврова Д. С., Попова Е. А., Штыркина А. А., Штеренберг С. И. Предупреждение DoS-атак путем прогнозирования значений корреляционных параметров сетевого трафика // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы, 2018. № 3. С. 70–77
5. Сахаров Д. В., Красов А. В., Ушаков И. А., Бирих Э. В. Моделирование защищенной масштабируемой сети предприятия с динамической маршрутизацией на основе ipv6 // Защита информации. Инсайд, № 1 (91). 2020. С. 51–57
6. Ковцур М. М., Коновалова В. В., Мисливский Б. С., Михайлова А. В., Акилов М. В. // Разработка методики удаленного мониторинга трафика в корпоративных сетях Заметки ученого, 2021. № 6–1. С. 27–31.
7. Миняев А. А., Моисеев В. М., Скорых М. А. Анализ сетевого трафика при различных видах эксфильтрации данных// Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция Сб. науч. ст. в 4 т. СПб: СПбГУТ, 2023. С. 669–676.

***Kovtsur M., Minyaev A., Platonov A., Skorykh M*. OVERVIEW OF CURRENT DNS ATTACKS AND VULNERABILITIES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The modern Internet could not exist without the DNS service. By converting domains into IP addresses, the service makes it easier to find sites, allowing users to search for information seamlessly. The concept was developed in 1983, and no significant changes have been made since then. Due to this, the protocol has limitations that can be exploited by attackers. In this article, we will discuss the main attacks on DNS.
Key words: DNS, Information Security, Telecommunications Security.

УДК: 004.056
ГРНТИ: 81.93.29

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА, УПРАВЛЕНИЯ УЯЗВИМОСТЯМИ И РАССЛЕДОВАНИЯ ИНЦИДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНДА НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н. С. Миноченков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Настоящая статья посвящена разработке и использованию многофункционального зонда для информационной безопасности, построенного на базе одноплатного компьютера Orange Pi 5 с операционной системой Armbian. Обсуждаются аспекты его применения в мониторинге сетевого трафика, управлении уязвимостями, предотвращении атак и расследовании инцидентов. Приведены основные этапы настройки и использования зонда, который может интегрироваться в сетевую инфраструктуру, повышая ее устойчивость к угрозам.

информационная безопасность, Orange Pi 5, Armbian, мониторинг, уязвимости, расследование инцидентов.

В условиях растущих угроз информационной безопасности, обеспечение защиты сетевых инфраструктур требует современных и доступных решений. Одноплатный компьютер Orange Pi 5, работающий под управлением Armbian, является универсальной платформой для создания многофункционального зонда, способного выполнять мониторинг, управлять уязвимостями и проводить расследования инцидентов.

Orange Pi 5 оснащен 8-ядерным процессором Rockchip RK3588 и поддерживает до 32 ГБ оперативной памяти, что делает его подходящим для обработки сетевого трафика и выполнения сложных задач безопасности. Наличие множества интерфейсов позволяет использовать его для мониторинга и анализа трафика в реальном времени. ОС Armbian предоставляет оптимизированную для одноплатных компьютеров среду с инструментами для настройки сети и безопасностью (рис. 1).

Так же в Orange Pi 5 есть требуемый набор интерфейсов для подключения периферийных устройств и сетей, таких как гигабитный Ethernet, порты USB 3.0, HDMI и слот для карт памяти micro SD, при этом имеется возможность подключения и использования SSD M2 диска для размещения ОС и ПО, таким образом повышая производительность и высвобождая MicroSD разъем для доругих задач. Универсальность набора устройств позволяет интегрировать платформу в разные сетевые инфраструктуры и использовать в качестве основного элемента для мониторинга и анализа трафика.



Рис. 1. Одноплатный компьютер *Orange Pi 5*

Зонды на базе одноплатной платформы Orange Pi 5 и операционной системы Armbian могут осуществлять мониторинг сетевого трафика – основной элемента информационной безопасности. Реализация такой системы включает в себя несколько этапов, установку и настройку необходимого программного обеспечения, сбор, анализ данных и визуализацию результатов мониторинга [1].

Для мониторинга сетевого трафика на Orange Pi 5 можно использовать ряд инструментов с открытым исходным кодом, такие как Wireshark, tcpdump, Suricata. Все эти программы могут быть установлены на Orange Pi 5 через репозиторий Armbian с помощью пакетного менеджера apt. Совместно с зондом могут применяться устройства ответвления трафика Ethernet Suriken [2].

Далее после установки ПО нужно настроить и запустить мониторинг для перехвата всех отправленных и полученных пакетов. Для этого можно использовать Wireshark или tcpdump. Эти утилиты фильтруют трафик по различным критериям (IP-адрес, протокол, порт), что облегчает анализ и снижает нагрузку на систему.

Suricata можно настроить для работы в режиме анализа и предупреждения. Она поддерживает создание правил для обнаружения подозрительных паттернов в трафике, таких как попытки сканирования портов или атаки с использованием известных уязвимостей [3].

Для анализа и визуализации данных, собранных с помощью зонда, можно использовать интеграцию с внешними системами или инструментами, такие как Grafana и Elastic Stack (ELK).

Автоматизации мониторинга и оповещения о критических событиях зонд можно настроить для отправки уведомлений при обнаружении угроз или аномалий в трафике. Тут помогут системы управления событиями, такие как Zabbix или Nagios, которые могут интегрироваться с Suricata и другими инструментами мониторинга.

Управление уязвимостями начинается с регулярного сканирования сети на наличие уязвимых точек, с использованием OpenVAS или Lynis. Обнаруженные уязвимости классифицируются по уровню критичности для дальнейшего приоритета устранения. Использование патч-менеджмента позволяет своевременно устранять выявленные уязвимости [4].

Предотвращение атак является одним из этапов защиты после выявления и устранения уязвимостей. Для этого можно использовать такие методы как системы предотвращения вторжений (IPS), межсетевые экраны (Firewall), анализ логов и реагирование.

Системы предотвращения вторжений (IPS) на базе Orange Pi 5 можно настроить с использованием Suricata, которая может работать как в режиме обнаружения атак (IDS), так и в режиме их предотвращения (IPS). Suricata анализирует сетевой трафик в реальном времени, выявляет подозрительные активности и может автоматически блокировать вредоносные пакеты.

Так же один из вариантов – это межсетевые экраны (Firewall). Межсетевые экраны (например, iptables или nftables) позволяют контролировать входящий и исходящий трафик на основе заданных правил. Это помогает ограничить доступ к критическим ресурсам сети и минимизировать риски от внешних угроз. Настройка правил firewall на Orange Pi 5 может включать блокировку несанкционированных подключений, фильтрацию трафика по IP-адресам и портам, а также контроль исходящего трафика.

Сбор и анализ логов сетевой активности и системных событий помогает обнаруживать подозрительные действия. Инструменты, такие как Fail2Ban могут автоматически блокировать IP-адреса, с которых проводятся подозрительные попытки входа, предотвращая атаки с подбором паролей. Интеграция с системой логов rsyslog и инструменты анализа, такие как Elastic Stack (ELK), позволят быстро выявлять подозрительные активности и реагировать на них.

Для успешного расследования инцидентов важно собирать как можно больше информации о событиях в системе и в сети. Многофункциональный зонд на базе Orange Pi 5 позволяет организовать сбор данных в режиме реального времени с использованием нескольких подходов таких как логирование системных событий, анализ сетевого трафика и использование систем обнаружения вторжений (IDS).

Сбор журналов играет важную роль в расследованиях, он записывает каждое действие в системе. Такие инструменты, как rsyslog и journald, используются для сбора и хранения журналов, которые фиксируют данные о входах в систему, сетевой активности, запусках приложений и других системных событиях. Эта информация помогает определить момент возникновения атаки, отследить ее источник и понять ее природу. Журналы можно настроить для отправки на центральный сервер или интегрировать с системами управления журналами Elastic Stack (ELK).

Использование систем обнаружения вторжений (IDS) с помощью инструмента Suricata, он используется для мониторинга трафика в реальном времени и автоматического обнаружения подозрительных действий. Suricata регистрирует инциденты, связанные с атаками, и сохраняет их для анализа. Эти журналы содержат сведения о сработавших правилах безопасности, помогая определить тип атаки, например сканирование портов или попытки эксплуатации уязвимостей.

Для автоматизации процесса расследования инцидентов можно использовать системы управления событиями безопасности и информацией (SIEM), такие как ELK Stack (Elasticsearch, Logstash, Kibana) или Graylog. SIEM-системы собирают логи и другие данные в одном месте, проводят корреляцию событий и предоставляют инструменты для анализа и визуализации. Это позволяет централизовать сбор данных, создавать правила для автоматического реагирования на угрозы и визуализировать инциденты для более эффективного анализа.

После выявления инцидента необходимо оперативно принять меры для его нейтрализации и минимизации последствий. Реагирование на инциденты включает несколько ключевых этапов это изоляция пострадавших систем, устранение уязвимостей, анализ и восстановление данных, улучшение защиты.

Важно как можно быстрее изолировать атакуемые или скомпрометированные системы от сети, чтобы предотвратить дальнейшее распространение атаки. Это можно сделать с помощью межсетевого экрана или вручную отключив подозрительные устройства от сети.

Если атака произошла из-за известной уязвимости, важно немедленно ее устранить. Это может включать установку обновлений безопасности, изменение конфигураций системы или отключение уязвимых сервисов. OpenVAS или Lynis помогут обнаружить уязвимости, которые могли быть использованы для атаки [5].

После устранения угрозы нужно провести анализ последствий инцидента, чтобы оценить степень повреждения данных или системы. Важно восстановить систему до состояния, которое было до инцидента, используя резервные копии или другие меры по восстановлению.

После завершения инцидента нужно пересмотреть меры безопасности, чтобы предотвратить повторение атаки. Это включает улучшение конфигурации системы, обновление правил межсетевого экрана, установку дополнительных средств обнаружения и предотвращения угроз.

Для автоматизации оповещений можно использовать инструменты: Zabbix, Nagios, они могут отправлять уведомления при обнаружении подозрительных действий или срабатывании правил безопасности. Оповещения можно настраивать для отправки по электронной почте, в мессенджеры (например, Telegram), или в специализированные системы оповещения.

Таким образом, многофункциональный зонд на основе одноплатной платформы Orange Pi 5 с операционной системой Armbian представляет собой экономически выгодное и весьма гибкое решение для обеспечения информационной безопасности. Такой зонд дает возможность решать целый ряд задач: от мониторинга сетевого трафика и управления уязвимостями до предотвращения атак и оперативного реагирования на инциденты.

Преимущество данного решения заключается в применении широкого спектра инструментов с открытым исходным кодом: Suricata, OpenVAS, Wireshark, Lynis, и интеграция с платформами логирования и анализа данных, например ELK Stack. Это дает возможность в реальном времени отслеживать сетевую активность и предотвращать атаки. Проводить детальный анализ инцидентов, устраняя уязвимости по мере их обнаружения. Благодаря автоматизации процессов с использованием SIEM-систем, Graylog и ELK, облегчает процесс расследования инцидентов и управления безопасностью.

Список используемых источников

1. Flamy-AI. Инструкции по настройке системы безопасности на базе Orange Pi 5. URL: https://github.com/flamy-ai/orange-pi-5-security-camp (дата обращения 10.10.2024).
2. Armbian. Документация по настройке и использованию ОС Armbian для одноплатных компьютеров, таких как Orange Pi. URL: https://docs.armbian.com/ (дата обращения 10.10.2024).
3. Lynis. Инструмент для аудита безопасности и управления уязвимостями в системах на базе Linux. URL: https://cisofy.com/lynis/ (дата обращения 11.10.2024).
4. Fail2Ban. Инструмент для защиты от атак и предотвращения брутфорс-атак. URL: https://www.fail2ban.org/ (дата обращения 11.10.2024).
5. OpenVAS. Open Vulnerability Assessment System. URL: https://www.greenbone.net/en/openvas/ (дата обращения 12.10.2024).

Minochenkov N. **ORGANIZING MONITORING, VULNERABILITY MANAGEMENT AND INCIDENT INVESTIGATION USING A MULTIFUNCTIONAL PROBE BASED ON A SINGLE-BOARD COMPUTING PLATFORM.**

Saint Petersburg State University of Telecommunications named after prof. M.A. Bonch-Bruevich

This article is devoted to the development and use of a multifunctional probe for information security, built on the basis of a single-board computer Orange Pi 5 with the Armbian operating system. Aspects of its application in monitoring network traffic, vulnerability management, preventing attacks and investigating incidents are discussed. The main stages of setting up and using the probe, which can be integrated into the network infrastructure, increasing its resilience to threats, are given.

Key words: information security, Orange Pi 5, Armbian, monitoring, vulnerabilities, incident investigation.

УДК 004.056.5
ГРНТИ 81.93.29

СРАВНЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ФАЙЛОВ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН И КОНТЕЙНЕРОВ

И. Е. Пестов, А. Ю. Собашникова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Защита файлов виртуальных машин и контейнеров становится критически важной задачей в условиях широкого применения виртуализации и контейнеризации данных. Эти технологии обеспечивают гибкость и масштабируемость инфраструктуры, но также создают новые угрозы безопасности. В работе анализируются архитектурные отличия виртуальных машин и контейнеров, выявляются уязвимости, связанные с конфигурационными файлами, и предлагаются методы минимизации рисков несанкционированного доступа и утечек информации.

виртуализация, контейнеризация, информационная безопасность, конфиденциальность данных, шифрование, контроль доступа

Введение

Виртуализация и контейнеризация данных обеспечивают эффективное управление вычислительными ресурсами, но при этом усиливают риски безопасности. Виртуальные машины и контейнеры, широко используемые для вычислительных задач, подвержены угрозам нарушения целостности данных и несанкционированного доступа. Конфигурационные файлы, такие как VMX и VMDK для виртуальных машин, а также Dockerfile и YAML для контейнеров, определяют ключевые параметры их работы. Их компрометация может привести к сбоям в системе, утечке данных и созданию дополнительных угроз для инфраструктуры.

Архитектуры виртуальных машин и контейнеров

Архитектуры виртуальных машин и контейнеров, представленных на рис. 1, существенно различаются, что влияет на их применение, эффективность и требования к безопасности.

Виртуальные машины работают под управлением гипервизора, который распределяет аппаратные ресурсы, такие как процессор, память и дисковое пространство, между виртуальными экземплярами. Каждая виртуальная машина включает собственную операционную систему и приложения, обеспечивая высокий уровень изоляции, но при этом требуя значительных ресурсов [1].

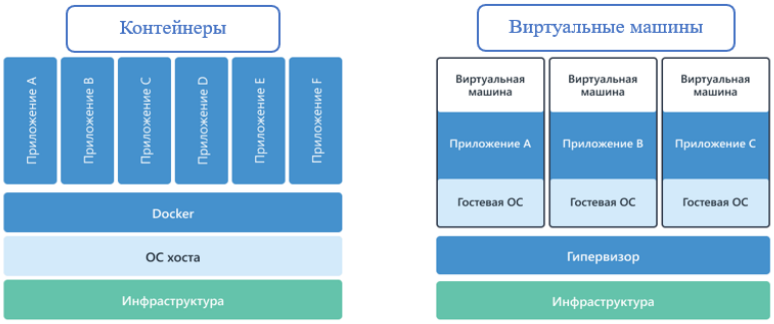


Рис. 1. Архитектуры виртуальных машин и контейнеров

Контейнеры же разделяют одну операционную систему на уровне ядра, что позволяет изолированно запускать приложения на уровне процессов. Это делает контейнеры менее ресурсоемкими и более производительными, однако общая операционная система снижает уровень изоляции и создает дополнительные риски безопасности.

Основные типы файлов виртуальных машин и контейнеров

Для эффективной защиты систем важно понимать следующее: какие файлы являются ключевыми для их работы и требуют особого внимания в процессе обеспечения безопасности, данные файлы определяют настройку и функционирование виртуальных машин и контейнеров, их компрометация может привести к серьезным уязвимостям и утечке данных [2].

Файлы виртуальных машин

Виртуальные машины (ВМ) являются основой многих современных информационных систем, и правильная настройка их окружения имеет решающее значение в плане обеспечения безопасности всей инфраструктуры. К основным же файлам, с которыми работают виртуальные машины, относятся следующие:

– VMX – файл конфигурации, который управляет параметрами ВМ: процессоры, оперативная память, сетевые настройки. Компрометация файла может привести к изменению ключевых параметров системы, сбоям в ее работе и уязвимостям.

– Формат VMDK представляет собой спецификацию контейнера, предназначенную для инкапсуляции содержимого виртуального дискового накопителя, используемого в рамках виртуализированных вычислительных сред. Данный контейнер агрегирует полный спектр данных, ассоциированных с виртуальной машиной, охватывая, в частности, инстанцию операционной системы, развернутые программные комплексы и массивы данных, сгенерированные пользователем в процессе эксплуатации. Нарушение целостности или несанкционированный доступ к файлу, соответствующему данной спецификации, потенциально сопряжены с рисками ком-

прометации данных, включая утрату информации и возможную эксфильтрацию сведений, обладающих свойствами конфиденциальности.

Файлы контейнеров

В отличие от традиционной виртуализации, технология контейнеризации обеспечивает повышенную эффективность при обособлении приложений. Однако, она порождает необходимость акцентированного внимания к обеспечению безопасности файлов, определяющих функционирование контейнеров. Среди них выделяются:

– Dockerfile. Текстовый файл, содержащий инструкции по формированию образа контейнера. Некорректные или искаженные модификации данного файла способны индуцировать уязвимости в контейнере и повлечь за собой отклонения в поведении приложения.

– YAML-файлы. Файлы, содержащие спецификации, используемые в среде Kubernetes для задания параметров дислокации контейнеров. Компрометация или некорректное конфигурирование данных файлов может привести к нарушениям в работе системы, а также к нелегитимному доступу к информации.

Ключевые риски для файлов конфигурации виртуальных машин и контейнеров

Файлы конфигурации, относящиеся к виртуальным машинам и контейнерам, подвержены разнообразным рискам, способным оказать деструктивное влияние на безопасность и стабильность систем [3].

Спектр угроз включает нелегитимный доступ, предоставляющий злоумышленникам потенциал для модификации критически важных параметров и настроек. Внесение изменений в конфигурацию может инициировать сбои в функционировании виртуальных машин и контейнеров, их экстренное завершение или индукцию латентных уязвимостей. Реализация подобных атак часто осуществляется посредством компрометации аутентификационных данных, например, SSH-ключей, открывающих доступ к конфиденциальным сведениям и файлам с критическими настройками.

Вредоносные программы, такие как вирусы, троянские программы и сетевые черви, представляют собой еще один тип риска, так как они обладают потенциалом повреждения файлов конфигурации или введение в них вредоносного кода. Это может вызвать непредсказуемые изменения, приводящие к сбоям в системе, утрате данных и потенциальным утечкам информации [4]. Различные типы вредоносного ПО также обладают возможностью изменять файловую систему и атрибуты доступа, ограничивая возможности по восстановлению.

Подобные атаки, особенно при использовании современных стелс-программ, часто остаются незамеченными и требуют применения комплексных защитных мер, таких как мониторинг целостности файлов и применение антивирусного программного обеспечения.

Применение устаревших версий файлов конфигурации, содержащих известные уязвимости, открывает перед злоумышленниками возможности для компрометации систем. Эксплуатация данных уязвимостей позволяет обойти механизмы защиты и получить несанкционированный доступ к конфиденциальной информации, что влечет за собой риски нарушения целостности, конфиденциальности и доступности данных. Для предотвращения таких атак критически важно осуществлять регулярное обновление файлов конфигурации и использовать системы контроля версий, обеспечивающие возможность аудита всех вносимых изменений.

Методы защиты конфигурационных файлов ВМ и контейнеров

Эффективная защита файлов конфигурации виртуальных машин, контейнеров требует использования различных методов. Отметим, что каждый имеет свои особенности и ограничения.

Один из ключевых методов защиты файлов – их шифрование. Так, можно использовать алгоритм AES (Advanced Encryption Standard) для шифрования VMX и VMDK-файлов виртуальных машин, а также YAML-файлов контейнеров. Шифрование защищает файлы от несанкционированного доступа, чтения, – это усложняет задачу злоумышленникам, снижает риск утечки информации [5].

Настройка прав доступа к конфигурационным файлам также играет важную роль. Реализация списков контроля доступа (ACL) позволяет ограничить доступ к файлам для конкретных пользователей, групп. Так, системные администраторы могут иметь полный доступ, а обычным пользователям он запрещен.

Для усиления безопасности конфигурационных файлов активно применяется SSH. Протокол гарантирует защищенное соединение, включая такие меры, как ограничение доступа по IP, аутентификация по ключам, – это значительно снижает риск удаленных атак. SSH четко разграничивает права доступа, тем самым защищая конфигурационные данные и поддерживая их целостность.

Использование систем контроля версий, таких как Git, позволяет сохранять изменения в конфигурационных файлах. По сути своей упомянутые системы обеспечивают возможность восстановления предыдущих версий файлов, повышают прозрачность, позволяя отслеживать авторов изменений и даты их внесения [6].

Заключение

Обеспечение безопасности конфигурационных файлов виртуальных машин и контейнеров является ключевым аспектом защиты данных, поддержания стабильности систем. Уязвимости зависят от архитектуры: виртуальные машины требуют более затратных по ресурсам методов защиты из-за высокого уровня изоляции; при этом контейнеры, работающие непосредственно на одной операционной системе, требуют меньших ресурсов, однако подвержены большему риску атак на уровне ядра.

Для снижения вероятности атак и утечек информации важно применять комплексный подход к безопасности. Упомянутое может включать меры: шифрование данных, контроль доступа, использование SSH, а также систем контроля версий. Данные действия значительно повышают надежность, устойчивость виртуальных машин, контейнеров.

Список используемых источников

1. Виткова Л. А., Зрелова А. Л. Исследование механизмов безопасности гипервизора Hyper-V // Информационная безопасность и защита персональных данных. Проблемы и пути их решения, 2023. С. 49–53.
2. Красов А. В., Левин М. В., Фостач Е. С. Проблемы обеспечения безопасности облачных вычислений // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2017), 2017. С. 520–522.
3. Сахаров Д. В. и др. Исследование механизмов обеспечения защищенного доступа к данным, размещенным в облачной инфраструктуре // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли, 2017. Т. 9. № 2. С. 40–46.
4. Аникевич Е. А. и др. Предотвращение утечек конфиденциальной информации в информационных системах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция Сб. науч. ст. СПб: СПбГУТ, 2017. С. 46–51.
5. Виткова Л. А., Иванов А. И. Обзор актуальных угроз и методов защиты в сфере облачных вычислений // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция Сб. науч. ст. СПб: СПбГУТ, 2018. С. 179–182.
6. Бирих Э. В. и др. Метод повышения безопасности распределенной вычислительной системы на базе СППР и с учетом прогнозирования состояния //Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция Сб. науч. ст. в 4 т. СПб: СПбГУТ, 2017. С. 96–100.

***Pestov I., Sobashnikova A.* COMPARISON OF FILE SECURITY OF VIRTUAL MACHINES AND CONTAINERS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Protecting the configuration files of virtual machines and containers is becoming a critical task in the context of widespread data virtualization and containerization. This work analyzes the architectural differences between virtual machines and containers, identifies vulnerabilities related to configuration files, and suggests methods to minimize the risks of unauthorized access and information leaks.

Key words: virtualization, containerization, information security, data privacy, encryption, access control.

УДК 004.056
ГРНТИ 81.93.29

ИЗУЧЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ IDM СИСТЕМ И ИХ ПОЛЬЗЫ В АВТОМАТИЗАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ КОМПАНИЙ

С. М. Рябцев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

С расширением компании, администрирование и управление идентификационными данными становится все более и более трудоемкой, ресурсозатратной и небезопасной задачей, при увеличении количества сотрудников падает качество обеспечения менеджмента идентификационными данными, что, в свою очередь, решает программное обеспечение класса Identity Management. Системы данного класса призваны не только улучшить пользовательский опыт, но и обеспечить дополнительную безопасность хранения и передачи данных внутри организации. В статье рассматривается концепция идентификационного менеджмента и описываются его основные функции, архитектура и принципы работы.

идентификационный менеджмент, управление доступом, клиент-серверная модель

В условиях стремительного развития информационных технологий и увеличения объемов данных, управление доступом к информации становится одной из ключевых задач для организаций. Идентификационный менеджмент (IDM) представляет собой систему, которая обеспечивает централизованное управление идентификацией пользователей и их доступом к ресурсам. Ключевым преимуществом этого ПО являются автоматизированные процессы идентификации и управления доступом пользователей, аудит и мониторинг, а также поддержка множества различных систем.

Identity management функционирует по принципу клиент-серверной архитектуры и обеспечивает централизованное управление учетными записями и правами пользователей всех информационных систем компании. На сервер устанавливается программное обеспечение класса IDM, которое управляет всеми процессами, связанными с идентификацией и доступом, помимо этого у сервера должен быть доступ к базе данных, на которой хранятся учетные данные необходимые для работы программы, СУБД может располагаться как на сервере с IDM, так и отдельно. Клиентами являются пользователи внутри сети компании, они делают запросы на получение прав и полномочий в целевых системах и доверенных источниках, примерами таких систем могут являться: сервер Microsoft Active Directory, SMTP сервер, FTP сервер, Microsoft Exchange и другие.

Целевая система (ЦС) – это сервис, в котором присутствуют, избыточные для записи в таблицу с пользователями в IDM, параметры, данные с целевых систем записываются в промежуточную таблицу, которая храниться в базе данных на сервере с СУБД. Для внесения данных из промежуточной таблицы в таблицу с пользователями, системный администратор должен выполнить периодические задачи, связанные с внесением пользователя в таблицу.

В свою очередь, доверенный источник (ДИ) – это сервис, данные из которого записываются напрямую в таблицу с пользователями IDM. Он служит главным источником данных.

Главным аспектом взаимодействия в системах IDM являются коннекторы, без них невозможно получение данных из систем внутри инфраструктуры. Коннекторы – это программы написанные на одном из скриптовых языков программирования, которые отвечают за логику получения и отправки данных из различных систем.

Для правильной работы коннектора на сервере с IDM должны быть конфигурационные файлы коннекторов и библиотеки, которые они используют и настроены определенные объекты:

1. ResType;
2. Resource;
3. ResForm;
4. ResAccount;
5. Mapping;
6. Schedule tasks.

Restype – отвечает за параметры подключения ресурса к системе, в нем перечислены необходимые атрибуты, Resource обеспечивает подключение к системе, исходя из параметров, указанных в Retype. Resform, в свою очередь, служит для хранения данных, полученных из целевой системы, он создается только при подключении целевой системы, так как при использовании доверенного источника данные напрямую идут в таблицу с пользователями, за связь параметров, которые получаются от систем и записываются в базе данных IDM, отвечает Resaccount. Mapping и Schedule tasks напрямую связаны друг с другом, потому что Mapping – это скрипт, в котором прописаны параметры для работы с данными, а Schedule tasks указывает с какой периодичностью должен вызываться тот или иной Mapping [1].

Для правильного функционирования коннектора все вышеперечисленные параметры должны быть правильно настроены, соблюдать строгую зависимость. Важно заметить, что с одним ресурсом может работать несколько ResAccount.

Схема зависимости параметров представлена на рис. 1.

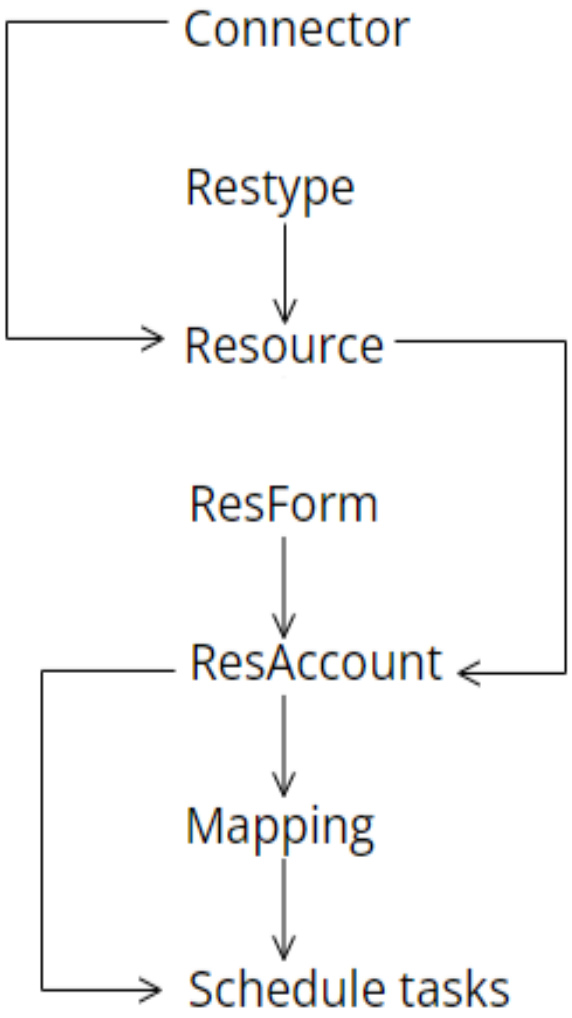


Рис. 1. Схема зависимости параметров коннектора

Взаимодействие между сервером и клиентом происходит через API – интерфейсы, которые позволяют коннекторам взаимодействовать с сервером IDM и получать необходимые данные. Это взаимодействие заключается в обмене информацией о пользователях, располагающихся на сервере. В базе данных хранятся таблицы, которые апеллируют полученными данными и в зависимости от задачи, они либо отправляются на целевую систему, либо записываются с целевой системы в промежуточную таблицу, либо записываются в таблицу с пользователями на сервере IDM с доверенного источника. На рис. 2 можно увидеть схему подключения и взаимодействия сервера, на котором функционирует IDM и двух систем – MS Active Directory и сервер с 1C ZUP. В данном примере, в качестве целевой системы выступает MS Active Directory, а в качестве доверенного источника 1C ZUP. [3]

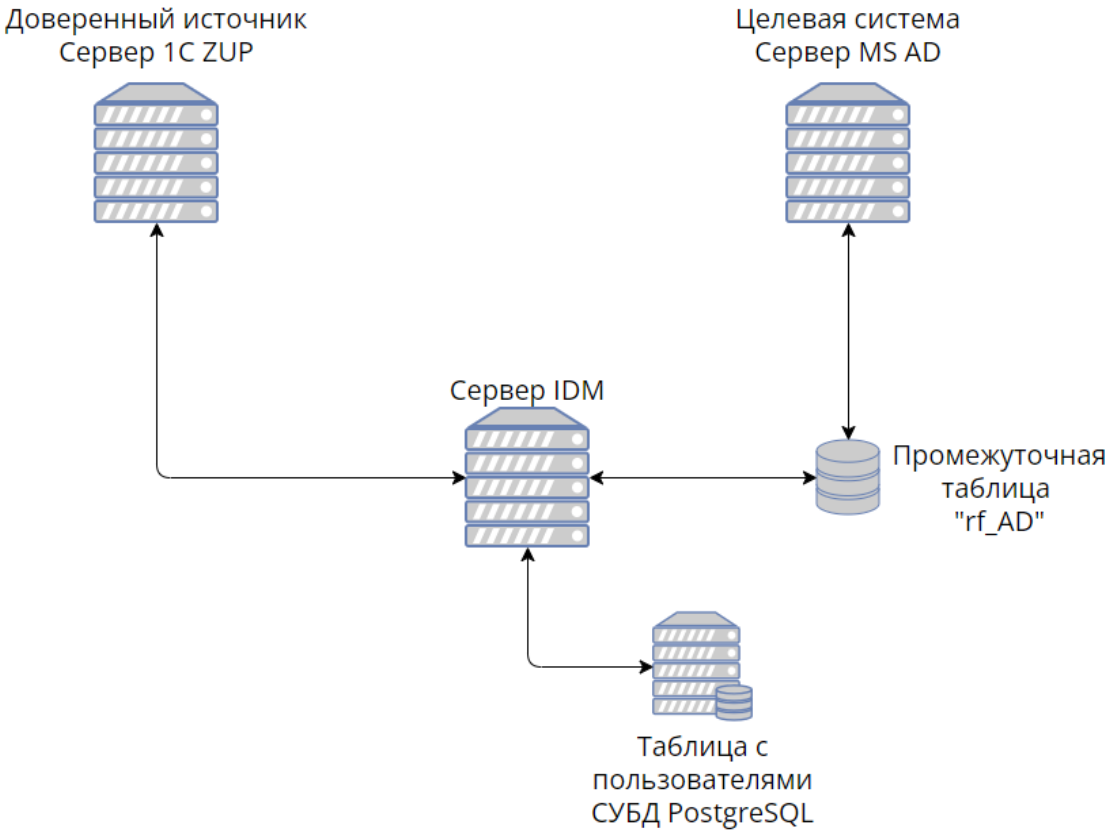


Рис. 2. Схема взаимодействия IDM с ЦС и ДИ [1]

Таким образом, IDM играет ключевую роль в автоматизации процесса управления идентификационными данными и управлении правами и полномочиями пользователей внутри инфраструктуры организации. Он позволяет минимизировать риски, связанные с несанкционированным доступом к данным, а также облегчает процесс управления доступом. Также, использование системы менеджмента идентификационных данных позволяет избежать ошибок, которые могут совершить системные администраторы в виду того, что все процессы происходят автоматически.

Решения для управления идентификацией и доступом анализируют массив учетных записей и проверяют их соответствие действующим политикам. При обнаружении каких-то отклонений они формируют оповещения для специалистов по информационной безопасности, которые принимают меры по предотвращению вероятных инцидентов. Это позволяет избежать проблем с неиспользуемыми учетными записями, SOD-конфликтов, вызванных избыточными полномочиями, а также других нежелательных ситуаций [2].

Список используемых источников

1. IAM/IDM – управление учетными данными, доступом и идентификацией // Cloud networks. URL: https://cloudnetworks.ru/inf-bezopasnost/idm/ (дата обращения 07.11.2024).
2. Обзор рынка систем управления правами доступа и учетными записями пользователей // Anti-Malware. URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/IdM-IAM-IGA-2022 (дата обращения 07.11.2024).
3. ЭЦП и аутентификация: сделано в России // Журнал сетевых решений. URL: https://www.osp.ru/lan/2014/09/13042709 (дата обращения 06.11.2024).
4. Управление идентификацией и доступом // Solar. URL: https://rt-solar.ru/products/solar_inrights/blog/2341/ (дата обращения 10.11.2024).

Ryabcev S. **STUDY OF USING IDM SYSTEMS AND THEIR BENEFITS IN INCREASING AUTOMATION AND SECURITY OF LARGE COMPANIES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

As the company expands, the administration and management of identification data becomes an increasingly labor-intensive, resource-intensive and unsafe task; with an increase in the number of employees, the quality of providing management with identification data decreases, which, in turn, is solved by Identity Management class software. Systems of this class are designed not only to improve the user experience, but also to provide additional security for storing and transmitting data within the organization. The article discusses the concept of an identification management and describes the main functions, its architecture and operating principles.

Key words: identity management, access control, client-server model.

УДК 004.056
ГРНТИ 81.93.29

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ НОРМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ИНСТАНСОВ ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

П. О. Федоров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире многие организации все чаще используют в своей деятельности технологию облачных вычислении. В связи с этим возрастает потребность в обеспечении должного уровня информационной безопасности облачных инфраструктур и отслеживания нормального состояния их инстансов. Для решения подобной задачи существует регрессионная модель SARIMAX. Ее недостаток заключается в достаточно долгом процессе создания модели нормального поведения. Чтобы устранить этот недостаток можно использовать нейронные сети, обучив их на модели SARIMAX, тем самым ускорить процесс формирования модели.

информационная безопасность, облачная инфраструктура, инстанс, модель SARIMAX, нейросети

В настоящее время необходимость применения облачной инфраструктуры была продиктована факторами, которые позволили промышленности масштабировать ресурсы совместно с экономией затрат, доступностью, управляемостью, безопасностью и возможностью оперативно внедрять инновации в производственный процесс без дополнительных затрат по времени и ресурсам [1].

В отличие от традиционной инфраструктуры, где вся нагрузка ложится на плечи пользователя, что создает дополнительные препятствия в решении вопроса, а также оттягивает внедрение новых инструментов управления. Облачная инфраструктура избавляет конечного пользователя от решения вопросов данного типа и позволяет сконцентрироваться на целях и задачах конкретного предприятия. Однако, с точки зрения поставщика облачных услуг облачную инфраструктуру необходимо поддерживать модернизировать и обеспечивать должный уровень информационной безопасности.

Создание модели нормального поведения облачной инфраструктуры позволит более тщательно отслеживать и прогнозировать состояние ее инстанса и, тем самым, поможет при обнаружении вредоносного воздействия на него, или же на всю облачную инфраструктуру [2].

Одним из решений задачи прогнозирования являются регрессионная модель SARIMAX, которая позволяет учитывать все экзогенные факторы, что повышает достоверность. Формула модели SARIMAX представляется следующим образом [3]:

$$SARIMA\ (p, d, q)\ (P, D, Q)sX \quad (1)$$

где p – порядок компонента авторегрессии (AR). Под порядком принимается количество элементов, которые включаются в выборку;

d – порядок интегрирования, то есть количество разностей, необходимых для получения стационарного ряда. Необходимо выбирать такой порядок, чтобы ряд был стационарным, но при этом не потерять ценную информацию;

Q – порядок компонента скользящего среднего (MA). Чем выше порядок, тем больше элементов участвует в расчете среднего значения;

P, D и Q – сезонные аналоги параметров p, d, и q;

s – длина сезонного периода;

X – экзогенные переменные.

Недостаток SARIMAX заключается в достаточно долгом процессе создания модели нормального поведения. Чтобы увеличить скорость построения модели можно использовать нейронные сети, обучив их на модели SARIMAX, тем самым ускорить процесс формирования модели. [4] Так как прогнозирование базируется на анализе временных рядов то наиболее предпочтительными являются сверточные нейронные сети. Сверточные нейронные сети (CNN) – это класс глубоких нейронных сетей, которые широко используются в областях, требующих анализа визуальной информации [5].

Для создания модели нормального поведения на базе нейронной сети к стандартным используемым библиотекам добавляются библиотеки машинного обучения keras и tensorflow. Процесс создания модели подразделяется на три этапа:

1. Создание модели;
2. Обучение модели;
3. Тестирование модели.

Сложность создания модели с применением нейросети заключается в том, что на вход программы подается два массива, первый массив передает данные, второй массив – массив данных экзогенного фактора. Массивы объединяются и передаются в полно связный слой [6]. Затем формируется выходной слой, который будет возвращать спрогнозированные значения. Далее все сформированные слои собираются в одной модели и компилируются. Пример массива данных представлен на рисунке 1.

	Time	CPU Total
0	10/02/2023 00:01:10	1.953125
1	10/02/2023 00:03:10	12.890625
2	10/02/2023 00:05:10	4.687500
3	10/02/2023 00:07:10	2.343750
4	10/02/2023 00:09:10	3.515625
..	...	...
673	10/02/2023 22:27:04	3.906250
674	10/02/2023 22:29:04	5.078125
675	10/02/2023 22:31:04	5.115330
676	10/02/2023 22:33:03	5.859375
677	10/02/2023 22:35:03	3.125000

[678 rows x 2 columns]

Рис.1 Пример массива данных

Следующим этапом является обучение модели. Для этого данные конвертируются в массивы Numpy, и преобразуются в размерность, подходящую для модели [7]. Для обучения модель проходит 10000 циклов, так как при малом количестве циклов модель может быть недоучена, а при большем, соответственно, переобучена, что в обоих случаях негативно скажется на финальном результате прогноза прогнозе. Максимальная размерность выборки обусловлена увеличением скорости обучаемости. Обучение модели с помощью нейросети заняло довольно короткое время по сравнению с обучением математической модели [8].

Заключительный этап в построении модели нормального поведения – проведение тестирования и сравнении результатов как с математической моделью, так и с реальными данными. Перед сравнением результатов необходимо подсчитать точность модели при использовании нейросети и при использовании математической модели [9]. Оценка точности модели проводилась по формуле (2) [10]:

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|y_t - y_p|}{y_p} \quad (2)$$

где: y_t – реальное значение в точке;

y_p – спрогнозированное значение в точке

Результаты оценки точностей модели можно представить в виде таблицы 1.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение моделей нормального поведения с реальными значениями.

Модель	Ошибка, %	Точность модели, %
SARIMAX	39.357559	60,642411
Нейронная сеть	38.092326	61,907674

Графическое представление прогноза работы модели представлено на рисунке 2, где синим отображены реальные данные, красным отображен прогноз нормального поведения с использованием математической модели, а зеленым – прогноз модели нормального поведения с использованием нейронной сети [11].

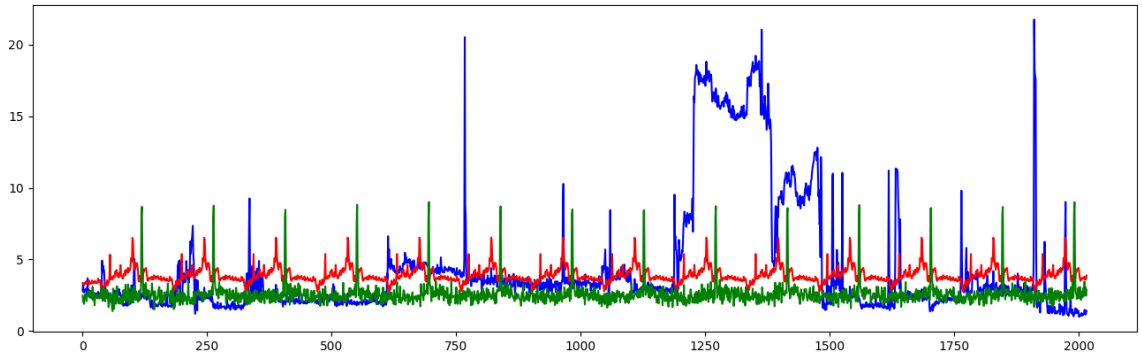


Рис. 2. Графическое представление моделей нормального поведения

На графике видно, что модель более точно показывает прогноз нормального состояния инстанса облачной инфраструктуры. По итогам работы модели можно сделать вывод, что скорость и точность обработки данных с использованием нейронной сети выше, чем с использованием математического моделирования. Но применение модели подразумевает обучение ее на данных, полученных с математической модели, что в свою очередь замедляет процесс построения модели нормального поведения [12].

Список используемых источников

1. Ушаков И. А., Десницкий В. А., Чечулин А. А., Захарова Т. Е. Защита информации в центрах обработки данных. СПб. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2019. 92 с.
2. Алексанян А. П., Пестов И. Е. Система мониторинга состояния информационной безопасности в ключевых системах информационной инфраструктуры // Научный альманах, 2015. № 7 (9). С. 560–565.
3. Темченко В. И., Цветков А. Ю. Проектирование модели информационной безопасности в операционной системе // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2019. Т. 1. С. 740–745.
4. Чмутов М. В., Ковцур М. М., Ушаков И. А., Пестов И. Е. Исследование действующей ит-инфраструктуры организации для последующего перехода к облачной архитектуре // Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2017). Материалы конференции, 2017. С. 535–537.
5. Герлинг Е. Ю., Кулишкина Е. И., Бирих Э. В., Виткова Л. А. Модели нарушителей информационной безопасности // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, 2017. Т. 35, № 1. С. 27–30.
6. Бударный Г. С., Казанцев А. А., Красов А. В., Поляничева А. В. Разновидности нарушений безопасности и типовые атаки на операционную систему // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2022. С. 406–411.
7. Сахаров Д. В., Левин М. В., Фостач Е. С., Виткова Л. А. Исследование механизмов обеспечения защищенного доступа к данным, размещенным в облачной инфраструктуре // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли, 2017. Т. 9, № 2. С. 40–46.
8. Красов А. В., Швидкий А. А. Использование возможностей масштабирования облачной инфраструктуры для оптимизации процесса создания лабораторных стендов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 томах. под. ред. С. В. Бачевского, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. 2015. С. 1580–1584.
9. Сахаров Д. В., Гельфанд А. М., Казанцев А. А., Пестов И. Е. Использование математических методов прогнозирования для оценки нагрузки на вычислительную мощность IoT-сети // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России", 2020. № 2. С. 86–94.
10. Гельфанд А. М., Косов, Н. А., Красов, А. В., Орлов, Г. А. Защита для распределенных отказов в обслуживании в облачных вычислениях // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в

науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2019. С. 329–334.
11. Виткова Л. А., Иванов А. И. Обзор актуальных угроз и методов защиты в сфере облачных вычислений. // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2018. С. 179–182.
12. Пестов И. Е. Методика разработки управляющего воздействия на инстансы облачной инфраструктуры // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки? 2020. № 4. С. 72–76.

Fedorov P. **THE USE OF A NEURAL NETWORK TO INCREASE THE SPEED OF BUILDING A MODEL OF THE NORMAL BEHAVIOR OF CLOUD INFRASTRUCTURE INSTANCES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, many organizations are increasingly using cloud computing technology in their activities. In this regard, there is an increasing need to ensure the proper level of information security of cloud infrastructures and monitor the normal state of their instances. To solve such a problem, there is a SARIMAX regression model. Its disadvantage lies in the rather long process of creating a model of normal behavior. To eliminate this disadvantage, neural networks can be used by training them on the ARIMAX model, thereby speeding up the process of model formation.

Key words: Information security, cloud infrastructure, instance, SARIMAX model, neural networks.

УДК 004.056.53
ГРНТИ 81.93.29

АРХИТЕКТУРА И ВОЗМОЖНОСТИ WAZUH: ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Р. Г. Шарифов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современные сети требуют эффективных инструментов для защиты от угроз и своевременного реагирования на инциденты. Wazuh представляет собой мощную систему для обеспечения информационной безопасности, которая включает функции IDS/IPS, анализ логов, мониторинг файлов и проверку на соответствие стандартам. В статье рассматриваются архитектура Wazuh, возможности мониторинга и интеграция с другими системами, а также проводится сравнительный анализ с аналогами, что подчеркивает его преимущества в гибкости и масштабируемости.

информационная безопасность, обнаружение вторжений, мониторинг сетей, анализ угроз, Wazuh, кибербезопасность, IDS/IPS

Введение

Современные сети сталкиваются с постоянными угрозами, включая вредоносное ПО и сложные атаки. Для защиты данных и реагирования на инциденты нужны инструменты для мониторинга и обнаружения аномалий в реальном времени, такие как системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS). Wazuh предоставляет комплексные решения для анализа безопасности, включая функции IDS, анализ логов, обнаружение уязвимостей и проверку на соответствие нормативным требованиям. Это позволяет организациям не только выявлять угрозы, но и проактивно управлять безопасностью, что делает понимание возможностей и архитектуры Wazuh важным для принятия решения о его использовании.

Архитектура Wazuh

Архитектура Wazuh [1] представляет собой модульное и масштабируемое решение, состоящее из нескольких компонентов, каждый из которых играет определенную роль в обеспечении мониторинга, анализа и защиты информационной инфраструктуры. Данная архитектура включает в себя следующие элементы: агенты, серверный кластер, индексы данных и панель управления, что представлено на рис. 1.

Для начала стоит упомянуть агентов Wazuh. Они устанавливаются на конечные устройства: серверы, рабочие станции, ноутбуки, облачные инстансы и виртуальные машины. Их роль заключается в непрерывном сборе журналов, метрик и другой эксплуатационной информации, которая может свидетельствовать о возможных угрозах. Установленный агент не только извлекает и передает данные, но и осуществляет первичный анализ – например, проверяет логи в режиме реального времени, анализирует поведение запущенных процессов и выявляет подозрительные действия на уровне приложений. Благодаря этому нагрузка на центральные узлы снижается, а показатели производительности растут.

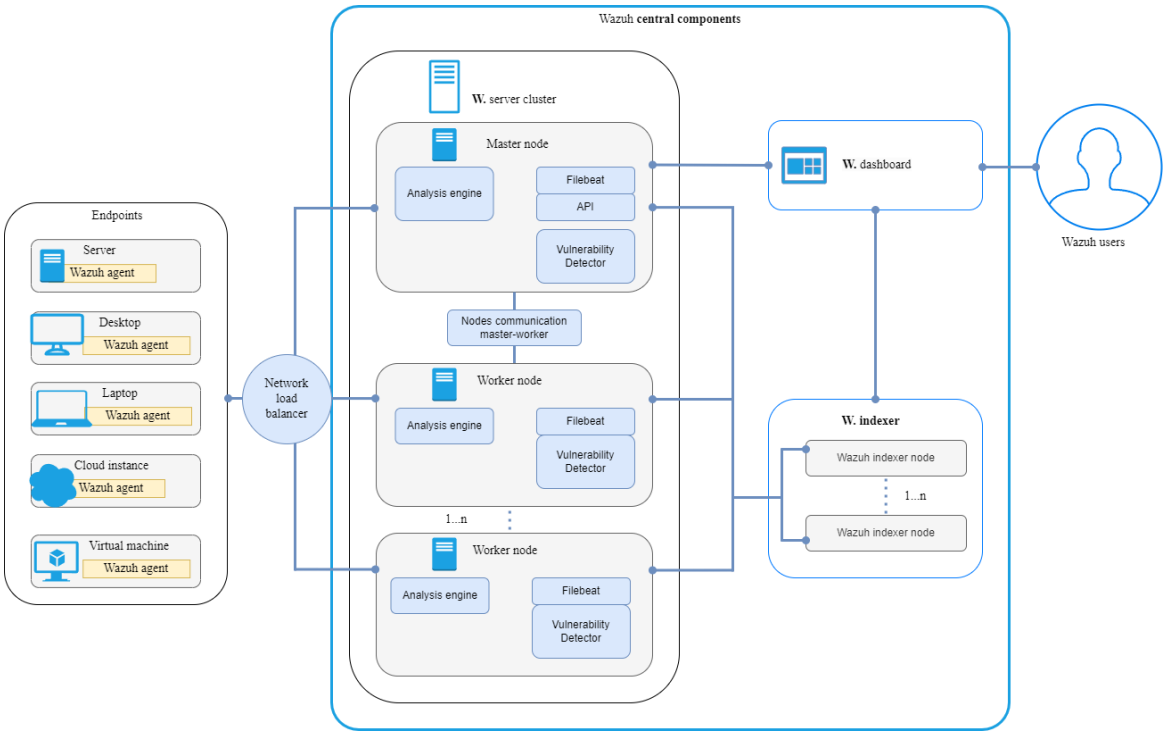


Рис. 1. Архитектура Wazuh

Связующим звеном инфраструктуры выступает сетевой балансировщик (Network Load Balancer). Он используется для распределения нагрузки между узлами серверного кластера, обеспечивая устойчивость и высокую производительность всей системы. Если один из узлов окажется недоступным, запросы будут автоматически перенаправлены в другой.

Серверный кластер (Wazuh Server Cluster) состоит из нескольких узлов, включая мастер-узел (Master Node) и рабочие узлы (Worker Nodes).

Мастер-узел отвечает за координацию работы кластерных компонентов и взаимодействие с агентами. В нем функционирует механизм анализа, отвечающий за первичную обработку данных, а также API-интерфейс для интеграции с внешними сервисами. Дополнительно мастер-узел задействует инструменты для передачи и маршрутизации информации, чтобы рабочие узлы могли получать нужные данные без лишних задержек.

Основная работа по анализу событий поручена рабочим узлам. Именно они берут на себя разбор поступающих логов и проводят поиск уязвимостей. При необходимости количество таких узлов можно увеличить или сократить, сохраняя общую устойчивость системы к нагрузкам. Гибкое масштабирование дает возможность адаптироваться к изменениям в инфраструктуре – чем больше данных нужно собирать и обрабатывать, тем больше узлов можно добавить.

Полученные и обработанные данные должны где-то храниться и быстро находиться при расследованиях или проверках. Для этого Wazuh использует один или несколько индексаторов (Wazuh Indexer), которые занимаются структурированием и хранением информации.

Вся собранная и обработанная информация доступна через наглядную веб-панель (Wazuh Dashboard). В ней администраторы могут просматривать уведомления о подозрительных событиях, анализировать отчеты о состоянии системы, а также настраивать фильтры и правила, чтобы отслеживать нужные метрики. Наличие продуманной визуальной среды ускоряет процесс обнаружения инцидентов и делает работу специалистов более эффективной.

Конечными пользователями Wazuh (Wazuh Users) являются системные администраторы, специалисты по безопасности и аналитики, которые взаимодействуют с системой. Они настраивают параметры мониторинга, управляют политиками реагирования, формируют отчеты и при необходимости вносят корректировки в регламенты. Гибкость настройки дает возможность использовать Wazuh в самых разных сценариях – от проверки системных журналов и сетевого трафика до глубокого анализа специфических приложений.

Агенты, установленные на серверах или рабочих станциях, постоянно собирают информацию о выполнении системных процессов, сетевой активности и других ключевых параметрах. Чтобы избежать перегрузки, данные сначала могут направляться в балансировщик нагрузки, который распределяет их между мастер-узлом и рабочими узлами. Мастер-узел координирует передачу больших объемов логов, а рабочие узлы углубленно анализируют их и проверяют на соответствие правилам безопасности.

Обработанная информация передается индексаторам для долговременного хранения и быстрого поиска, после чего она отображается в панели управления. Благодаря этому пользователи имеют возможность оперативно получать отчеты, анализировать события и принимать меры по предотвращению атак.

Возможности мониторинга

Wazuh предлагает широкий спектр возможностей для мониторинга безопасности, что делает его полезным инструментом для организаций, стремящихся обеспечить комплексную защиту своей IT-инфраструктуры.

Система эффективно собирает и обрабатывает журналы из различных источников, включая сетевые устройства, серверы и приложения. Данная функция позволяет выявлять необычные действия и потенциальные угрозы, а также отслеживать активность пользователей в реальном времени, что существенно повышает уровень защиты.

Также Wazuh следит за изменениями в важных файлах, что помогает оперативно обнаруживать несанкционированные модификации, которые могут свидетельствовать о попытках взлома или других нарушениях безопасности.

Интеграция с внешними базами данных уязвимостей позволяет Wazuh автоматически сканировать системы на наличие известных слабых мест и быстро устранять выявленные проблемы. Это позволяет не только ускорить обнаружение и исправление уязвимостей, но и освободить специалистов для выполнения более сложных задач. Помимо этого, Wazuh позволяет автоматизировать проверку на соответствие стандартам безопасности, таким как PCI DSS и GDPR, обеспечивая компанию инструментами для соответствия требованиям регуляторов.

Сравнительный анализ

Сравнительный анализ Wazuh с аналогами позволяет лучше понять его место среди других IDS решений [2, 3] для обеспечения информационной безопасности, таких как OSSEC и Suricata. Каждый из этих инструментов обладает уникальными характеристиками, которые определяют их применение в различных сценариях мониторинга и анализа безопасности.

Wazuh представляет собой мощное и современное решение, разработанное на базе OSSEC, с улучшенными функциями и глубокой интеграцией с Elastic Stack. Эта платформа включает в себя возможности для IDS/IPS, мониторинга логов, контроля целостности файлов и анализа уязвимостей. Архитектура Wazuh обеспечивает высокую масштабируемость благодаря поддержке кластеров и распределению нагрузки, что делает ее идеальной для использования в средах с большим количеством узлов и разнообразной инфраструктурой. Кроме того, Wazuh легко интегрируется с Elastic Stack, что позволяет использовать Kibana для визуализации данных и получения подробной аналитики.

OSSEC, как предшественник Wazuh, предлагает базовые функции, такие как контроль целостности файлов и обнаружение вторжений. Однако его возможности ограничены по сравнению с Wazuh, особенно в плане масштабируемости и интеграции. Несмотря на то, что OSSEC может интегрироваться с Elastic Stack через Logstash и Elasticsearch, это требует дополнительных настроек и усилий. Кроме того, OSSEC не обладает встроенной поддержкой современных аналитических инструментов и централизованной панели управления, что может затруднять его использование в крупных и сложных системах.

Suricata известна своими возможностями по глубокому анализу сетевого трафика (DPI), что делает ее эффективной для мониторинга и защиты сетей. Ее способности по сигнатурному и поведенческому анализу помогают в выявлении и предотвращении сетевых атак. Suricata может интегрироваться с Elastic Stack для передачи данных о сетевых событиях, что позволяет анализировать их с помощью Kibana. Однако Suricata, в отличие от Wazuh, не предоставляет всеобъемлющих возможностей для мониторинга логов и управления инцидентами на уровне хостов.

Заключение

В заключение, Wazuh выделяется среди других решений благодаря сочетанию широких возможностей, глубокой интеграции с Elastic Stack и бесплатной основе. Он предоставляет организациям комплексный инструмент для мониторинга, управления инцидентами и соответствия требованиям стандартов, оставаясь при этом доступным и гибким. OSSEC полезен для базового контроля безопасности, но его функционал недостаточен для сложных инфраструктур. Suricata эффективно справляется с анализом сетевого трафика и может дополнять Wazuh в сетевой безопасности.

Список используемых источников

1. Wazuh. Getting started with Wazuh. Wazuh Documentation // Wazuh documentation. Wazuh Incorporation. URL: https://documentation.wazuh.com/current/getting-started/index.html (дата обращения 02.11.2024).
2. Надейкина В. С., Маслова М. А. Анализ систем обнаружения и предотвращения вторжения с открытым кодом для интеграции с отечественными операционными системами // Научный результат. Информационные технологии. 2024. № 2. С. 41–48.
3. Гончаров В. С., Верба В. А. Сравнительный анализ систем обнаружения вторжений // Телекоммуникации и информационные технологии, 2020. № 2. С. 86–91.

Sharifov R. **ARCHITECTURE AND CAPABILITIES OF WAZUH OVERVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Modern networks require effective tools to protect against threats and respond to incidents in a timely manner. Wazuh is a powerful information security system that includes IDS/IPS functions, log analysis, file monitoring and verification for compliance with standards. The article discusses the architecture of Wazuh, monitoring capabilities and integration with other systems, as well as a comparative analysis with analogues, which highlights its advantages in flexibility and scalability.

Key words: Information security, intrusion detection, network monitoring, threat analysis, Wazuh, cybersecurity, IDS/IPS.

УДК 004.056
ГРНТИ 20.53

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗАЦИИ РЕАГИРОВАНИЯ НА КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНЦИДЕНТЫ НА ОСНОВЕ SIGMA-ПРАВИЛ И OPENSEARCH

А. М. Шепелев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Компьютерные инциденты могут быть вызваны различными факторами. Они могут привести к утечке данных, нарушению работы информационных систем, финансовым потерям и другим негативным последствиям. Поэтому важно иметь эффективную систему реагирования на компьютерные инциденты, которая позволит быстро обнаруживать и устранять возникающие проблемы.

Актуальность темы обусловлена необходимостью разработки методики автоматизации реагирования на компьютерные инциденты. Существующие методы требуют значительных затрат времени и ресурсов, что может привести к задержкам в обнаружении и устранении инцидентов. В связи с этим возникает необходимость в создании более эффективных методов, основанных на использовании современных технологий.

информационная безопасность, кибербезопасность, SIEM-системы, системы мониторинга, инциденты информационной безопасности, OpenSearch

Современный мир сталкивается с постоянно растущей угрозой киберпреступности. Развитие технологий и повсеместное использование интернета создают новые возможности для злоумышленников, которые используют сложные методы для взлома информационных систем. В этой ситуации особенно важно обеспечить надежную защиту от кибератак [1].

Традиционные системы безопасности часто оказываются не в состоянии справиться с современными угрозами. Они требуют значительных ручных усилий и не всегда могут вовремя обнаружить злонамеренные действия. В этом контексте возрастает роль автоматизации процессов безопасности, которая позволяет значительно повысить эффективность систем защиты.

В этой статье мы рассмотрим возможности интеграции OpenSearch и Sigma правил для автоматизации обнаружения угроз. OpenSearch – это открытая платформа для анализа данных, которая предоставляет широкие возможности для хранения и обработки данных безопасности [2]. Sigma – это стандарт для создания правил детектирования угроз, которые могут быть использованы в различных системах безопасности, включая OpenSearch [3].

Сочетание OpenSearch и Sigma правил позволяет создать эффективную систему раннего предупреждения, которая может автоматически обнаруживать и анализиро-

вать злонамеренные действия. Это позволяет значительно уменьшить время реакции на инциденты безопасности и снизить риск ущерба от потенциальных кибератак.

Все средства защиты информации, будь то антивирусы или системы обнаружения вторжений, подобны щиту, который защищает наши данные от несанкционированного доступа. Но этот щит эффективен только если он установлен и правильно настроен до того, как случится атака. Если же атака уже произошла, а щит не сработал, необходимо провести «позднее расследование» – сбор и анализ всех данных, связанных с инцидентом. Это позволит восстановить картину событий и понять, как действовал злоумышленник, чтобы устранить последствия инцидента и предотвратить подобные ситуации в будущем.

Для этого необходимо собрать все возможные данные, журналы, события с конечных устройств и проанализировать их. После сбора данных их нужно проанализировать, как правило, это большой объем данных, который проверять вручную будет очень долго и возможность человеческой ошибки будет увеличиваться пропорционально количеству данных. Поэтому здесь будет рационален автоматический метод реагирования на компьютерные инциденты.

Подход будет заключаться в том, чтобы направлять собранный объем данных в поисковую систему OpenSearch для дальнейшей обработки Sigma-правилами.

Методика представляет собой автоматизацию процесса доставки данных до хранилища и непосредственный анализ поступаемых данных. А также удобство просмотра результатов анализа и детектирования компьютерных инцидентов.

Все будет происходить посредством импорта собранных событий на машину с предустановленным агентом для дальнейшей централизованной транспортировки логов в OpenSearch. В конкретном примере методики будем рассматривать агент Winlogbeat для событий Windows, который будет установлен на виртуальную машину Windows. Конфигурация агента будет настроена так, чтобы собранные события с других различных машин под ОС Windows формата evtx, было возможно сразу отправлять в OpenSearch для дальнейшего анализа через агент на целевой машине для сбора данных. Алгоритм методики реагирования на компьютерные инциденты представлен на рис. 1.

Для эффективного анализа данных безопасности необходимо создать систему, которая способна собирать, обрабатывать и визуализировать информацию из различных источников. Рассмотрим архитектуру на рис. 2 поставки логов с использованием стека Beats, Logstash, OpenSearch и OpenSearch Dashboards, которая обеспечивает комплексное решение для мониторинга и анализа данных безопасности [4].

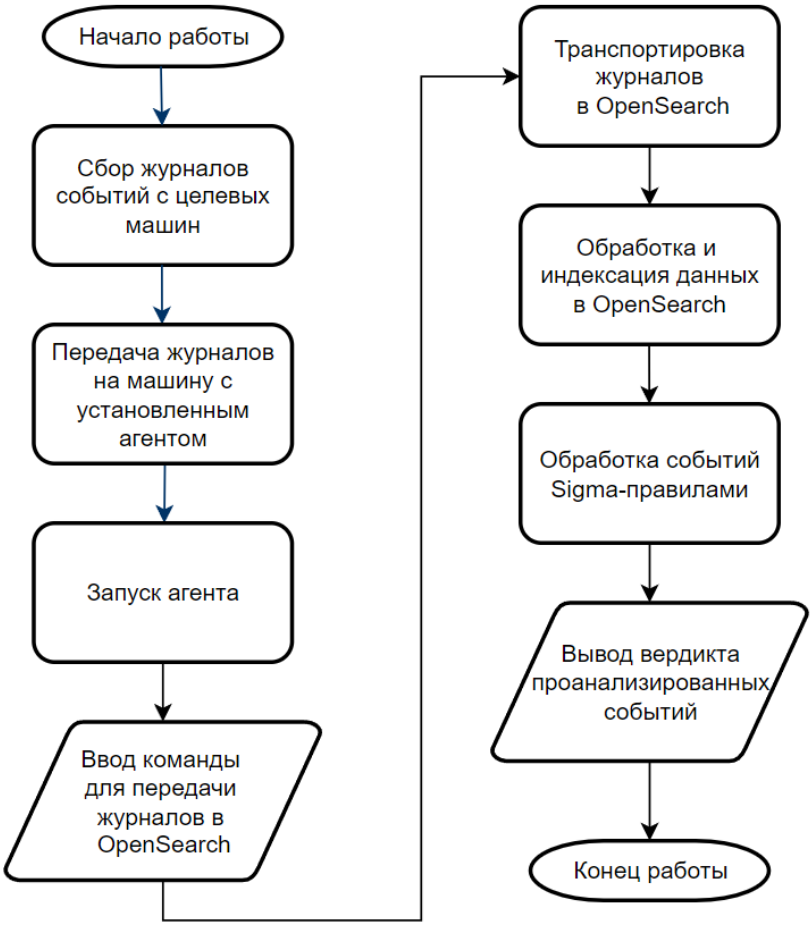


Рис. 1. Алгоритм методики реагирования на компьютерные инциденты

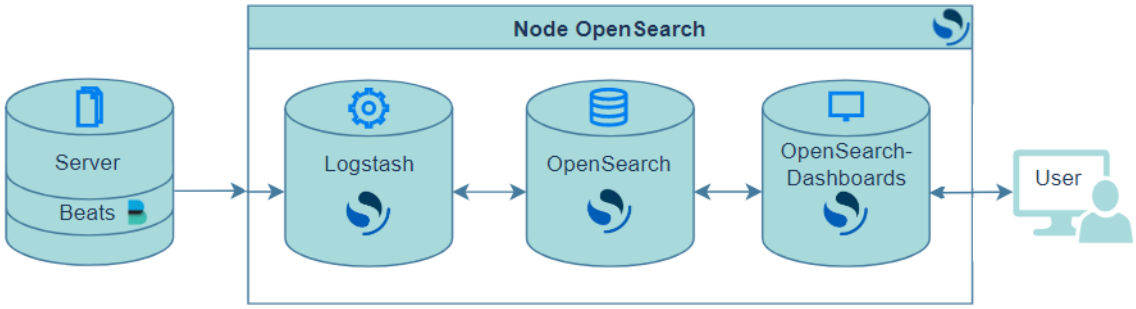


Рис. 2. Архитектура системы автоматизированного детектирования угроз

Beats – это легкие агенты, которые собирают события с различных источников, таких как серверы, сетевые устройства и приложения. Существуют различные типы Beats, специализированные для разных источников данных, для примера мы возьмем Winlogbeat, который отвечает за сбор журналов событий Windows.

Logstash – это сервис для приема, обработки и отправки данных. Он принимает данные от Beats, обрабатывает их и отправляет в OpenSearch для дальнейшего хранения и анализа.

OpenSearch – это открытая платформа для поиска и анализа данных. Она хранит индексированные данные и предоставляет возможности для поиска и анализа.

OpenSearch Dashboards позволяет отслеживать и анализировать информацию в веб-интерфейсе с помощью специальных панелей. Они отображают данные из OpenSearch, что помогает в мониторинге и анализе.

Чтобы выявить инцидент, нужно проанализировать собранные данные. Это можно сделать двумя способами: вручную перебрать все события или использовать инструменты автоматического анализа. Один из таких автоматических инструментов – структурированный формат правил Sigma. Он предназначен для выявления инцидентов безопасности в системах и сетях.

Правила Sigma – это текстовые описания в формате YAML, предназначенные для обнаружения подозрительной активности, которая может быть связана с киберугрозами.

Главное преимущество этих правил заключается в том, что они имеют стандартизированный формат. Благодаря этому можно создать правило один раз и использовать его в разных системах SIEM без необходимости переписывать его. Это значительно упрощает работу, уменьшает количество ложных срабатываний и позволяет автоматизировать реагирование на инциденты. Схема взаимодействия всех компонентов стенда представлена на рисунке 3.

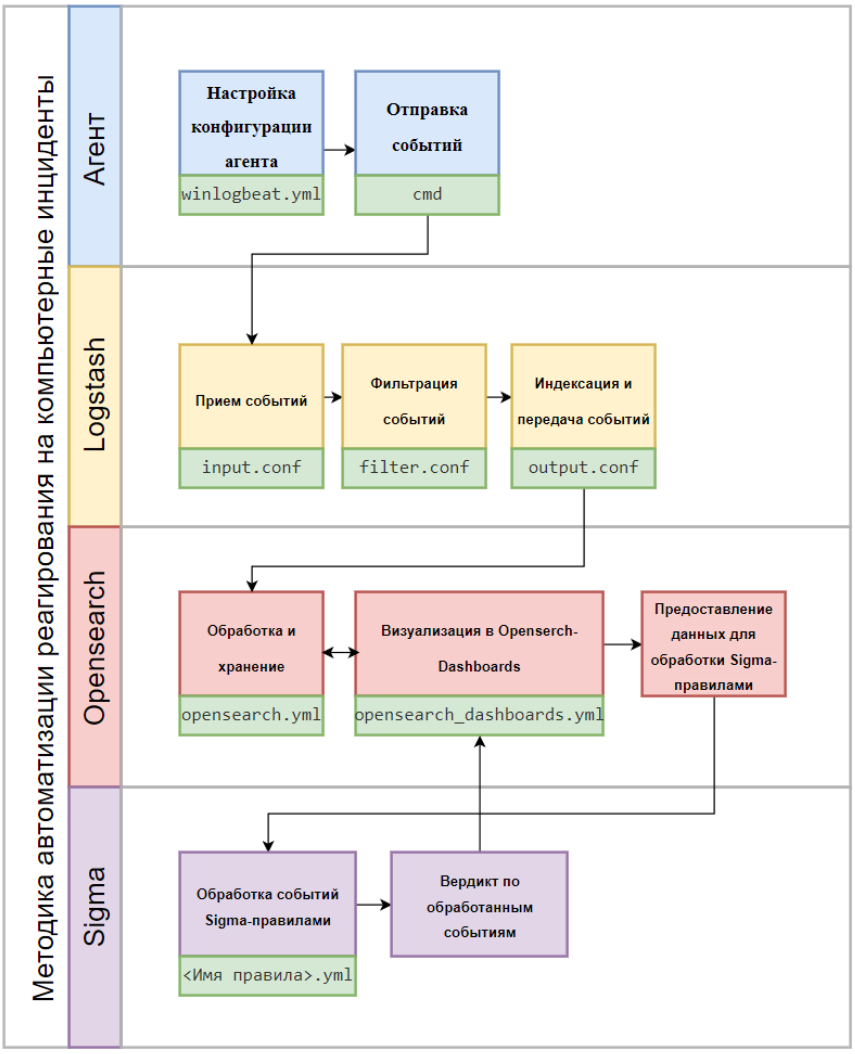


Рис. 3. Взаимодействие компонентов методики

Созданная методика подразумевает применение правил Sigma для описания стандартных планов действий в ответ на разные виды инцидентов. Также эти правила интегрируются с поисковой системой OpenSearch для автоматического обнаружения и анализа соответствующих данных. Такой подход позволяет значительно уменьшить время реакции на инциденты, улучшить точность и результативность решений, а также обеспечить более высокий уровень информационной безопасности компании.

Список используемых источников

1. Скорых М. А. Анализ актуальных компьютерных атак и типов вредоносного программного обеспечения в 4 квартале 2023 года / М. А. Скорых, И. Д. Таратынов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2024. С. 629–633. EDN LRYWTA.
2. Документация OpenSearch. URL: https://opensearch.org/ (дата обращения 11.11.2024).
3. Документация и синтаксис Sigma-правил. URL: https://sigmahq.io/ (дата обращения 11.11.2024).
4. Построение доверенной вычислительной среды / А. В. Красов, А. М. Гельфанд, В. И. Коржик [и др.]. Санкт-Петербург: Индивидуальный предприниматель Петрив Роман Богданович, 2019. 108 с. ISBN 978-5-6043143-2-6. EDN RECXBI.

Shepelev A. **METHOD FOR AUTOMATING RESPONSE TO COMPUTER INCIDENTS BASED ON SIGMA RULES AND OPENSEARCH.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Computer incidents can be caused by various factors. They can lead to data leakage, disruption of information systems, financial losses and other negative consequences. Therefore, it is important to have an effective computer incident response system that will quickly detect and fix emerging problems.
The relevance of the topic is due to the need to develop a methodology for automating the response to computer incidents. Existing methods require significant time and resources, which can lead to delays in detecting and resolving incidents. In this regard, there is a need to create more effective methods based on the use of modern technologies.

Key words: information security, cybersecurity, SIEM systems, monitoring systems, information security incidents, OpenSearch.

ГУМАНИТАРНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВОГО ОБЩЕСТВА

Вопросы регионоведения и межкультурных коммуникаций в цифровую эпоху

УДК 369.032.2
ГРНТИ 11.15

РОЛЬ ФЕДЕРАЛЬНОГО МИНИСТЕРСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ФРГ В РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

М. Т. Абиева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В условиях глобальных экологических кризисов экологическая политика становится приоритетом для устойчивого развития стран. Важнейшую роль в ее реализации играют государственные структуры, обеспечивающие комплексный подход к природоохранным мерам. В Германии этой задачей занимается Федеральное министерство окружающей среды, отвечающее за внедрение экологических стандартов и защиту природы.

государственная политика, экологическая политика, окружающая среда, Министерство окружающей среды, ФРГ

В условиях глобальных экологических вызовов, угрожающих устойчивому развитию человечества, роль государственных структур в реализации национальной экологической политики приобретает ключевую значимость. В Федеративной Республике Германия (далее – ФРГ), стране с богатой историей охраны окружающей среды и высокой экологической осведомленностью населения, одним из ключевых акторов в сфере природоохранной деятельности является Федеральное министерство окружающей среды, охраны природы, ядерной безопасности и защиты прав потребителей (нем. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, BMUV).

Созданное 6 июня 1986 г., Федеральное министерство окружающей среды, охраны природы и радиационной безопасности (нем. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU) объединило под своим крылом обязанности

по экологической политике государства, ранее разбросанные по различным министерствам. Авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. послужила толчком к созданию министерства и подчеркнула необходимость комплексного подхода к вопросам безопасности и охраны окружающей среды [1].

Почти 40 лет министерство работает над защитой населения от токсинов и радиации, продвижением разумного и эффективного использования сырья, реализацией действий по борьбе с изменением климата и обеспечением использования природных ресурсов таким образом, чтобы защитить разнообразие видов животных и растений и сохранить их среду обитания. В соответствии с организационным указом Федерального канцлера от 8 декабря 2021 г., форма и название министерства были изменены. С того момента BMUV отвечает не только за защиту окружающей среды и природы, но и за политику защиты прав потребителей. Данное изменение отражает растущее осознание тесной взаимосвязи между этими областями и подчеркивает важность комплексного подхода к устойчивому развитию. Министерство стремится к стимулированию экономической, экологической и социальной модернизации, придавая приоритет решениям, основанным на естественных климатических процессах, адаптации к изменению климата и рациональному использованию ресурсов [2].

С декабря 2021 г. пост Федерального министра окружающей среды, охраны природы, ядерной безопасности и защиты прав потребителей занимает Штеффи Лемке (из политической партии «Союз 90/Зеленые»). Работу Федерального министра поддерживают государственные секретари Кристиана Роледер и Стефан Тидов, а также парламентские государственные секретари Беттина Хоффманн и Ян-Никлас Гезенхюс. В настоящий момент офисы министерства расположены в Берлине и Бонне.

BMUV состоит из девяти департаментов (директоратов), каждый их которых разделен на отделы. Руководители департаментов координируют деятельность своего подразделения и подотчетны Федеральному министру и государственным секретарям. Федеральное министерство окружающей среды имеет сложную организационную структуру. Каждый из его департаментов состоит из множества отделов, число которых варьирует от 14 до 17. Такая структура, состоящая из многочисленных подразделений, позволяет эффективно распределять задачи и ресурсы, обеспечивая комплексный подход к решению задач в сфере охраны окружающей среды, защиты прав потребителей и других ключевых направлениях деятельности министерства. При этом работа каждого департамента может осуществляться исключительно в Берлине, только в Бонне, либо же в обоих городах, в зависимости от специфики его задач и потребностей. Все департаменты деятельности Министерства окружающей среды и направления их представлены в таблице 1 [3].

ТАБЛИЦА 1. Структура Министерства окружающей среды, охраны природы, ядерной безопасности и защиты прав потребителей

Департамент	Направление деятельности	Руководитель
Z (Zentralabteilung) – Центральный отдел	финансовое управление, отдел кадров; поддержка экологических проектов; работа над основополагающими вопросами экологической политики и др.	Андреа Мейер
G (Grundsatz und Dialog) – Фундаментальные вопросы политики и диалог	вопросы экологического права, политики устойчивого развития, климата и энергетики; социальные аспекты экологической политики; исследования и коммуникация с научными учреждениями и др.	Ронни Мейер
I (Internationales und Europa) – Международная и европейская политика	международное сотрудничество и работа с международными организациями; взаимодействие с ООН; европейская политика: обсуждение принципов и юридических вопросов, касающихся экологической политики в рамках ЕС и др.	Ева Крахт
T (Transformation – Digitalisierung, Circular Economy, Klimaanpassung) – Трансформация Цифровизация, Круговая экономика, Адаптация к климату	внедрение устойчивой цифровой политики; охрана окружающей среды; управление отходами и переработка; разработка стратегий климатической адаптации; устойчивое городское развитие и землепользование и др.	Сюзанн Лоттермозер
S (Nukleare Sicherheit, Strahlenschutz) – Ядерная безопасность, радиационная защита	обеспечение безопасности ядерных объектов, защита от радиации и контроль за утилизацией и хранением ядерных отходов	Геррит Нихаус
V (Verbraucherschutz, Verbraucherrechtsdurchsetzung, Digitale Verbraucherthemen) – Защита прав потребителей, обеспечение соблюдения законодательства и цифровые вопросы защиты прав потребителей	усиление потребительских прав, защита данных и безопасное использование цифровых технологий, обеспечение безопасности товаров и услуг	Хельга Спрингенер
C (Chemikaliensicherheit, Immissionsschutz und Verkehr) – Химическая безопасность, контроль выбросов и транспорт	обеспечение безопасности химических веществ и управление рисками, защита окружающей среды от промышленных выбросов и загрязнений, вопросы транспорта	Антье фон Брук
W (Wasserwirtschaft, Gewässer- und Bodenschutz, Meeresschutz) – Управление водными ресурсами, охрана водных ресурсов и сохранение почвы, защита морской среды	сохранение водных и почвенных ресурсов, защита экологии морей и борьба с загрязнением водоемов	Сибилла Павловски
N (Naturschutz, Nachhaltige Naturnutzung, Natürlicher Klimaschutz) – Охрана природы, устойчивое природопользование, естественная защита климата	поддержание биоразнообразия, защита и устойчивое использование природных ресурсов, интеграция природоохранных мер в политику по борьбе с изменением климата	Йохен Гебауэр

Помимо внутренних подразделений, в сферу ответственности Федерального министерства окружающей среды входят четыре федеральных ведомства: Федеральное агентство по охране окружающей среды (нем. Umweltbundesamt, UBA), Федеральное агентство по охране природы природы (нем. Bundesamt für Naturschutz, BfN), Федеральное ведомство по радиационной безопасности (нем. Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) и Федеральное ведомство по безопасности управления ядерными отходами (нем. Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, BASE). Помимо этого, министерство опирается на экспертные заключения и рекомендации независимых комиссий. К ключевым консультативным органам относятся Немецкий совет экспертов по вопросам окружающей среды и Научно-консультативный совет по глобальным изменениям [4].

Согласно официальным источникам, Федеральное министерство имеет в своем распоряжении в общей сложности 2,403 млрд евро для работы в 2024 г., 1,144 млрд евро из которых были выделены на промежуточное хранение и окончательное захоронение радиоактивных отходов [5]. Министерство активно содействует устойчивому развитию, продвигает экологическую повестку на международной арене, активно взаимодействуя с другими органами (на уровне земель) и общественностью, инициирует законы и проекты для перехода экономики к устойчивым моделям. Помимо активной деятельности в настоящее время, министерство ставит перед собой глобальные цели на несколько десятков лет вперед. В 2016 г. был принят План действий по борьбе с изменением климата до 2050 г. [6]. В плане описывается, как можно достичь национальных целей ФРГ по борьбе по климатической адаптации в соответствии с Парижским соглашением и целями Европейского союза.

Одной из главных особенностей Плана действий Германии по борьбе с изменением климата до 2050 г. является его гибкий характер. Например, изначально планируя сокращение выбросов парниковых газов на 80-95 % по сравнению с уровнем 1990 г. к 2050 г., позже ФРГ обновила свои цели и стремится стать нейтральной по выбросам парниковых газов к 2045 г., что делает ее одной из самых амбициозных стран мира [7]. Центральным аспектом Плана является его ориентация на установление отдельных целей для различных секторов, охватывающих энергетику, строительство, транспорт, промышленность, сельское и лесное хозяйства. Все эти цели подкрепляются поощрением любых инноваций, без концентрации на каких-либо определенных технологиях и привязкой к действиям по борьбе с изменением климата с экономическим развитием.

План действий Германии по борьбе с изменением климата до 2050 г. отражает стремление ФРГ занять ведущие позиции в глобальных климатических инициативах. Ориентируясь не только на текущие задачи по климатической защите, но и на создание более устойчивого и жизнестойкого общества, сочетая экономический

рост с экологической устойчивостью, Германия показывает, что климатические действия могут стать движущей силой для развития.

Подводя итог, Министерство играет важнейшую роль в реализации устойчивого развития и продвижении экологической повестки ФРГ на международной арене. Оно тесно взаимодействует с другими федеральными и региональными органами, научными организациями и общественностью, способствует принятию законов и международных соглашений, регулирующих вопросы экологии и защиты природы. Через свои инициативы и проекты министерство внедряет стандарты и практики, которые стимулируют переход экономики к более устойчивым моделям.

Список используемых источников

1. Umweltpolitische Meilensteine von 1986 bis heute: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. URL: https://www.bmuv.de/ministerium/geschichte/umweltpolitische-meilensteine-von-1986-bis-heute (дата обращения 08.10.2024).
2. Das Ministerium: Aufgaben und Struktur: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. URL: https://www.bmuv.de/ministerium/aufgaben-des-bmuv/aufgaben-und-struktur (дата обращения 08.10.2024).
3. Organigramm – Leitung: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. URL: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Organigramme/organigramm_bf.pdf (дата обращения 10.10.2024).
4. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV): Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. URL: https://www.katrima.de/DE/Wer_macht_was/Akteure/Staatlich/BMUV.html (дата обращения 10.10.2024).
5. Bundes-Milliarden für den Umweltschutz – 2024: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. URL: https://www.bmuv.de/ministerium/struktur-des-bmuv/finanzen (дата обращения 14.10.2024).
6. Climate Action Plan 2050: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. URL: https://www.bmuv.de/publikation/climate-action-plan-2050-de (дата обращения 16.10.2024).
7. 5 takeaways from the BMUV Climate Action Plan 2050: Greenly.Institute. URL: https://greenly.earth/en-gb/blog/ecology-news/5-takeaways-from-the-bmuv-climate-action-plan-2050 (дата обращения 17.10.2024).

Abieva M. **THE ROLE OF THE FEDERAL MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF THE GERMANY IN THE IMPLEMENTATION OF NATIONAL ENVIRONMENTAL POLICY AT THE PRESENT STAGE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the context of global environmental crises, environmental policy is becoming a priority for the sustainable development of countries. The most important role in its implementation is played by government agencies providing an integrated approach to environmental protection measures. In Germany, this task is handled by the Federal Ministry of the Environment, which is responsible for implementing environmental standards and protecting nature.

Key words: state policy, environmental policy, environment, Ministry of the Environment, Germany.

УДК 327
ГРНТИ 11.25.47

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ФРАНКОЯЗЫЧНЫХ СТРАН В РАМКАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРАН ЗАПАДНОЙ АФРИКИ С ФРАНЦИЕЙ

Е. В. Сердюк
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья повествует о французской западной Африке в современном мире, через призму международной организации франкоязычных стран. Можно указать тенденцию падения французского языка в бывших колониях, однако в международном сотрудничестве французский остается связующим элементом. Прослеживается особый интерес Франции к МОФС, посредством которого есть возможность реализации проектов и взаимодействия со странами Африки. Рассмотрены основные направления деятельности организации.

Французская западная Африка, франкофония, Международная организация франкоязычных стран.

Французская западная Африка (*Afrique Occidentale Française)* – колониальные владения Франции в Африке 1895-1958 гг., состоящая из 8 территорий современных стран: Мавритания, Сенегал, Мали, Гвинея, Кот-д'Ивуар, Буркина-Фасо, Бенин, Нигер. 1960 год называют годом Африки, когда колонии получили независимость. С этого момента начинается развитие и становление суверенных государств, но долгое колониальное влияние оставило след в жизни каждой страны. Самым главным элементом является французский язык, через который Франция не потеряла влияние и связь с бывшими колониальными владениями до сих пор.

Леопольд Седар Сенгор – президент Сенегала (1960–1980), поэт. Его называют одним из основателей идеи франкофонии. Он считал, что Франция должна поддерживать сохранение французского языка в бывших колониях и сказал: «На обломках колониализма мы нашли этот замечательный инструмент – французский язык.» [1]

Осуществив сначала культурное и образовательное сотрудничество франкоязычных стран, Франция перешла к многостороннему сотрудничеству, которое было бы способно отвечать на современные вызовы. Термин франкофония заключается в использовании французского языка для службы солидарности и сближению народов посредством диалога. В 1970 году была подписана конвенция о создании Агентства по культурному и техническому сотрудничеству (АКТС), объединив 21 государство [1]. В 2005 году стала Международной организацией франкоязычных

стран (МОФС) – *l'Organisation internationale de la Francophonie (OIF),* которая объединяет 93 государства мира и более 300 млн человек.

Президент Франции Эммануэль Макрон с 2018 года ставит главной целью продвижение интересов Франции в направлении усиления влияния и учета многообразия франкоязычного мира, многостороннего измерения в отношениях с франкоязычными государствами, особенно в Африке. Это реализуется путем увеличения финансирования и инвестиций в проекты, связанных с образованием на французском языке, особенно в сфере высшего образования, и в первую очередь на африканском континенте, а также усилением присутствия французского языка в интернете и в международных организациях [2].

Новые подходы Э. Макрона, в отличие от предыдущей политики Франкофонии, учитывают интересы всех представителей франкоязычного мира, налаживают партнерские отношения в сфере образования, экономики и бизнеса, продвигают цифровую культуру на французском языке, а также восстанавливают престиж Франции во франкоязычном пространстве. Французский, 5-й по распространенности язык в мире, остается одним из мировых языков.

Наиболее интересно положение стран – бывших колоний Франции в МОФС, в статье мы рассмотрим статус Мавритании, Сенегала, Мали, Гвинеи, Кот-д'Ивуар, Буркина-Фасо, Бенин и Нигера. В таблице 1 представлены показатели говорящих на французском языке людей в странах западной Африки. На основании данных 2022 года во всех перечисленных странах, кроме Мавритании, французский является официальным языком, в среднем в странах на французском говорит 24 % населения, остальные на языках коренных народов.

ТАБЛИЦА 1. Страны западной Африки – франкофоны 2022.

Страна	Год вступления в МОФС	Численность населения, млн чел.	Говорящие на французском языке, чел.	Говорящие на французском языке, %.
Бенин	1970	13,35	4 306 000	34
Буркина-Фасо	1970	22,67	5 404 000	24
Гвинея	1981	13,86	3 777 000	27
Кот-д'Ивуар	1970	28,16	9 325 000	34
Мавритания	1980	4,7	656 000	13
Мали	1970	22,59	3 703 000	17
Нигер	1970	26,21	3 363 000	13
Сенегал	1970	17,32	4 640 000	26

Однако положение французского языка Мавритании, Мали и Нигере нестабильно, менее 20 % населения владеет языком. В системе формального образования в качестве языков обучения используются 4 языка коренных народов.

В Буркина-Фасо в 2023 году была принята поправка к конституции, которая утвердила статус официальных языков за национальными языками, закрепляя английский в качестве рабочего в администрации, а французский теряет свой статус. «Закрепление национальных языков в качестве официальных – это глубокое стремление народа, и правительство, подводя итог, убеждено, что народ не может развиваться на языке других» [3].

В Сенегале влияние французского языка также ослабевает. Он уступает место волофу, самому распространенному местному языку. «Волоф набирает популярность, потому что сенегальцы хотят, чтобы их заметили. Они хотят отделиться от колониального наследия и вернуть себе свою культурную идентичность, - сказал Аджарату Салл» [4].

Тем не менее, МОФС положительно смотрит на распространение французского языка в мире. Ожидая, по оценкам, к 2070 году от 500 до 800 млн человек, говорящих на французском языке, большинство из которых будут составлять молодые люди, проживающие в Африке. Это одновременно большая надежда и огромный вызов для всего франкоязычного движения.

МОФС выделяет 4 основные задачи, для реализации которых проводит мероприятия в области международной политики и многостороннего сотрудничества:

– продвижение французского языка, многоязычия и культурного разнообразия;

– содействие миру, демократии и правам человека;

– поддержка образования, профессиональной подготовки, высшего образования и исследований;

– развивать экономическое сотрудничество в интересах устойчивого развития [1].

С 1986 года было проведено 19 саммитов франкофонии. Эти политические консультации на самом высоком уровне постепенно укрепили место Франкофонии на международной арене, одновременно расширив сферу ее деятельности и улучшив ее структуры и методы функционирования.

Последний саммит состоялся в октябре 2024 года в Париже. 19-й саммит Франкофонии стал важным дипломатическим, политическим, экономическим и культурным событием.

Франция и МОФС договорились, что в центре внимания мероприятия будут креативность, инновации и предпринимательство в многообразии франкоязычного мира. Выбранная тема побуждает всех «творить, внедрять инновации и вести бизнес на французском» [5].

Поскольку Франкофония – это пространство для обмена мнениями, способствующее экономическому процветанию франкоязычных народов, государственный секретарь объявил о создании программы трудоустройства франкоязычных стран *PIMEF*. Эта Международная программа мобильности трудоустройства франкоязычных стран ориентирована на молодежь. Она будет действовать на основе принципа взаимности. Университетское агентство Франкофонии объединяет 1100 университетов и исследовательских центров в 120 странах (студенты, преподаватели, исследователи, административные работники). Молодые франкоязычные студенты этих университетов смогут воспользоваться программами мобильности, направленными на повышение квалификации и / или трудоустройство.

Франкоязычный мир также является пространством культурного и образовательного развития. Чтобы повысить свою привлекательность, появится возможность 100 молодым волонтерам, гражданам государств-членов МОФС, принять участие в многомесячных миссиях в другой стране франкоязычного пространства, с организациями гражданского общества, территориальными органами власти и государственными органами, действующими в связи с образовательным сотрудничеством, социальное предпринимательство и защита ценностей франкофонии.

Франция поддерживает феминистские организации, деятельность которых оказывает преобразующее влияние на общество и государственную политику. Запускается «Альянс франкоязычных феминисток», в рамках которого будет поддержан консорциум ассоциаций для координации и финансирования участия феминистских организаций в крупных международных мероприятиях и саммитах, укрепления их технического представительского и переговорного потенциала, поддержки их пропаганды в поддержку увеличения финансирования международной феминистской экосистемы.

Также Франция запускает франкоязычную сеть за равенство и права женщин в Квебеке. Эта инициатива позволит создать пространство для консультаций и координации, объединив представителей государств-членов и наблюдателей при МОФС и / или франкоязычных стран, имеющих общий интерес и приверженность продвижению прав женщин и девочек и гендерного равенства.

Принятый комплекс мер является еще одним шагом на пути к созданию франкоязычного сообщества в действии, в образовательном, экономическом, культурном плане, в интересах равенства между женщинами и мужчинами и в интересах возможностей для молодежи.

В мире, переживающем кризис, Франкофония – это особое пространство многостороннего сотрудничества, позволяющее ее членам координировать свое мировоззрение и быть силой прогресса и преобразования мира.

Список используемых источников

1. L'Organisation internationale de la Francophonie. URL: https://www.francophonie.org/ (дата обращения 13.11.2024).
2. Une ambition pour la langue française et le plurilinguisme: Bilan après 5 ans d'action // ELYSEE. URL: https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2023/10/27/une-ambition-pour-la-langue-francaise-et-le-plurilinguisme-bilan-apres-5-ans-daction (дата обращения 13.11.2024).
3. Burkina: L'anglais et le français deviennent des langues de travail, les langues nationales officielles // Agence d`information du Burkina. URL: https://www.aib.media/burkina-langlais-et-le-francais-deviennent-des-langues-de-travail-les-langues-nationales-officielles/ (дата обращения 13.11.2024).
4. In Senegal, the bastion of the region's Francophonie, French is giving way to local languages // The Washington Times. URL: https://www.washingtontimes.com/news/2024/oct/4/in-senegal-bastion-of-regions-francophonie-for-dec/ (дата обращения 13.11.2024).
5. Francophonie Summit will focus on creativity, innovation and entrepreneurship in French // XIX Sommet de la Francophonie. URL: https://francophonie2024.gouv.fr/en/19th-francophonie-summit-in-france-focusing-on-creativity-innovation-and-entrepreneurship-in-french/ (дата обращения 13.11.2024).

Serdyuk E. **THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF FRENCH-SPEAKING COUNTRIES IN THE FRAMEWORK OF COOPERATION BETWEEN THE COUNTRIES OF WEST AFRICA AND FRANCE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article talks about French West Africa in the modern world, through the prism of the international organization of Francophonie. It is possible to point out the trend of the decline of the French language in the former colonies, but in international cooperation, French remains a connecting element. France has a special interest in the OIF, through which it is possible to implement projects and interact with African countries.

Key words: French West Africa, Francophonie, International Organization of French-speaking Countries.

Реклама и связи с общественностью в цифровом обществе

УДК 658.8
ГРНТИ 06.54.31

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ И РЕАЛИЗАЦИИ МАРКЕТИНГОВЫХ СТРАТЕГИЙ

И. А. Алексеенко, А. В. Беляев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире технологии искусственного интеллекта (ИИ) играют ключевую роль в различных сферах деятельности, включая маркетинг. Маркетинговые исследования, направленные на анализ рынка, потребителей и конкурентов, становятся все более эффективными благодаря применению ИИ. Данные, полученные в результате исследований с применением технологий ИИ, оказывают влияние на качество процессов разработки и реализации маркетинговых стратегий в условиях цифровой трансформации общества.

технологии искусственного интеллекта (ИИ), маркетинговые стратегии, маркетинговые исследования, Big Data, цифровой маркетинг, персонализация

Актуальность проблемы повышения эффективности разработки маркетинговых стратегий в современных условиях состоит в том, что по мере развития цифровизации общества нужно находить все более технологические решения в работе, количество обрабатываемых данных ежегодно растет, поэтому современные маркетологи обязаны делегировать данную задачу на ИИ, так как использование человеческого ресурса в данной сфере не целесообразно и экономически не выгодно. Также ежегодно конкуренция между компаниями в сфере маркетинга ужесточается, так как появляются новые идеи, реализуемые с помощью ИИ, которые открывают новые границы в сфере маркетинга.

Разработка маркетинговой стратегии компании предполагает выполнение следующих задач: анализ, планирование, реализация маркетинговой стратегии и последующая работа с данными, полученными в следствии маркетинговой стратегии.

Технологии искусственного интеллекта (далее – ИИ) представляют собой новые возможности для повышения эффективности маркетинговых стратегий на различных этапах: разработки, реализации, оценки достижения поставленных целей.

Для определения возможностей использования ИИ в маркетинге необходимо обратиться к сути понятия «искусственный интеллект».

Так как ИИ продолжает свое неостановимое и невероятно быстрое развитие, какого-то однозначного терминологического определения дать в современных реалиях невозможно. Согласно определению, данному в Национальной стратегии развития ИИ в Российской Федерации до 2030 года, «ИИ – это совокупность технологических решений, способных имитировать когнитивные функции человека и достигать результатов, как минимум сопоставимых с человеческим интеллектом, что также включает в себя способность к самообучению и поиску решений без заранее заданных алгоритмов». В нем также указано, что к таким технологическим решениям относятся инфраструктура информационно-коммуникационных технологий, программное обеспечение (в том числе, с использованием методов машинного обучения), процессы и услуги по обработке данных и поиску решений [1].

В мире маркетинга ИИ дал переосмыслить ведущим компаниям подход к цифровому маркетингу. Его применение дает множество возможностей начиная от анализа «Big Data» и автоматизации множества процессов внутри компании, до разработки результатов маркетинговых компаний [2].

Рассмотрим основные функции ИИ в маркетинговых исследованиях и его преимущества.

Анализ данных. ИИ позволяет обрабатывать большие объемы данных (Big Data) с высокой скоростью и точностью.

Прогнозирование. ИИ может предсказывать поведение потребителей, тренды на рынке и изменения в предпочтениях.

Сегментация рынка. ИИ дает возможность проводить более детальную сегментацию рынка.

Анализ конкурентов. ИИ может анализировать данные о конкурентах, выявлять их сильные и слабые стороны.

Автоматизация процессов: Автоматизация задач, таких как сбор данных, анализ и отчетность.

Таким образом, использование ИИ в разработке и реализации маркетинговых стратегий имеет большое количество преимуществ.

Применение ИИ не только дает компаниям возможность сократить временные затраты за счет цифровизации и автоматизации маркетинговых процессов, но также это приводит к существенному сокращению операционных издержек за счет сокращения количества работников.

ИИ предоставляет возможность разрабатывать более персонализированные маркетинговые кампании, опять же за счет более подробного изучения рынка.

ИИ может создавать разнообразные концепции дизайнов для товаров или их упаковки. Разработка дизайна при выпуске нового продукта, одна из основных составляющих маркетинговой стратегии. В маленьких компаниях это сокращает расходы на дизайнеров.

ИИ может предсказывать будущие тренды или изменения на рынке, это поможет маркетологам при разработке стратегий.

В настоящее время крупнейшие транснациональные корпорации активно внедряют ИИ в свои маркетинговые стратегии. Так компания P&G использует PaveAI для обработки данных о почти 300 миллионах посетителей в месяц, а такие компании как IBM, Microsoft, Boeing, Nestle использую ИИ от компании Acrolinx для создания контента и прогнозирования успеха данного контента. Компания Amazon использует ИИ от компании Bedrock для оптимизации рекламных компаний [3, 4].

Естественно, при наличии преимуществ, которые дает применение ИИ в маркетинге, имеются и существенные недостатки, такие как достоверность и наличие исходных данных, вопрос этики, с которым у ИИ иногда возникают проблемы, и сложность в интерпретации конечных результатов после работы ИИ.

Анализ процесса трансформации компаний потребительского сектора показывает, что цифровая трансформация с применением ИИ напрямую связана с такими проблемами, как: огромные первоначальные расходы и необходимость повышения квалификации коллективов компаний [5].

Перспективы развития использования технологий ИИ связаны, прежде всего, с дальнейшим улучшением точности и скорости анализа данных, а также расширением возможностей персонализации маркетинговых кампаний. Интеграция ИИ с другими технологиями, такими как Интернет вещей (IoT) и блокчейн, откроет новые горизонты для маркетинговых исследований.

Как показывают исследования, уже сейчас существуют технологии, превосходящие по интеллекту среднестатистического человека. Данные, представленные на рис. 1, отражают сравнительные результаты тестирования IQ некоторых моделей ИИ, в том числе уже известные в России: ChatGPT-3.5, ChatGPT-4, Gemini (normal), Bing Copilot [6]. Через какое-то это приведет к замене людей, работающих на разных должностях, в частности на должности маркетолога, на программы ИИ.

AI	IQ Score	Questions right (out of 35 per test)	Chance it beats random guessing
Claude-3	101	18.5	99.999999%+
ChatGPT-4	85	13	99.9986%
Claude-2	82	12	99.9911%
Bing Copilot	79	11	99.9314%
Gemini (normal)	77.5	10.5	99.8212%
Gemini Advanced	76	10	99.5894%
Grok	68.5	7.5	87.9402%
Llama-2 (Meta)	67	7	80.3278%
Claude-1	64	6	56.3155%
ChatGPT-3.5	64	6	56.3155%
Grok Fun	64	6	56.3155%
Random Guesser	63.5	5.8333	50%

Рис. 1. Рейтинг ИИ по IQ тестированию

Технологии искусственного интеллекта играют важную роль в разработке и реализации маркетинговых стратегий. Они позволяют повысить точность анализа,

ускорить процессы и разрабатывать более персонализированные стратегии. Несмотря на существующие вызовы, перспективы развития ИИ в маркетинге выглядят многообещающими, что делает его ключевым инструментом для современных маркетологов.

Список используемых источников

1. Указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на п6е5риод до 2030 года») // «Собрание законодательства Российской Федерации». 14.10.2019. № 41. с. 2.
2. Зырянов А. С. Методы применения искусственного интеллекта при формировании маркетинговой стратегии предприятий. URL: http://edrj.ru/article/03-08-24 (дата обращения 29.10.2024 г.)
3. Долженко И. Б. Изменения в маркетинге ТНК потребительского сектора под влиянием цифровой трансформации // Вектор экономики, 2023. № 3 (81).
4. Слицкая А.Е. Применение искусственного интеллекта в маркетинге. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie- iskusstvennogo-intellekta-v-marketinge-1
5. Смирнов Е. Н., Лукьянов С. А. Формирование и развитие глобального рынка систем искусственного интеллекта // Экономика региона, 2019. № 1. URL: https://cyberleninka. ru / article / n / formirovanie - i - razvitie - globalnogo- rynka-sistem-iskusstvennogointellekta. (дата обращения 9.11.2024 г.)
6. AIs ranked by IQ; AI passes 100 IQ for first time, with release of Claude-3, https://www.ma1ximumtruth.org/p/ais-ranked-by-iq-ai-passes-100-iq.

Alekseenko I., Belyaev A. **APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF MARKETING STRATEGIES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, artificial intelligence (AI) technologies play a key role in various fields of activity, including marketing. Marketing research aimed at analyzing the market, consumers and competitors is becoming increasingly effective thanks to the use of AI. This improves the processes of developing and implementing marketing strategies.

Key words: Artificial intelligence (AI) technologie1s, marketing strategies, marketing research, Big Data, digital marketing, personalization.

УДК: 659.117.3
ГРНТИ: 19.45

ЦИФРОВОЙ МАРКЕТИНГ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОТЕЗНО-ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ

И. Е. Астафьева-Румянцева, У. И. Степурова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича

Цифровой маркетинг становится важным инструментом для компаний, производящих протезы. Существует множество групп в социальных сетях, блогов и тематических форумов, специально созданных для людей, которые испытывают трудности в повседневной жизни. Почему же маркетинговые стратегии – это первый шаг к улучшению жизни людей с ограниченными возможностями? – именно этот вопрос и возможные ответы на него анализируются в данной статье.

цифровой маркетинг, маркетинговые стратегии, протезы, люди с ограниченными возможностями, пользовательский контент

В современном мире люди с ограниченными возможностями сталкиваются с множеством препятствий, которые могут негативно влиять на их повседневную жизнь. Физические ограничения затрудняют выполнение простейших задач, таких как передвижение, работа и участие в общественной жизни. Эти проблемы не только телесные, но и психологические, поскольку они могут создавать ощущение изоляции, низкой самооценке и отсутствию возможностей для полноценного участия в общественной жизни.

Протезы играют ключевую роль в улучшении качества жизни людей с ограниченными возможностями. Они не только помогают восстановить физическую функцию, но и способствуют психологической реабилитации, позволяя людям вновь обрести независимость и уверенность в себе. Протезы могут значительно расширить возможности их пользователей, обеспечивая им более высокий уровень активности и вовлеченности в социальные и профессиональные сферы.

Цифровой маркетинг как комплекс стратегий и методов продвижения товаров и услуг через цифровые каналы, включая социальные сети, контент-маркетинг, поисковые системы, email-рассылки и веб-сайты играет значимую роль в современном бизнесе, обеспечивая компаниям возможность эффективного взаимодействия с потребителями, повышения видимости бренда и оптимизации продаж. Позволяет взаимодействовать с определенными сегментами аудитории, анализировать их поведение и предпочтения, что дает возможность разрабатывать более персонализированные и эффективные рекламные кампании.

Одним из ключевых инструментов цифрового маркетинга выступают социальные сети. С помощью представительств в социальных сетях у производителей, фондов и иных некоммерческих организаций появилась возможность взаимодействовать с пользователями, создавая специализированные сообщества и распространяя в них значимую для подписчиков информацию. Две наиболее эффективные платформы – это «ВКонтакте» (возможность делиться новостями, создавать и проводить опросы, публиковать видео-контент и инфографику, а также взаимодействовать с пользователями с помощью комментариев и личных сообщений [1]) и «Telegram» (мессенджер-платформа, где компании обладают потенциалом к созданию собственных каналов с целью новостного информирования, проведения обсуждений и публикации персонализированного контента, направленного на освещение товаров и услуг [2]).

Ведение блогов стало неотъемлемой частью контент-маркетинга для организаций, которые производят протезы. Благодаря блогам компании укрепляют позиции бренда как эксперта в этой отрасли и предоставляют важную информацию, которая может поспособствовать улучшению качества жизни людей с ограниченными возможностями.

Рассмотрим несколько примеров успешных блогов компаний, относящихся к индустрии протезирования. Блог «Life After Amputation» [3] рассказывает о повседневной жизни людей после ампутации, предлагает советы по адаптации от инженеров-протезистов и информацию о инновациях в отрасли. «The Amputee Coalition Blog» [4], кроме личных историй своих клиентов, публикует советы по уходу за культей и протезом, актуальную информацию о правах людей с ограниченными возможностями. «Prosthetic Updates» [5] содержит новостной контент с информацией об исследованиях в области протезирования и медицины, а также транслирует интервью с экспертами в области протезирования. Создание и ведение блогов дает возможность компаниям генерировать полноценное сообщество поддержки. Благодаря подобным ресурсам людям с ограниченными возможностями удается легче преодолевать этап адаптации как с моральной, так и с физической и профессиональной сторон.

Не менее значительную роль играют тематические форумы, поскольку они предоставляют пространство, где люди могут обменяться опытом, получить советы, поддержку и важную для них информацию. Организации, которые занимаются созданием протезов, зачастую прибегают к использованию данного формата платформ с целью взаимодействия с клиентами. Форумы «Amputee Coalition» [6] и «Prosthetics and Orthotics» [7] являются площадками для обмена опытом, мнениями и проблемами пользователей, при этом компании-разработчики протезов выступают здесь в качестве экспертов. Так, исландская организация «Össur» активно принимает уча-

стие в обсуждениях и предоставляет информацию о новых передовых технологиях в области протезирования

Личные истории людей с ограниченными возможностями являются мощным инструментом в цифровом маркетинге. Такие кейсы демонстрируют функциональность и эффективность протезов, а также они способны вдохновить других людей, находящихся в подобной или аналогичной ситуации, сделать первый шаг на пути к изменениям в жизни.

Кейс «The Story of Marian: New Boundaries» от немецкой компании «Otto Bock» повествует о Фрирайдере Мариане, который смог вернуться к активной жизни и продолжить кататься на лыжах, после инвалидизации под снежной лавиной. Его путь от потери конечности до активного использования протеза описано в четырех эпизодах [8]. «A Brief History of the Patient» от «PrimeCare»: китайская компания опубликовала историю Марка, который потерял ногу в результате борьбы с раком. Главный герой подробно описывает свое восстановление и возвращение к полноценной жизни, уделяя особое внимание в виде благородности своему протезисту, поскольку благодаря нему он смог вернуться к столярному делу [9]. Компания «Össur» увеличила интерес к организации в социальных сетях и повысила осведомленность о бренде благодаря проекту «Life Without Limitations» [10]. «Orthotics and Prosthetics» социальный проект от компании «PrimeCare», посвященный реальным историям людей с ампутацией. В одном из кейсов опубликована история Рене Антилло, который после ампутации вернулся к активной жизни благодаря индивидуально подобранному протезу. Кейс увеличил как количество уникальных обращений в клинику, так и количество заказов на разработку протеза [11].

Личные истории людей с ограниченными возможностями помогают компаниям создать доверие и эмоциональную связь с потенциальными клиентами. Организации, которые активно прибегают к данной форме коммуникации, получают возможность укрепить свою репутацию на рынке и поддержать людей с ампутацией, наглядно демонстрируя, что у каждого есть шанс вернуться к активной и полноценной жизни.

Цифровой маркетинг для компаний в области протезирования стал ключевым инструментом, который предоставляет возможность увеличить лояльность клиентов. Для оценки его эффективности организации применяют различные методы:

1. Метрики и KPI: коэффициент конверсии, стоимость привлечения клиента, возврат на инвестиции, уровень удержания клиентов.

2. Пользовательское поведение: отслеживание взаимодействия пользователей с веб-сайтами и рекламой, например, с помощью Google Analytics.

3. Обратная связь: опросы, анкеты, исследования удовлетворенности клиентов продуктами и услугами.

Будущее цифрового маркетинга в производстве протезов будет определяться инновациями, которые сделают взаимодействие с пользователями более личным и эффективным. Используя новые технологии и подходы, компании смогут не только повысить свою конкурентоспособность, но и действительно изменить жизнь людей с ограниченными возможностями к лучшему. Инвестирование в цифровые технологии и ориентирование на потребности пользователей станут ключевыми факторами успеха в этой области.

Список используемых источников

1. Официальный аккаунт компании «Протезно-ортопедическое предприятие Московцева» в социальной сети ВКонтакте // «ВКонтакте». URL: https://vk.com/vsevpropm
2. Официальный аккаунт компании «Протезно-ортопедическое предприятие Московцева» в социальной сети Telegram // «Telegram». URL: https://t.me/moskovtcev
3. Life After Amputation // «Pam Health». URL: https://pamhealth.com/company/company-updates/life-after-amputation-what-to-expect-for-the-new-amputee
4. The Amputee Coalition Blog // «Thrive Community Stories». URL: https://blog.amputee-coalition.org/
5. Prosthetic Updates // «Wired». URL: https://www.wired.com/tag/prosthetics/
6. Amputee Coalition // «Ac Connect». URL: https://community.amputee-coalition.org/home
7. Prosthetics and Orthotics // «RFPO». URL: https://www.rf-po.com/
8. The Story of Marian: New Boundaries // «Otto Bock». URL: https://www.ottobock.com/en-gb/prosthetics/stories/new-boundaries
9. A Brief History of the Patient // «PrimeCare ». URL: https://primecareprosthetics.com/patient-success-stories/overcoming-bone-infection-with-prosthetics-case
10. Life without limitations // «Össur». URL: https://www.ossur.com/en-us/life-without-limitations
11. Orthotics and Prosthetics // « PrimeCare ». URL: https://primecareprosthetics.com/patient-success-stories/leg-prosthetics-after-infection-case

Astafieva-Rumyantseva I., Stepurova U. **DIGITAL MARKETING OF PROSTHETIC AND ORTHOPEDIC COMPANIES TO IMPROVE THE LIVES OF PEOPLE WITH DISABILITIES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Digital marketing is becoming an important tool for companies producing prosthetics. There are many social media groups, blogs and thematic forums created specifically for people who have difficulties in everyday life. Why are marketing strategies the first step to improving the lives of people with disabilities? This is the question and possible answers to it are analyzed in this article.

Key words: digital marketing, marketing strategies, prosthetics, people with disabilities, user-generated content.

УДК: 339.138
ГРНТИ: 28.23

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА РЕКЛАМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. Аука, А. И. Рафиков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Искусственный интеллект (ИИ) значительно влияет на современные рекламные технологии, включая таргетинг, персонализацию, автоматизацию рекламных процессов и прогнозирование пользовательского поведения. К основным технологиям ИИ относятся машинное обучение, нейросети, обработка естественного языка и компьютерное зрение. В данной статье анализируется необходимость изучения воздействия искусственного интеллекта на рекламные технологии.

искусственный интеллект, реклама, таргетинг, персонализация, автоматизация, прогнозирование, этика

Искусственный интеллект принято относить к области информатики, которая занимается программным обеспечением и созданием систем. ИИ – это совокупность решений, которые имитируют интеллектуальные функции человека, с целью выполнения поставленных перед ним задач с помощью определенных алгоритмов, которым его обучили ранее или которые он освоил самостоятельно [1]. За последние годы искусственный интеллект быстро развился и теперь он охватывает несколько направлений: робототехника, машинное обучение, компьютерное зрение и обработка естественного языка. Его используют в медицине (составление плана лечения), в образовании (создание учебных программ), в бизнесе (автоматизация маркетинга). ИИ стал также использоваться и в рекламе, благодаря нему специалисты могут быстрее оптимизировать рекламные процессы. Искусственный интеллект научился анализировать данные, выбирать и описывать целевые аудитории, составлять портреты потребителей, предсказывать отношение аудитории к тому или иному продукту или услуге.

Можно выделить основные направления ИИ, которые используются в рекламе: машинное обучение позволяет предсказывать поведение пользователей, сегментировать аудиторию и оптимизировать рекламные кампании, компьютерное зрение помогает анализировать визуальные объекты и лица, обработка естественно языка помогает анализировать отзывы и комментарии пользователей, распознавать тон и настрой сообщения, а нейросети помогают создавать визуальный материал (фотографии, картинки, видеоролики), текстовый материал (пресс-релизы, продающие тексты, информационные тексты, слоганы), аудиоматериал (музыка, песни, голосо-

вые сообщения). Удачными примерами использования искусственного интеллекта в рекламных кампаниях служат следующие кейсы: компания «Google» внедрила в «Google Ads» машинное обучение [2]. Теперь с помощью ИИ можно оценить степень соответствия рекламного объявления, всплывающего перед пользователем, и их запросами. Появилась возможность оценить вероятность возникновения заинтересованности у пользователей. Компания «Facebook» (является запрещенной социальной сетью на территории Российской Федерации и признана экстремистской) внедрила машинное обучение [3]. Благодаря этому рекламодатели могут более детально настраивать таргетированную рекламу, анализировать поведение пользователей и выбирать аудиторию, перед которой будет показано объявление. Компания «Amazon» внедрила машинное обучение для упрощения анализа предпочтений покупателей [4]. Прежде чем будет опубликована рекламная карточка товара перед потребителем, ИИ проанализирует историю запросов и ранее купленные товары с этого аккаунта.

Самым главным преимуществом искусственного интеллекта в рекламе стал таргетинг и его точность. ИИ анализирует поведение потребителей, изучает историю просмотров, покупок, возвратов, запросов и предлагает подходящее персонализированное рекламное сообщение. Рекламодателям стало гораздо проще выделять целевую аудиторию и исключать лишние расходы на рекламу. Сэкономленный бюджет с помощью ИИ можно перенаправить на другие каналы и сегменты. Удачными примерами использования искусственного интеллекта в социальных сетях и поисковых системах служат следующие кейсы: социальная сеть «YouTube» внедрила ИИ на свою платформу и теперь пользователям предлагаются видеоролики на основе их предпочтений, запросов, комментариев (взаимодействие с контентом) и ранее просмотренных видеоматериалов [5]. Компания «Microsoft» использует ИИ в поисковой системе «Bing» для таргетинга рекламы в «Microsoft Advertising» [6]. Искусственный интеллект анализирует данные и подбирает лучшее место для размещения рекламы, которая будет направленная на выбранные им разные сегменты аудитории.

Искусственный интеллект повысил эффективность рекламы и увеличил количество рекламных публикаций. К основным технологиям, которые связаны с автоматизацией закупок рекламы принято относить Real-Time Bidding – покупка и размещение рекламы на основе аукциона, ИИ анализирует и выделяет ценность рекламных показателей [7]; Demand-Side Platform – автоматическая покупка мест для рекламных объявлений на разных платформах, ИИ анализирует данные и предсказывает какой пользователь купит товар или услугу и размещает рекламу конкретно перед ним [8]; Programmatic Advertising – автоматическая покупка и размещение рекламы, ИИ оптимизирует весь процесс: от выбора аудитории до настройки креативов [9].

Искусственный интеллект может предсказать поведение пользователей и предположить изменения на рынке с помощью алгоритмов. Он анализирует большие базы данных и выявляет паттерны. Это очень актуально, так как ИИ может предсказать какие товары и услуги будут популярны в будущем и как будут развиваться

тренды на рынке. Например, искусственный интеллект может проанализировать поведение пользователя в сети Интернет. Изучить его просмотры и то, как он взаимодействует с рекламой (обращает ли на нее внимание, кликает ли на нее и как часто). ИИ может изучить экономические аспекты и сезонные колебания и предсказать изменения на рынке (какой товар или услуга будет востребован, какой сегмент будет заинтересован в рекламном объявлении данного товара или услуги).

С появлением искусственного интеллекта улучшилась аналитика рекламы. У рекламодателей появилась возможность более точно отслеживать эффективность рекламных кампаний. Ранее специалистам приходилось прибегать к самостоятельному изучению данных на веб-сайтах, в социальных сетях, в мобильных приложениях. Теперь же ИИ собирает и анализирует эти данные за них, делая все быстрее и точнее. Например, с помощью Big Data ИИ может найти скрытые закономерности в поведение пользователей и более точно таргетировать аудиторию [10]. Также искусственный интеллект может спрогнозировать, кто кликнет на рекламное объявление, как часто это будет происходить, в какое время суток лучше публиковать рекламную карточку, где лучше разместить объявление. ИИ обучен изучению и анализу новостей и аккаунтов пользователей в социальных сетях, поэтому он может предположить в каком настроение будет пребывать сегмент, на который рассчитано рекламное объявление и опубликовать или не опубликовать его в данный момент исходя из этого.

Несмотря на обширный функционал искусственного интеллекта, многие специалисты в сфере рекламы негативно высказываются в его адрес из-за этических норм, так как ИИ собирает, анализирует и использует личные данные пользователей, чтобы создавать персонализированные рекламные сообщения. Можно выделить несколько ключевых проблем: ИИ собирает финансовые данные, истории покупок, информацию о здоровье пользователей; ИИ обрабатывает большие объемы личных данных и при возникновении взлома или неисправности или сбоя, все данные могут быть потеряны или опубликованы; ИИ внедряет скрытую рекламу; ИИ генерирует фальшивые отзывы и комментарии, которые могут ввести в заблуждение и подорвать доверие пользователей.

Несмотря на проблемы, которые могут возникнуть при использовании и внедрении искусственного интеллекта в рекламные процессы, данная область компьютерной науки будет стремительно развиваться. В ближайшие годы специалисты в сфере рекламы станут часто прибегать к использованию ИИ, чтобы оптимизировать и облегчить рабочий процесс. Предположительно, искусственный интеллект предоставит возможность генерировать еще более персонализированную рекламу, которую пользователи будут воспринимать как полезное дополнение в виде совета. ИИ научится создавать полноценные рекламные материалы для любой аудитории (видеоролик на определенную тему, рекламные баннеры, голосовые объявления). ИИ сможет управлять рекламными кампаниями на всех этапах: планирование, разработка, реализация, анализ результатов. ИИ будет интегрирован в виртуальную реальность и дополнительную реальность, что создаст новые рекламные форматы.

Будущее искусственного интеллекта в рекламных технологиях открывает возможности для повышения эффективности рекламных кампаний, улучшения персонализации и внедрения новых форматов рекламы. Рекламодатели, которые смогут адаптироваться к этим изменениям, использовать новые технологии и соблюдать этические нормы, займут лидирующие позиции в маркетинге.

Список используемых источников

1. Указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года») // «Собрание законодательства Российской Федерации». 14.10.2019. № 41. ст. 5700.
2. Google использует искусственный интеллект для создания персонализированных поисковых объявлений и улучшения кампаний // «App Master». URL: https://appmaster.io/ru/news/google-ai-personalizirovannye-ob-iavleniia
3. Искусственный интеллект в мире шопинга: как Amazon изменяет ваши покупки // «Vc.ru». URL: https://vc.ru/u/214159-kanal-burenina-alekseya-ai/1495849-iskusstvennyi-intellekt-v-mire-shopinga-kak-amazon-izmenyaet-vashi-pokupki
4. Как компании выигрывают от внедрения искусственного интеллекта // «РБК». URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/668fa9749a794764a7b28447
5. YouTube внедрил искусственный интеллект в редактор видео // «РБК». URL: https://www.rbc.ru/life/news/650d1f149a7947750149c1e1
6. Что умеет ИИ-поисковик Bing от Microsoft // «Т-Ж». URL: https://journal.tinkoff.ru/bing-ai/
7. RTB House создал свой метод использования искусственного интеллекта для повышения конверсий рекламных кампаний // «Retail.ru». URL: https://www.retail.ru/rbc/pressreleases/rtb-khauz-rtb-house-sozdal-svoy-metod-ispolzovaniya-iskusstvennogo-intellekta-dlya-povysheniya-konversiy-reklamnykh-kampaniy/
8. Второе рождение DSP или запуск нейросетей // «Хабр». URL: https://habr.com/ru/articles/811055/
9. Как ИИ используют в программатик-рекламе сейчас и чего ждать от него в будущем // «Skill Box». URL: https://skillbox.ru/media/marketing/kak-ii-ispolzuyut-v-programmatikreklame-seychas-i-chego-zhdat-ot-nego-v-budushchem/
10. ИИ в маркетинговой аналитике – как AI-технологии помогают маркетологам в работе с Big Data // «Vc.ru». URL: https://vc.ru/ai/1612109-ii-v-marketingovoi-analitike-kak-ai-tehnologii-pomogayut-marketologam-v-rabote-s-big-data-i-ne-tolko

Aouka A., Rafikov A. **THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON ADVERTISING TECHNOLOGIES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Artificial intelligence (AI) has a significant impact on modern advertising technologies, including targeting, personalization, automation of advertising processes, and user behavior prediction. The main AI technologies include machine learning, neural networks, natural language processing, and computer vision. This article analyzes the need to study the impact of artificial intelligence on advertising technologies.

Key words: artificial intelligence, advertising, targeting, personalization, automation, forecasting, ethics.

УДК 659
ГРНТИ 19.01.29

УЧАСТИЕ В ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРЕМИЯХ, КАК МЕТОД PR

А. Д. Балясникова, А. А. Котлярова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье раскрываются понятия профессиональные премии, конкурсы, и участие в них, как один из методов связей с общественностью. Было проанализировано участие компании «Газпромнефть» в премии Digital Leaders Award-2024, то, каким образом организация достигает поставленных пиар целей, укрепляет положительный имидж АЗС нового формата среди клиентов.

профессиональные премии, конкурсы, методы PR, имидж, Газмпронефть, Digital Leaders Award

В настоящее время развивается тенденция участия в премиях, вручения бизнес-наград. Определение «профессиональной премии» можно сформулировать следующим образом – это награда, присуждаемая компании или отдельному специалисту за достижения в определенной сфере деятельности. Она подтверждает профессионализм, компетентность и достижения.

Компании подают заявки и принимают участие в премиях для повышения экспертности в своем сегменте, демонстрируют свои знания, опыт и инновации; укрепления репутации, так как победа в конкурсе подтверждает высокое качество продуктов или услуг компании; формирования положительного имиджа, как лидера в своей отрасли; получения обратной связи от экспертов и коллег, что помогает улучшить продукт или услугу; поддержки и развития отношений с партнерами.

Для молодых компаний премии могут служить сигналом для внешнего мира о достижении поставленных целей, тогда как для более зрелых организаций награды не только подтверждают существующие достижения, но и демонстрируют динамичность и инновационность развития.

Участие в профессиональных премиях, как метод PR рассмотрим на примере сети АЗС «Газпромнефть» и участие в премии Digital Leaders Award-2024. Газпромнефть можно причислить к зрелым организациям, занимающим лидирующие позиции на рынке. Таким компаниями помимо участия важен статус, проводимой профессиональной премии.

Digital Leaders Award-2024 – это ежегодная премия, которая отмечает компании и проекты, которые внесли значительный вклад в развитие цифровых технологий и инноваций. Премия охватывает различные категории, включая платформы года, ре-

шения года, трансформация года, цифровой лидер, разработка года. В премии участвуют ведущие компании и организации, работающие в различных отраслях, таких как транспорт, финансы, энергетика, розничная торговля и другие. Среди участников можно выделить: Сбер, РЖД, Госкорпорация «Росатом», ПАО «Лукойл» и другие.

В 2024 году сеть АЗС «Газпромнефть» приняла участие в премии Digital Leaders Award-2024, где новый формат автозаправочных станций с расширенной зоной самообслуживания был признан «Сервисом года» в категории «Розничная торговля».

Чтобы рассмотреть участие в профессиональной премии, как метод PR, необходимо обратиться к основным функциям PR [1]:

1. Контроль мнения и поведения общественности с целью удовлетворения потребностей и интересов, прежде всего организации, от имени которой проводится PR-акция.

2. Реагирование на общественность. Организация учитывает события, возникшие проблемы, поведение других и соответствующим образом отзывается на них, стремясь служить общественности.

3. Достижение взаимовыгодных отношений между всеми связанными с организацией группами общественности путем плодотворного взаимодействия с ними.

Проследим приведенные функции реализуются на примере Газпромнефти. К моменту участия в конкурсе АЗС нового формата уже начали свою работу в Санкт-Петербурге, премия стала своеобразным подтверждением эффективности нового формата АЗС. После участия в премии на официальном сайте была размещена новость, посвященная работе интерактивных АЗС, в ней раскрываются основные отличия станций, эффективность работы уже действующих, а также анонсируется запуск в работу в 12 регионах. В качестве иллюстрации к новости было выбрано фото статуэтки и грамоты, подтверждающей победу (рис. 1). Также после основного текста указано [2]: «Новый формат автозаправочных станций «Газпромнефть» с расширенной зоной самообслуживания признан «Сервисом года» в категории «Розничная торговля» всероссийской премии Digital Leaders Award-2024». Общественности предлагается уже сформированное положительное мнение о новом формате станций, подтвержденное не только статистикой эффективности уже действующих станций, но и результатами профессиональной премии. Несмотря на то, что формат новый и многие клиенты с ним еще не знакомы, он уже был оценен жюри, выбран как самый лучший, благодаря чему уже формируется лояльное отношение.

Основным посылом о новом формате АЗС, который транслируется на официальном сайте, а также в крупных СМИ (Петербургский Дневник, Фонтанка.ру и др.) является персонализация клиентского сервиса, повышение привлекательности для клиентов за счет ускорения времени необходимого на транзакции самообслуживания. Тем самым отвечая на тренды общественности – экономия времени и персона-

лизация предложений. При выборе победителей в номинации «Сервис года» учитываются критерий развития клиентского опыта в представленном проекте – улучшение качества обслуживания клиентов через цифровые каналы, что и демонстрирует представленные АЗС. Получение премии именно в данной номинации свидетельствует о качестве «реагирования на общественность», путем предложения решения их проблем.

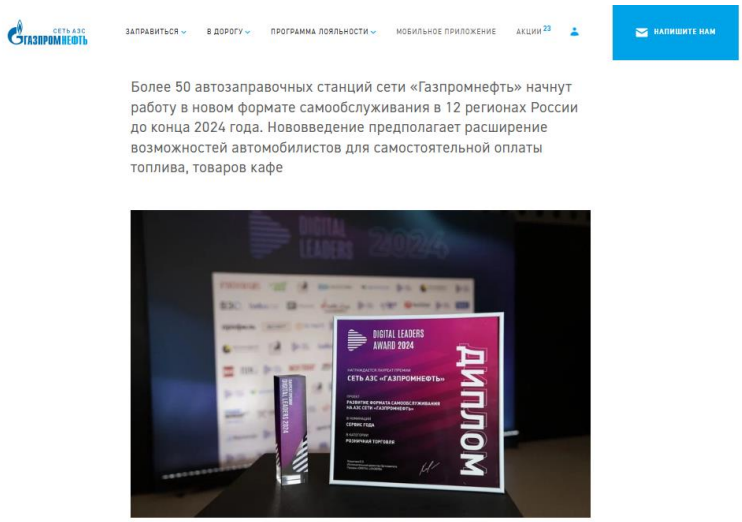


Рис. 1. Новость на сайте сети АЗС Газпромнефть

Участие и победа в премии подобного масштаба является инфоповодом для многих медиа. Статьи, посвященные Digital Leaders Award-2024, где среди победителей указаны Газпромнефть, можно найти у Sostav.ru, РБК, БизнесДром и др., всего удалось найти 12 статей. Тональность всех представленных статей положительная, основную часть текста о Газпромнефти занимает информация о новом формате станций, так же практически в каждой приводится цитата Олега Кузьменкова, руководителя сети АЗС «Газпромнефть» в России, о новом формате. Так же чаще всего в статье о ГПН можно было встретить такие компании, как Хоум Банк, RetailCRM, Авито. Ни в одной статье не удалось найти рекламного токена. Это указывает на то, что победа в премии больших компаний повышает интерес СМИ к ней. Можно рассмотреть это, как выстраивание взаимовыгодных отношений компаний-победителей со СМИ. Сотрудники также являются важной группой общественности, связанной с организацией. Профессиональная премия выступает подтверждением упорной работы сотрудников, вложенной в общую цель, является средством поощрения, подчеркивает их коллективные достижения.

Так же существуют и отрицательные стороны участия в профессиональных премиях: высокая конкуренция, даже при высоком качестве работы, велика вероятность, что в номинации будут и другие сильные участники; не все премии являются бесплатными, участие во многих требует финансовых вложений от компании; из-за

популяризации профессиональных премий, легко столкнуться с фейк-премией, целью которой является наградить всех участников, оплативших оргвзнос.

Несмотря на недостатки, при грамотном выборе премий и качественно подготовки к ним, участие и победа могут считаться эффективным и значимым инструментом PR не только для крупных компаний, но и для молодых, развивающихся организаций, поскольку это обеспечивает выполнение всех функций PR. Также помимо перечисленных функций, которые помогают выполнить участие в премиях к положительным сторонам участия в них можно причислить [3] – использование награды для маркетингового продвижения. Полученную награду возможно интегрировать в продвижение, например, включение логотипа награды на веб-сайт компании и POS-материалы. Демонстрация преимущества перед конкурентами. Награда демонстрирует высокий профессионализм и (или) инновационный подход компании, уровень которого выше, чем у конкурентов.

Список использунмых источников

1. Галумов Э. А. Основы PR. Летопись XXI, 2004. 359 с.
2. Сеть АЗС «Газпромнефть» откроет АЗС нового формата в 12 регионах России // gpnbonus.ru.2024. URL: https://gpnbonus.ru/news/245 (дата обращения 04.11.2024).
3. Бизнес-премии и их потенциальные преимущества и недостатки // forbes.com.2022. URL: https://www.forbes.com/councils/forbestechcouncil/2022/12/15/business-awards-and-their-potential-benefits-and-pitfalls/ (дата обращения 04.11.2024).

Balyasnikova A. **PARTICIPATION IN PROFESSIONAL AWARDS AS A PR METHOD.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article explores the concepts of professional awards, competitions, and participation in them as one of the methods of public relations. The participation of Gazprom Neft in the Digital Leaders Award 2024 was analyzed, focusing on how the company achieves its PR goals and strengthens the positive image of its new format gas stations among customers.

Key words: Professional awards, competitions, PR methods, image, Gazprom Neft, Digital Leaders Award.

УДК 30.428
ГРНТИ 04.21.41

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТИПОЛОГИИ ЛОЯЛЬНОСТИ

Р. В. Быстров, А. В. Кульназарова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена исследованию концепции потребительской лояльности, ее классификации. Основной целью работы является разработка систематизации научных подходов к пониманию термина «лояльность» и выявление различных типов лояльности, что позволяет глубже понять, как формируется приверженность потребителей к брендам или другим людям.

лояльность, типология, подходы, критерии

Лояльность – феномен, охватывающая множество аспектов, начиная от межличностных отношений и заканчивая потребительским поведением в бизнесе. Несмотря на свою очевидную значимость для различных сфер жизни, понятие лояльности часто оказывается нелегким для точного определения. Разнообразие подходов и интерпретаций делает необходимым систематизировать существующие определения, чтобы создать единую теоретическую основу для дальнейшего изучения и практического применения.

Настоящая статья направлена на анализ и классификацию определений лояльности, представленных в академической литературе. Мы рассмотрим, как различные дисциплины – психология, социология, маркетинг и экономика – трактуют лояльность и как эти трактовки могут перекликаться или противоречить друг другу. В итоге мы надеемся не только прояснить сложную природу этого понятия, но и выявить ключевые элементы, которые могут служить основой для более глубокого понимания лояльности в различных контекстах.

Понятие лояльного человека можно рассмотреть с двух точек зрения:

1. Лояльность человека к другому человеку, например, другу, родственнику, знакомому. Это означает уважительное, корректное, доброе отношение к кому-либо.

2. Лояльность человека к какому-либо предмету, бренду, компании. Например, лояльный человек по отношению к своему работодателю. Это не значит, что работник добрый и уважительный к руководству. Это значит, что он верный сотрудник, который добросовестно выполняет свои обязанности. Он соблюдает внутренние правила, регламент.

В настоящей статье мы изучим многообразие подходов к определению лояльности в личных отношениях и систематизируем их.

Слово «лояльность» берет свое начало от французского или английского «Loyal», что в переводе означает «верный». Таким образом, С. И. Ожегов определяет это понятие как, верность действующим законам, постановлениям органов власти (иногда только формальная, внешняя), либо корректное, благонадежное отношение к кому-либо или чему-либо [1].

В толковом словаре В. И. Даля «лояльный» – это доступный, милосердный, человечный, человеколюбивый, приветливый, благородный и правдивый, доброжелательный.

В исследованиях личных отношений выделяется несколько типов лояльности, которые наиболее часто изучаются. Рассмотрим несколько работ в этом направлении:

1. Эмоциональная лояльность. Характеризуется глубокой эмоциональной привязанностью к другому человеку. Исследования показывают, что такая лояльность формируется на основе доверия и взаимопонимания [2].

2. Поведенческая лояльность. Определяется через действия, такие как готовность поддерживать другого человека в сложных ситуациях. Это проявляется в постоянном взаимодействии и помощи [3].

3. Нормативная лояльность. Связана с чувством долга перед другим человеком, основанным на социальных нормах или ожиданиях. Это может включать в себя моральные и этические аспекты.

4. Транзакционная лояльность. Фокусируется на взаимовыгодных отношениях, где лояльность проявляется через регулярное взаимодействие, но без глубокой эмоциональной привязанности [4].

5. Комплексная лояльность. Объединяет как поведенческие, так и эмоциональные аспекты, отражая полное удовлетворение от отношений с другим человеком.

6. Ложная лояльность. Проявляется в ситуациях, когда человек поддерживает отношения без истинной привязанности, например, из-за внешних обстоятельств или давления.

7. Истинная лояльность. Характеризуется глубокой преданностью и удовлетворением от отношений, когда человек активно выбирает поддерживать связь с другим человеком.

8. Латентная лояльность. Означает наличие эмоциональной привязанности, но отсутствие возможности или желания активно поддерживать отношения.

9. Идентификационная лояльность. Связана с отождествлением себя с другим человеком, что усиливает привязанность и поддержку.

10. Социальная лояльность. Охватывает аспекты поддержки и защиты интересов другого человека в социальной среде, включая дружеские и семейные отношения.

В работе И. А. Аренкова, И. В. Аракелова, Д. Л. Качалова можно найти авторскую интерпретацию типов лояльности [5]:

1. Внешняя и внутренняя лояльность. Внутренняя лояльность связана с отношениями внутри компании, организации: руководство-персонал. Внешняя лояльность связана с субъектами внешней среды компании, организации: потребители, поставщики, органы власти, СМИ и т. д.

2. Абсолютная, высокая, средняя низкая, очень низкая лояльность. Описывает степень лояльности друг к другу участников бизнеспроцесса.

3. Реальная и виртуальная (е-лояльность в Интернет). Виртуальная лояльность оценивает степень лояльности в Интернет (е-лояльность). Реальная лояльность – степень лояльности в оффлайн-формате.

4. Рациональная (поведенческая) и эмоциональная. Рациональная лояльность основывается на оценке выгодности взаимодействия. Эмоциональная лояльность – эмоциональные аспекты (например, удовлетворенность, хорошее отношение, доверие, впечатление).

5. Лояльность собственников бизнеса, акционеров, инвесторов, топ-менеджеров компании, потребителей, персонала, поставщиков, дистрибьютеров. В основе успешного функционирования бизнеса лежат лояльные отношения всех его участников.

Таким образом мы можем систематизировать данные типологии по следующим критериям.

1. По типу отношений:

– личная лояльность – чувства и привязанность к близким людям, друзьям или семье;

– профессиональная лояльность – преданность коллегам, руководству или компании, в которой работает человек.

2. По степени выраженности:

– активная лояльность: выражение своих чувств и готовность защищать или поддерживать человека;

– пассивная лояльность – внутреннее принятие и поддержка без видимого проявления;

– слабая – согласие из-за воздействия внешней силы

3. По контексту:

– социальная лояльность – преданность к обществу, группе или комьюнити;

– политическая лояльность – приверженность к политическим взглядам или лидерам.

4. По эмоциональной составляющей:

– эмоциональная лояльность основана на чувствах и привязанности;

– рациональная лояльность основывается на логических доводах, взаимовыгодности отношений.

5. По мотивации:

– альтруистическая лояльность возникает из желания помочь или поддержать другого человека;

– эгоистическая лояльность основана на выгоде или интересах самого человека.

6. По направленности:

– лояльность к конкретным ценностям, приверженность определенным идеалам или принципам, которые ассоциируются с человеком;

– лояльность к личности – поддержка и защита самого человека, независимо от его действий или взглядов.

Исходя из вышеперечисленного можно утверждать, что выдвинутые нами критерии могут помогать в анализе и понимании различных аспектов лояльности в отношениях между людьми.

В ходе нашего исследования мы рассмотрели многообразие определений лояльности, выявив ключевые аспекты и подходы, применяемые в научной литературе. Лояльность как сложное и многогранное явление охватывает как эмоциональные, так и поведенческие компоненты, что делает ее важным объектом изучения в различных областях, таких как маркетинг, психология и социология.

Кроме того, анализ существующих классификаций позволил нам выделить несколько типов лояльности: транзакционную, перцептивную и комплексную. Эти типы не только помогают понять поведение клиентов или сотрудников, но и служат основой для разработки стратегий управления отношениями с ними. Например, различие между истинной и ложной лояльностью подчеркивает необходимость индивидуального подхода к каждому клиенту или сотруднику.

Таким образом, наше исследование подтверждает, что лояльность является динамичным процессом, который требует постоянного анализа и адаптации стратегий взаимодействия. Важно учитывать не только текущие проявления лояльности, но и ее потенциальные изменения под воздействием внешних факторов. В дальнейшем исследовании целесообразно углубить анализ влияния культурных и социальных контекстов на формирование различных типов лояльности, что позволит составить более полное представление об этом феномене.

Список используемых источников

1. Герасина Н. С. Зимонина О. В. Лояльность персонала в современной организации: понятие, атрибуты, признаки // Экономика и бизнес, 2018. №5. С. 303–310.

2. Аренков И. А., Константинова О. А., Аренков Ф. И. Эволюция понятия «потребительская лояльность» и его современное наполнение // Экономика, предпринимательство и право, 2020. № 4. С. 1123–1136.

3. Макринова Е. И., Лысенко В. В. Исследование категории «лояльность» в теории маркетинга отношений // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 3. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=13622 (дата обращения 03.11.2024).
4. Енокян Т. А. понятие и типы потребительской лояльности // Экономика и бизнес, 2022. №10. С. 355–357.
5. Аренков И. А. Аренкова И. В. Качалов Д. Л. От традиционной лояльности к управлению потребительским опытом и цифровым моделям // РИСК, 2018. №4. С. 187–182.

Bustrov R., Kulnazarova A. **SYSTEMATIZATION OF THE LOYALTY TYPOLOGY.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article is devoted to the study of the concept of consumer loyalty and its classification. The main purpose of the work is to develop a systematization of scientific approaches to understanding the term "loyalty" and identify different types of loyalty, which allows for a deeper understanding of how consumers' commitment to brands or other people is formed.

Key words: Loyalty, typology, approaches, criteria

УДК 659.127
ГРНТИ 45.01.14

РАЗРАБОТКА ПЛАНА ИНТЕРНЕТ-ПРОДВИЖЕНИЯ КИБЕРСПОРТИВНОГО КЛУБА

Ю. Д. Вилкова, А. Ю. Цыгоняева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Компьютерные клубы становятся все более востребованными для отдыха, общения и обучения. Для привлечения и удержания клиентов им следует разработать стратегически обоснованный план продвижения. Интернет является мощным средством для охвата широкой аудитории и вовлечения пользователей. В условиях пандемии важность интернета возросла, особенно для малых предприятий, предоставляя им возможность снизить рекламные расходы, расширить рынки сбыта и улучшить взаимодействие с клиентами. Применение интернет-технологий для продвижения киберспортивных услуг позволит клубу повысить свою конкурентоспособность, привлечь новых клиентов, установить с ними обратную связь и эффективно реагировать на изменения рынка.

интернет-продвижение, организация, социальные сети, SEO-продвижение, киберклуб, конкурентоспособность, целевая аудитория

Киберспорт представляет собой стремительно развивающуюся сферу, привлекающую внимание миллионов людей по всему миру. С увеличением популярности киберспортивных игр возрастает и необходимость в эффективном интернет-продвижении клубов и команд. Далее будет подробно изложен план интернет-продвижения киберспортивного клуба, акцентируя внимание на ключевых аспектах: определении целевой аудитории, выборе платформ для продвижения, создании контента, взаимодействии с аудиторией и анализе результатов [1].

Компьютерные клубы к своим основным услугам относят предоставление компьютеров с доступом к высокоскоростному интернету, а также к заранее установленным играм и программам. В таких клубах обычно современное оборудование и периферия, а также удобная мебель и надежное интернет-соединение. Есть конечно и заведения, которые, предоставляют в качестве дополнительных услуг еду и напитки.

Люди посещают компьютерные клубы по множеству причин, далее подробнее рассмотрим некоторые из них.

1. Мощные компьютеры

Компьютерные клубы оборудованы игровыми компьютерами с мощными комплектующими подходящими для современных игр. В наличии присутствуют удобные игровые периферийные устройства (мониторы, клавиатуры, компьютерные

мышки). А также на них заранее установлено большое количество разнообразных игр и программ для любых целей.

2. Совместное развлечение

Для многих людей данные заведения становятся местами совместного досуга, как, например, кинотеатр, театр или поход в торговый центр. А также есть возможность познакомится с людьми со схожими интересами.

3. Участие в турнирах

Многие компьютерные клубы устраивают свои локальные турниры по различным киберспортивным дисциплинам. На таких турнирах любой может собрать свою команду и опробовать себя в киберспорте. Мотивацией для участия может стать денежный приз или другой приятный бонус от клуба.

Киберспорт быстро прогрессирует и привлекает огромное число зрителей и участников. Разработка интернет-продвижения для киберспортивного клуба будет способствовать привлечению новых клиентов, а также станет хорошей рекламой для бренда.

Для начала нужно определить целевую аудиторию компьютерных клубов. Важно понимать, что киберспорт привлекает большое количество людей из различных групп, и для создания эффективного плана продвижения нужно понять их потребности и интересы. Для сбора данной информации можно использовать опросы в социальных сетях и аналитику веб-сайта [2].

В качестве клиентов выделим молодежь в возрасте от 16 до 35 лет, которая увлекается видеоиграми, интересуется киберспортом, а также людей с интересом к стримингу и турнирам. Основной аудиторией киберклубов являются и мужчины, и женщины, но в большей части мужчины. Важным аспектов для определения целевой аудитории также является географическое расположение клуба. Важно для продвижения выделить территорию (например: район) и упомянуть про ее близкое расположение к дому [3].

Киберспортивные клубы в Санкт-Петербурге являются важной частью развлекательной индустрии. Если говорить про обьем рынка данных заведений, то он вырос почти в два раза за последние 5 лет. Количество клубов около 30 заведений. Различаются по размеру игровых залов, спектру предоставляемых услуг и комфортабельности. Наиболее популярными компьютерными играми на данный момент являются:

– Dota 2;
– Counter-Strike 2;
– Fortnite;
– Valorant;
– League of Legend;
– PUBG.

Выше перечислены мультиплеерные игры, а наличие одиночных игр зависит от их актуальности и даты выходы [4].

При правильно разработанной стратегии и умении адаптироваться к быстро меняющимся условиям рынка, киберклубы выглядят достаточно многообещающей сферой.

Что касается конкурентоспособности компьютерных клубов, то можно выявить несколько ключевых моментов, влияющих на привлечение клиентов. Рассмотрим основные аспекты:

1. Расположение. Удобное местоположение клуба поможет заинтересовать большее количество потенциальных клиентов. Большим плюсом будет наличие рядом учебных заведений. А также большая проходимость улицы может привлечь случайного клиента.

2. Сервис. Привлекательный интерьер, доброжелательный персонал, предоставление еды и напитков на высоком уровне. Все это разнообразие дополнительных услуг оставляет хорошее впечатленные у клиентов и вызовет желание вернуться снова.

3. Ценовая политика. Важно заранее проанализировать конкурентов и их цены на предоставляемые услуги и предложить своим посетителям справедливые и конкурентные цены. А также нужно взять во внимание показатель среднего дохода населения города, это поможет более точно рассчитать свой прайс лист.

Для того, чтобы определить свою позицию на рынке следует применить различные аналитические методы, такие как SWOT-анализ. Они помогут вывить сильные и слабые стороны клуба, а также возможности и угрозы. А для определения внешних факторов, влияющих на бизнес, можно провести PEST-анализ. С помощью него можно выявить политические, экономические, социальные и технологические факторы, которые помогут предвидеть и предотвратить возможные негативные последствия в конкретной ситуации [5].

Основные пункты, которые можно включить в план по продвижению киберспортивного клуба с помощью интернет-технологий:

1. Сайт. Веб-сайт должен быть удобным, интуитивным, простым и красивым. На нем должна быть вся необходимая информация о клубе и предоставляемых услугах

2. Социальные сети. Ведение социальных сетей для освещения новостей клуба, информирования о предстоящих акциях и взаимодействия с аудиторией. Можно публиковать развлекательный контент и различные опросы.

3. Стриминг. Возможность ведения прямых трансляций с аккаунта клуба для привлечения аудитории. Либо проведение розыгрышей для клиентов на стримах. А также включение трансляций по комментированию различных киберспортивных матчей.

4. Реклама в видеосервисах. Покупка рекламы у игровых блогеров и стримеров на платформах Twitch и YouTube. Это может быть в виде баннера на стриме, либо словесной рекламной интеграции в видео.

5. Мобильное приложение. Создание мобильного приложения для бронирования места или зала на определенное время онлайн. А также можно ввести возможность регистрации личной карты гостя для накопления бонусов или игровых часов.

6. Отзывы. Для поднятия имиджа заведения можно ввести акцию на оставление отзыва о проведенном времени в клубе. Наградой за оставленный отзыв может стать дополнительный час игровой сессии.

7. Платная реклама. Можно опубликовать рекламу с помощью Google AdWords. Это достаточно эффективный способ для привлечения новых клиентов и повышения осведомленности о клубе.

8. Творческие конкурсы. Организация конкурсов на платформе Tik-Tok и Instagram в виде соревнования среди подписчиков по лучшему короткому видео на заданную тему с целью привлечения большей аудитории и продвижению бизнеса.

9. Канал для взаимодействия. Для коммуникации с аудиторией и общения игроков между собой можно разработать группу или онлайн-платформу. Она подойдет для обсуждения игровых новостей, а также для обмена опытом и знаниями в сфере видеоигр.

В данной статье был разработан план по продвижению компьютерного клуба, а также проведен анализ рынка и целевой аудитории. Были выявлены и описаны причины популярности и высокой посещаемости данных заведений, а также представлен портрет целевой аудитории. С помощью полученных данных был составлен подробный и уникальный план продвижения в сети Интернет. Описанные выше пункты непременно помогут привлечению новых клиентов, повышению имиджа бренда и в последствии увеличению доходов.

Список используемых источников

1. Продвижение и реклама в интернете. Блог полезных статей о бизнесе и маркетинге. URL: https://adwit.ru/sila-obratnogo-otklika-pochemu-on-vazhen-i-kak-im-pravilno-polzovatsya/ (дата обращения 30.10.2024).
2. Целевая аудитория (ЦА): что это такое, как ее выявить и сегментировать. URL: https://www.sape.ru/publications/tselevaya (дата обращения 24.10.2024).
3. Интернет-маркетинг с нуля. Из чего состоит интернет-маркетинг. URL: https://tilda.education/courses/marketing/internet-marketing-beginning (дата обращения 24.10.2024).
4. Чемпионат Championat. URL: https://www.championat.com/cybersport/news-5819012-pochti-30-rossiyan-uvlekayutsya-kibersportom-iz-nih-40-zhenschin-issledovanie.html (дата обращения 14.11.2024).
5. Что такое PEST-анализ. URL: https://weeek.net/ru/blog/pest-analiz

Vilkova J., Tsygonyaeva A. **DEVELOPMENT OF AN INTERNET PROMOTION PLAN FOR AN ESPORTS CLUB.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Computer clubs are becoming more and more in demand for recreation, communication and learning. To attract and retain customers, they should develop a strategically sound promotion plan. The Internet is a powerful tool for reaching a wide audience and engaging users. In the context of the pandemic, the importance of the Internet has increased, especially for small businesses, providing them with the opportunity to reduce advertising costs, expand sales markets and improve customer interaction. The use of Internet technologies to promote esports services will allow the club to increase its competitiveness, attract new customers, establish feedback with them and respond effectively to market changes.

Key words: Internet promotion, organization, social networks, SEO promotion, cyber club, competitiveness, target audience.

УДК 303.62
ГРНТИ 04.21.81

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРВЬЮ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ

Д. В. Волошинов, А. А. Шокодько
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Интервью – это метод сбора, информации, основанный на непосредственном общении с респондентами, в ходе которого задаются вопросы для получения данных, а ответы фиксируются для анализа.

интервью, респондент, вопросы

Интервью является одним из наиболее востребованных методов сбора информации, который предполагает прямое взаимодействие с респондентами для получения необходимой информации и последующего анализа.

Наиболее распространенной формой являются индивидуальные интервью, однако также применяются групповые интервью, где интервьюер старается учитывать мнение каждого участника.

Из вышесказанного следуют вопросы;

1. Как влияет личность интервьюера на результаты?
2. Какие существуют ограничения в глубине исследования?

Для сбора информации в рамках бизнес-анализа применяют два основных типа интервью [1]:

– неструктурированные интервью, в которых вопросы формируются в процессе беседы в зависимости от ответов респондента;

– структурированные интервью, где вопросы заранее подготовлены.

Для успешного проведения интервью необходимо предусмотреть следующие моменты:

– выбор места и формата проведения встречи;

– решение о записи беседы;

– необходимость предварительной отправки вопросов респондентам;

– учет конфиденциальности и способов обработки полученной информации.

При разработке вопросов важно учитывать цели интервью, которые могут включать:

– сбор данных;

– анализ взглядов участников на изменения или предложенные решения;

– разработка предлагаемого решения, либо налаживание взаимопонимания с респондентом или поддержки;

– респондентом предлагаемого решения [2].

Успех интервью зависит от таких факторов, как:

1. Знание интервьюером предметной области;
2. Навыки интервьюера в проведении беседы и документировании;
3. Готовность респондента делиться информацией;
4. Уровень взаимопонимания между участниками [3].

Использование дополнительных тестов для увеличения глубины исследования.

Некоторые из способов по опросу респондентов является количественное и качественное исследование

Качественный подход – выявление и формирование системы численных характеристик изучаемых объектов, явлений и процессов, которые подвергаются определенной математической обработке и создают основу для раскрытия количественной меры соответствующего качества.

Количественные анализ – базирующийся на объективных данных с использованием строго структурированных методов исследования, что обеспечивает высокую валидность (таблица 1). Использование этих двух методов увеличит глубину исследования [4].

ТАБЛИЦА 1. Различия количественные и качественные методы

Количественный подход	Качественный подход
Теоретико-методологическая база	
описание логических связей между отдельными параметрами	описание общей картины события или явления.
Единицы анализа	
события и факты	чувства и субъективные значения
Исследовательские цели, задачи	
выявление причинно-следственных связей, измерение взаимосвязей	интерпретация и понимание наблюдаемого, концептуализация явлений.

Размер выборки для количественного исследования рассчитывается по формуле (1) [5]:

$$n = \frac{Z^2(p(1-p))}{e^2}, \quad (1)$$

где n – требуемый размер выборки;

Z – коэффициент доверительного уровня;

p – предполагаемая доля признака в генеральной совокупности;

q – считается как (100 – p);

e – допустимая ошибка выборки.

Таким образом интервью является одним из ключевых методов исследования в бизнес-аналитике, позволяя глубоко изучать потребности заинтересованных сторон, выявлять скрытые проблемы и находить оптимальные решения. В работе были рассмотрены различные аспекты проведения интервью: цели, структура, виды вопросов, а также материально-техническое обеспечение. Уделено внимание сравнению количественных и качественных подходов, их применению и ограничениям. Так же были подняты вопросы о влияние интервьюера и об ограничения в глубине исследования.

Список используемых источников

1. Блэкуэлл Р., Миниард П., Энджел Дж. Поведение потребителей. 10-е изд. / Пер. с англ. СПб.: Питер, 2007. 944 с.
2. Черчилль Г., Браун Т. Маркетинговые исследования. 5 е изд. / Пер. с англ. под ред. Г. Л. Багиева. СПб.: Питер, 2017. 704 с.
3. Линдстром М. Buyology / пер. с англ. Е. Фалюк. М.: Эксмо, 2015. 240 с.
4. Ариели Д. Предсказуемая иррациональность. Скрытые силы, определяющие наши решения. Пер. с англ. СПб.: Питер, 2018.
5. Вандербильт Т. ЦА. Как найти свою целевую аудиторию и стать для нее магнитом. Пер. с англ. СПб.: Питер, 2020

Voloshinov D., Shokodko A. **USING INTERVIEWS AS A RESEARCH METHOD FOR BUSINESS ANALYTICS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Interview is a collection method used in business analysis of information based on face-to-face interaction with respondents where questions are asked to obtain data and responses are recorded for analysis.

Key words: interview, respondent, questions.

УДК 659.4.011
ГРНТИ 13.31.21

БИБЛИОТЕКА КАК СРЕДСТВО ПРОДВИЖЕНИЯ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Л. И. Геращенко, М. Я. Головкина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматривается арсенал современных научных библиотек в продвижении НИИ. Акцентируется внимание на расширении их традиционных функций за счет реализации возросших информационных потребностей населения.

библиотека, научные организации, продвижение научных организаций, Российский институт истории искусств

Библиотеки представляют сегодня неотъемлемую часть структуры науки и высшего образования. Они участвуют в создании и развитии научно-образовательной среды, реализуя различные потребности ее участников.

Актуальность изучения роли библиотек в продвижении НИИ можно обосновать ростом значимости ее функций. Исследователи деятельности научных библиотек отмечают, что, являясь главной, информационная функция библиотек по мере развития общества все более расширяется. Помимо предоставления научной базы для проведения исследований, библиотеки сегодня реализуют достаточно большой спектр сопровождающих этот вид деятельности услуг. К ним относят [1]:

– помощь в подборе и оформлении списка литературы для публикации;

– консультирование по вопросам подготовки диссертации;

– подготовка реферативного или аналитического обзоров по определенной тематике;

– комплексное информационное сопровождение темы НИР;

– проведение наукометрического исследования и многое другое.

В последнее десятилетие возрастает значимость совершенно нового для библиотек вида деятельности – ведение работы в социальных сетях для продвижения результатов института, поиск в СМИ новостной информации об институте, ученых и событиях из истории института.

Проблема продвижения НИИ с помощью библиотек практически не рассматривается в научной литературе. Лишь небольшое количество статей посвящено специфике продвижению самих библиотек.

На наш взгляд, библиотека, являясь источником надежной научной информации, выступает значимым фактором продвижения научно-исследовательского ин-

ститута, привлечения внимания к его деятельности, укреплению репутации и повышению престижа. Она участвует в создании и развитии научно-образовательной среды, обеспечивая комфортные условия для пользователей – доступ к разнообразной научной литературе, электронным ресурсам и другим источникам информации; способствует повышению междисциплинарного сотрудничества. О. Н. Фискова отмечает: «на сегодняшний день у библиотеки есть все шансы стать абсолютно уникальным центром, сосредоточением образования, культуры, просвещения и самосовершенствования» [2].

Современная библиотека совершила переход от хранилища книг и поставщика информации к модели библиотеки как динамичной и научной среды, способствующей повышению престижа и междисциплинарному сотрудничеству. Библиотечное пространство за последние годы стало максимально открытым для различной деятельности студентов, ученых и исследователей, поддерживая их самостоятельную работу. Библиотеки, находящиеся при какой-либо организации, позиционирует не только свою, но и ее научную и культурную жизнь в обществе, тем самым привлекая новую аудиторию [3].

В библиотеках создаются условия для интеллектуального досуга посетителей. Просматривая сайты и аккаунты в социальных сетях библиотек, можно заметить, что библиотечное пространство используется для проведения культурно-массовых мероприятий: экскурсий, выставок, мастер-классов, лекций, семинаров и др.

Для продвижения научной организации библиотека должна привлекать и удерживать новых пользователей. На наш взгляд, библиотека может привлечь новых пользователей несколькими средствами:

– предоставляя доступ к различным источникам информации. Помимо основного универсального фонда, где представлены документы всех тематических направлений, всех типов литературы (научной, научно-популярной, учебной, справочной и др.) и всех видов документов, в каждой библиотеке НИИ имеется специализированный фонд. Книги из такого фонда ориентированы на удовлетворение специализированных запросов читателей, необходимый им для углубленной разработки узких научных проблем;

– организуя мероприятия и проекты. Как было сказано ранее, современные библиотеки перестали быть исключительно местом хранения и предоставления информации. За последние годы использование проектных технологий в подготовке крупномасштабных выставочных, образовательных, информационных проектов в библиотеках НИИ становится все более актуально и распространено. Реализация долгосрочных целевых программ и информационно-просветительских проектов [4].

Рассмотрим, в качестве примера роль научной библиотеки в продвижении Российского института истории искусств.

РИИИ является одним из ведущих научных институтов России в области искусствоведения, истории и культуры. Институт был основан графом В. П. Зубовым в Санкт-Петербурге в 1912 г. и стал первым в России искусствоведческим научным учреждением. РИИИ занимается исследованиями в области истории искусства, архитектуры, музыки, театра и кино. На регулярной основе он проводит научные исследования, организует конференции, семинары и выставки, издает научные труды и учебники по истории искусства, сотрудничает с другими НИИ России, занимается сохранением культурного наследия, проводя реставрацию памятников архитектуры и искусства.

Научная библиотека РИИИ является старейшим подразделением института и обладает уникальными фондами. В настоящее время в библиотеке насчитывается более 319000 единиц хранения. Среди них около 181500 книг и брошюр, более 36 000 нотных изданий, 500 диссертаций, 1500 газет и 100000 журналов. Книжный фонд библиотеки составляет в основном научная и специальная литература по тематике института, а также важнейшая литература по смежным отраслям знания, справочные издания и необходимые для работы произведения художественной литературы. Здесь можно найти литературу по таким направлениям, как история искусств, киноведение, театроведение, культурология, музыкознание, фольклор, история, философия, а также художественная литература. В библиотеке хранятся результаты научной деятельности – диссертации и авторефераты диссертаций; имеется фонд периодики и нотных изданий.

Библиотека имеет множество уникальных собраний, среди которых перечень автографов, иностранные печатные книги 1500–1701 гг. (фонд редкой книги), старопечатные русские книги 1725–1825 гг. (фонд редких экземпляров), коллекции А. А. Гвоздева, Н. А. Римского-Корсакова, В. В. Рейтца, Э. Ф. Направника, полное нотное собрание сочинений А. Рубинштейна и многое другое. Фонд библиотеки содержит много личных фондов, а также издания, имеющие авторские или владельческие пометы. В библиотеке хранятся более 800 автографов, среди которых автограф В. Э. Мейерхольда, С. А. Есенина, И. А. Бунина, В. Я. Брюсова, И. В. Цветаева и других деятелей культуры. В 1936 году Институту было подарено более 10000 томов по всем гуманитарным наукам на 15 языках.

Основной задачей научной библиотеки Российского института истории искусств является непосредственное, оперативное информационное и библиотечное обслуживание, прежде всего, сотрудников института. Она обеспечивает их произведениями печати; осуществляет комплексную информационную работу – регулярно доводит информацию о новых изданиях, поступающих в библиотеку, новых публикациях сотрудников института; активно продвигает имеющуюся в фонде литературу путем организации тематических и юбилейных выставок и др.

Информация о библиотеке и ее фондах расположена на сайте и в социальных сетях – в группе «Вконтакте» и в канале «Telegram» – Российского института истории искусств. Отдельных социальных сетей научная библиотека РИИИ не имеет. На сайте института, в разделах электронной библиотеки и журнала «Временник Зубовского института» можно найти информацию о работе библиотеке, ее фонде, сотрудниках и контактный телефон. В разделе журнала представлены все его выпуски.

В социальных сетях института подписчики могут узнать о новинках книг, вышедших в свет, открытии выставок и других важных событиях в научной, образовательной и культурной жизни РИИИ. Здесь публикуются анонсы мероприятий, в рамках программы которых можно посетить научную библиотеку с экскурсией или послушать концерт, на котором прозвучат музыкальные произведения из ее фондов.

Оценивая роль библиотеки в продвижении Российского института истории искусств, необходимо отметить, что пользователей привлекает ее обширное книжное собрание по теме искусства, исторические интерьеры и библиотечные услуги и их профессиональное выполнение.

Список используемых источников

1. Лаврик О. Л., Юдина И. Г., Калюжная Т. А. Состояние и перспективы развития библиотек академических НИИ (на примере институтов Новосибирского научного центра СО РАН) // Научные и технические библиотеки, 2021. № 4.2. С. 15–36.
2. Фиськова О. Н. Интернет как медиаобразовательный ресурс в библиотеке. URL: http://mic.org.ru/new/332-internet-kak-mediaobrazovatelnyjresurs-v-biblioteke. (дата обращения 08.11.2024).
3. Сербина Г. Н., Васильев А. В. Библиотека, ориентированная на пользователя: опыт обновления пространства Научной библиотеки Томского государственного университета // Библиосфера, 2017. № 4. С. 119–123.
4. Филаткина И. В., Наумова Р. В. Основные мероприятия Дальневосточной государственной научной библиотеки в 2009 году // Вестник Дальневосточной государственной научной библиотеки, 2009. № 1(42). С. 4–11.

Gerashchenko L., Golovkina M. LIBRARY AS A MEANS OF PROMOTING SCIENTIFIC ORGANIZATIONS.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article examines the arsenal of modern scientific libraries in the promotion of research institutes. Attention is focused on expanding their traditional functions by realizing the increased information needs of the population.

Key words: library, scientific organizations, promotion of scientific organizations, Russian Institute for the History of the Arts.

УДК 65.01
ГРНТИ 82.17.25

КОРПОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗИТИВНОГО ИМИДЖА ОРГАНИЗАЦИИ

Л. И. Геращенко, М. В. Голубин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассмотрены основные элементы и функции корпоративной культуры. Показаны ее роль как инструмента формирования позитивного имиджа организации. Рассмотрены особенности корпоративной культуры компании НПО СтарЛайн.

корпоративная культура, имидж организации, репутация, ценности, компания НПО СтарЛайн

Современные организации все чаще обращаются к корпоративной культуре как к важному инструменту формирования своего позитивного имиджа. Корпоративная культура, отражающая общие ценности, миссию и принципы работы, создает внутри компании атмосферу, способствующую командной работе и повышению лояльности сотрудников. Для внешних партнеров и клиентов сильная и позитивная культура становится маркером надежности и высокой репутации компании.

В современной научной литературе отсутствует как единое общепринятое определение корпоративной культуры, так и единое понимание ее структуры. В целом, под ней можно трактовать как «совокупность материальных и духовных ценностей, представлений, явлений, распространенных в организации, отражающих ее неповторимость и индивидуальность и проявляющихся в поведении, взаимодействии сотрудников, их восприятии себя в компании и окружающей среды» [1].

Структура корпоративной культуры может быть представлена следующими ключевыми элементами [2]:

– философия фирмы, которая задает направление ее деятельности и формирует основу корпоративной культуры, включая основополагающие идеи, миссию и видение компании;

– ценностно-нормативная культура, основанная на ценностях и нормах поведения, которыми руководствуются сотрудники в повседневной деятельности;

– социально-психологическая культура, включающая межличностные отношения, психологический климат и уровень взаимной поддержки в коллективе;

– культура внутренних коммуникаций, с ее механизмами и каналами обмена информацией между сотрудниками и отделами;

– культуру внешней идентификации – то, как организация представляется внешней аудитории: клиентам, партнерам и общественности.

– событийная культура, основу которой составлят традиции и ритуалы компании – праздники, корпоративные мероприятия и социальные акции.

Корпоративная культура выполняет значимые функций на предприятии.

Ориентируя сотрудников на качественное выполнение работ, она обеспечивают координацию деятельности и взаимодействие подразделений; влияет на характер межличностных отношений в организации, формирует общее понимание ценностей, целей и задач организации, способствует развитию доверия, вовлеченности и приверженности сотрудников. И, как утверждают исследователи проблемы, «если в компании сильна внутренняя корпоративная культура, это помогает созданию положительного внешнего образа» [3].

«Имидж организации – это мнение о данной организации у группы людей на основе сформированного у них образа этой фирмы, возникшего вследствие либо прямого контакта с этой фирмой, либо в результате информации, полученной об этой фирме от других людей» [4].

В рамках структуры имиджа исследователи выделяют внутренний, внешний и неосязаемый имидж [5]:

Внешний имидж отражает восприятие организации клиентами, партнерами, инвесторами и широкой общественностью. Это то, как организация представлена вовне через маркетинг, пиар, качество продукции и общественную деятельность.

Внутренний имидж – отражает восприятие организации ее сотрудниками и внутренними структурами.

Неосязаемый имидж – относится к более абстрактному восприятию компании, которое включает в себя ценностные, эмоциональные и символические аспекты, связанные с ее деятельностью. Это может быть восприятие нематериального вклада компании в общество. Неосязаемый имидж формирует ее образ как социально ответственного и этичного игрока на рынке.

На позитивный имидж организации влияют многие факторы. Среди них можно назвать качество продукции, коммуникативную политику, социальную ответственность, готовность компании к инновациям и изменениям в условиях внешней среды. Корпоративная культура является одновременно и фактором, влияющим на имидж предприятия, и, мощным инструментом его формирования, поддерживания и укрепления.

Научно-производственное объединение «СтарЛайн» – мировой лидер рынка автобезопасности с компетенциями в областях автоматизации, роботизации, телематики и Big Data, активный участник научного сообщества в области исследования и разработки технологий беспилотного вождения [6]. Поддержанию корпоративной культуры на предприятии уделяется большое внимание. Базовые ее положения из-

ложены в следующих документах – кодекс корпоративной этики, политика корпоративной социальной ответственности, кодекс поведения, политика информационной безопасности, руководство по адаптации новых сотрудников.

Основные характеристики корпоративной культуры «НПО СтарЛайн»:

1. Инновационность и ориентация на передовые технологии.

«СтарЛайн» придерживается стратегии постоянного развития и внедрения новейших технологий, что определяет инновационный характер ее корпоративной культуры. В компании поддерживают активный обмен знаниями, а сотрудники мотивированы предлагать новые решения для улучшения продуктов. Программы внутреннего обучения и развития направлены на поддержку технического роста, исследования и внедрение инноваций в продукции [7].

2. Поддержка профессионального роста и обучения.

Одной из ключевых особенностей корпоративной культуры «СтарЛайн» является поддержка профессионального развития. Компания регулярно организует обучающие программы, тренинги и семинары для сотрудников. Научно-производственное объединение сотрудничает с профильными образовательными учреждениями и предлагает программы для студентов и молодых специалистов, помогая им войти в высокотехнологичную индустрию [8].

3. Ориентация на качество и стандарты безопасности.

Корпоративная культура «СтарЛайн» базируется на высоких стандартах качества и безопасности. Каждый сотрудник вовлечен в процесс обеспечения надежности продукции. В компании внедрена система контроля качества на всех этапах производства и тестирования, что усиливает имидж «СтарЛайн» как надежного производителя охранных систем.

4. Коллективная работа и межфункциональное взаимодействие.

В «СтарЛайн» особое внимание уделяется командной работе и взаимодействию между различными отделами. Проекты организованы так, чтобы специалисты разных областей – от инженеров до менеджеров по продажам – могли совместно разрабатывать комплексные решения для клиентов.

5. Социальная ответственность и экологическая осведомленность.

«СтарЛайн» ведет социально ответственный бизнес, участвуя в экологических инициативах и благотворительных проектах. Компания поддерживает программы по снижению влияния на окружающую среду, уделяя внимание экологическим аспектам производства. Корпоративная культура предполагает участие сотрудников в социальных и экологических проектах [9].

6. Программы по поддержанию здоровья и благополучия сотрудников.

Компания создала комфортные условия труда, обеспечивая сотрудников современными рабочими пространствами и поддерживая баланс между работой и личной жизнью. «НПО СтарЛайн» предлагает своим сотрудникам медицинскую под-

держку, организует спортивные мероприятия и программы, направленные на поддержание здоровья [10].

Корпоративная культура «СтарЛайн» оказывает значительное влияние на ее имидж, как среди сотрудников, так и среди клиентов и партнеров. Инновационная культура помогает компании привлекать квалифицированные кадры и повышать их лояльность. Акцент на стандартах качества и безопасности укрепляет доверие клиентов к продуктам «НПО СтарЛайн», формируя имидж компании как надежного производителя. Участие организации в социальных и экологических проектах укрепляет имидж компании и привлекает внимание общественности, которая ориентирована на сотрудничество с предприятиями, ведущими экологически безопасную и социально ответственную деятельность. Программы поддержки здоровья и профессионального роста сотрудников способствуют снижению текучести кадров и улучшению внутренней атмосферы.

Список используемых источников

1. Спивак В. А. Корпоративная культура: теория и практика. СПб.: Питер, 2001. С. 26.
2. Баландина Т. Корпоративная культура // Лаборатория маркетинга и PR. 2005. № 3. С. 77.
3. Асеева М. А., Глеба О. В., Золкин А. Л., Чистяков М. С. Роль корпоративной культуры в повышении эффективности деятельности организации // Управленческий учет, 2021. № 3–1. С. 226.
4. Дорогин М. Г., Габышев В. А. Особенности формирования корпоративного имиджа. Томск, 2017. С. 56.
5. Сиротина К. В. Построение целостного имиджа компании // Маркетинг и маркетинговые исследования, 2008. № 1. С. 34.
6. НПО СтарЛайн // «StarLine». URL: https://robofinist.ru/organization/main/index/id/369
7. Запуск грузовиков без людей в кабине на трассе Москва-Петербург // «Дзен». URL: https://dzen.ru/a/ZInhqL6Fak2O-tVP
8. Программа «StarLine в школе»: Увлекая с умом! // «StarLine». URL: https://www.starline.ru/2019/meropriyatiya/programma-starline-v-shkole/
9. StarLine: сохраним природу вместе! // «StarLine». URL: https://www.starline.ru/2014/novinki/pechatnye-materialy/
10. В спортивных успехах – командный дух! // «StarLine». URL: https://www.starline.ru/2015/ meropriyatiya/sport_21_08_15/

Gerashchenko L., Golubin M. **CORPORATE CULTURE AS A MEANS OF FORMING A POSITIVE IMAGE OF THE ORGANIZATION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Corporate culture is an important tool for creating a positive image of an organization. The main elements of corporate culture, such as values, norms and principles, influence the internal atmosphere and interaction of employees. Why should special attention be paid to the impact of corporate culture on the external reputation of the company, its interaction with customers, partners and the public? It is this question and possible answers to it that are analyzed in this article using the example of NGO StarLine.

Key words: corporate culture, organization's image, reputation, values, NGO StarLine company.

УДК 659.4
ГРНТИ 19.45

КОММУНИКАТИВНЫЕ ПРАКТИКИ ВОЛОНТЕРСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Л. И. Геращенко, А. А. Нестерова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Волонтерская организация – это сообщество людей, которые готовы безвозмездно делиться своими ресурсами, силами, временем, умениями и профессиональными навыками на благо других людей. В данной статье рассматриваются коммуникативные практики волонтерских организаций как важный аспект их функционирования и развития. Анализируются методы и стратегии, используемые для установления эффективного взаимодействия с добровольцами, местными сообществами и партнерами. Особое внимание уделяется роли современных технологий в оптимизации коммуникации и укреплении связей между участниками волонтерских инициатив, что повышает их эффективность и устойчивость.

волонтерская организация, волонтеры, Коммуникативные практики, взаимодействие волонтерских организаций с волонтерами, проблемы волонтерских организация

В настоящее время волонтерская деятельность играет важную роль в современном обществе. Но для качественного поддержания ее работы необходимо применять актуальные коммуникативные практики, которые в свою очередь, играют ключевую роль в успешности их функционирования и воздействии на общество. Правильные коммуникации позволяют не только повысить эффективность работы данных организаций, но и способствуют созданию устойчивых сообществ, укреплению их социальной ответственности. Анализ коммуникативных практик позволяет выявить проблемы в организации волонтерской деятельности, определить факторы, способствующие успешной реализации социальных инициатив.

В Федеральном законе от 7 июля 1995 г. № 135-ФЗ «О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве)» благотворительная (волонтерская) деятельность определяется как «добровольная деятельность добровольная деятельность в форме безвозмездного выполнения работ и (или) оказания услуг в общественно значимых целях» [1].

Закон гласит, что в рамках волонтерских организаций реализуется благотворительная деятельность, направленная на решение социально значимых задач. Волонтерская организация – это некоммерческая организация, созданная в предусмотренной законодательством Российской Федерации организационно-правовой форме и осуществляющая добровольческую (волонтерскую) деятельность.

Существует несколько основных видов волонтерской деятельности [2]:

– Зооволонтерство. Подразумевает под собой помощь не только бездомным животным, но и тем, кто находится в специализированных приютах. Основная работа волонтеров в этом направлении заключается в том, что они, во-первых, подкармливают бездомных животных с дальнейшей целью отправить их в приют, а, во-вторых, ухаживание за ними в приютах.

– Экологическое волонтерство. Основная деятельность в этом направлении направлена на сохранение окружающей среды – добровольцы участвуют в различных акциях и мероприятиях, например, в субботниках, уборке мусора в парках, лесах, на пляжах.

– Событийное волонтерство связано с организацией специальных уличных акций или мероприятий, которые необходимы для ознакомления с каким-либо важными аспектами общественной жизни. Примером могут служить уличные акции в Санкт-Петербурге в честь дня по борьбе с ВИЧ-инфекцией, во время которых волонтеры рассказывают о том, как можно обезопасить себя и родных людей.

– Социальное волонтерство. В рамках данного вида деятельности волонтеры, например, помогают маломобильным группам населения (пожилым людям или инвалидм) в уборке квартир или участвуют в организации массовых мероприятий.

Для деятельности волонтерских организаций традиционные коммуникативные практики, прежде всего связаны с методами и средствами привлечения населения к волонтерской деятельности, взаимодействия с потенциальными партнерами и спонсорами, с государственными структурами, а также с координацией действий участников волонтерских инициатив.

Как отмечает Р. Л. Гатауллина, «в России волонтеров принято приглашать, это могут быть публичные выступления в школах и высших учебных заведениях, личные встречи» [3]. В арсенал методов привлечения потенциальных волонтеров входят также распространение афиш, объявлений в средствах массовой информации, интернете, листовок, организация дней открытых дверей, информационная работа на уличных мероприятиях. Агитация ведется с учетом потребностей в количестве участников в каждом конкретном случае. Как правило, на уличное мероприятие обычно требуется от 20 до 30 волонтеров, а на посещение приютов для бездомных животных – от 5 до 8 волонтеров [4]. Но далеко не всегда эти методы являются эффективными.

Волонтерские организации имеют множество различных проблем, которые мешают развитию их деятельности [5]. Одной из основных проблем является недостаток финансирования их деятельности. Большинство из волонтерских инициатив проводятся или на благотворительные пожертвования, или на государственные субсидии, которых часто недостаточно для полноценной работы.

С проблемой недофинансирования тесно связан и недостаток ресурсов. Государственные структуры или центры, при которых существуют волонтерские клубы,

не всегда готовы выделять бюджет на приобретение необходимой аппаратуры и инвентаря.

Значимой проблемой становится и нехватка квалифицированных специалистов в таких организациях. В большинстве случаев образованием сотрудников является не социальная работа, а, например, экономика, юриспруденция, инженерия или психология. Поэтому специфика волонтерской деятельности сотрудниками организаций познается в процессе работы практически с «нуля», методом «проб и ошибок».

Еще одна проблема касается низкого уровня сотрудничества и поддержки со стороны государственных и коммерческих организаций. Большинство из них не придают должного значения волонтерской деятельности вообще, особенно потребности включения в нее молодежи.

Нехватку волонтеров можно трактовать как результат всех предыдущих «недоработок». Чаще всего волонтерами являются подростки 14–18 лет или пожилые люди. Молодежь старше 20 лет либо уже не готова часто посещать необходимые мероприятия, либо же вообще не желает в них участвовать.

Перспективы развития волонтерских организаций обусловлены значимостью социальных проблем, в решении которых они участвуют. В качестве доказательства этого могут выступать удачные кейсы волонтерских мероприятий.

Ярким примером является мероприятие «Тайны бабушкиного сундучка», суть которого заключается в проведении тренингов «серебряных волонтеров» (лиц старше 55 лет) с людьми с ограниченными возможностями. Это мероприятие решает несколько задач. Во-первых, дает возможность «серебряным волонтерам» почувствовать свою нужность и востребованность, а, во-вторых, позволяет инвалидам перенять от пожилых людей бесценный опыт эффективной коммуникации, который научит их устанавливать позитивные контакты с окружающими, а также сформировать навык продуктивного общения, и восполнить недостаток полноценного общения со сверстниками. В данном мероприятии участвовало более 30 волонтеров, и было проведено свыше 10-ти мастер-классов и тренингов [6].

Еще одним удачным опытом является интернет-портал «Помогать – просто». Он был создан с целью привлечения новых лиц в волонтерскую деятельность – для их регистрации и участия в различных акциях и мероприятиях. На данном портале собрана информация о действующих социальных проектах. При этом, для удобства пользования, все проекты разделены по специальным группам, в зависимости от интересов. Каждый человек сможет найти просьбу о помощи, которая вдохновит его на добрые дела [7].

В заключении отметим, что эффективные практики взаимодействия волонтерских организаций с ключевыми игроками данного социального поля – спонсорами, партнерами, государственными структурами, действующими и потенциальными волонтерами – требуют отбора действенных формы и методы ведения данной работы.

Детальный анализ успешных волонтерских мероприятий может стать одним из способов решения данных задач.

Список используемых источников

1. Федеральный закон от 11.08.1995 (ред. от 8.12.2020) № 135-ФЗ "О благотворительной деятельности и добровольчестве (волонтерстве)" Статья 1, раздел 1. Информационный портал «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7495/?ysclid=lobabozr6s418649049 (дата обращения 13.11.2024)
2. Глазкова Е. А. Формы осуществления волонтерской деятельности и виды волонтерства // Stud Net: электрон. науч. образ. журн. 2019. # 2. С. 26. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formy-osuschestvleniya-volonterskoy-deyatelnosti-i-vidy-volonterstva/viewer (дата обращения 11.11.2024)
3. Гатауллина Л. Р. Использование инструментов рекламы и связей с общественностью в решении задач волонтерских движений // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3–5. С. 76.
4. Стандарт работы организатора добровольческой/волонтерской деятельности; Издательство Ассоциации волонтерских центров, 2021. 149 с. URL: https://edu.dobro.ru/upload/uf/8b2/8b28d27e0458ebce2f0d9f93ad076f61.pdf (дата обращения 11.11.2024).
5. Сергеева И. Е. Проблемы и перспективы развития волонтерского движения на региональном уровне // Вестник науки, 2023. № 11 (68). Том 1. С. 626–630. URL: https://www.xn----8sbempclcwd3bmt.xn--p1ai/archiv/journal-11-68-1.pdf#page=626 (дата обращения 11.11.2024).
6. Лучшие практики, реализуемые волонтерами в сфере организаций мероприятий. Москва. 2020 год. URL: https://cspn-verhket.tom.socinfo.ru/media/2020/07/23/1258154980/Praktika.pdf (дата обращения 13.11.2024).
7. Помогать просто. Коллекция кейсов о волонтерстве. URL: https://fcsp.ru/upload/iblock/330/330aa503c5b971771ab703f66de08e75.pdf (дата обращения 13.11.2024).

***Gerashenko L., Nesterova A.* COMMUNICATION PRACTICES OF VOLUNTEER ORGANIZATIONS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

A volunteer organization is a community of people who are willing to freely share their resources, strength, time, skills and professional skills for the benefit of other people. This article examines the communicative practices of volunteer organizations as an important aspect of their functioning and development. The methods and strategies used to establish effective interaction with volunteers, local communities and partners are analyzed. Special attention is paid to the role of modern technologies in optimizing communication and strengthening ties between participants in volunteer initiatives, which increases their effectiveness and sustainability.

Key words: Volunteer organization, volunteers, Communication practices, interaction of volunteer organizations with volunteers, problems of volunteer organizations.

УДК 65.01
ГРНТИ 82.01.29

ОСОБЕННОСТИ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ В СФЕРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Л. И. Геращенко, Р. В. Олехнович
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассмотрены особенности продвижения автомобильных моек. Представлена их типология, показаны возможности и ограничения этой деятельности.

автомобильные мойки, типы автомобильных моек, малый бизнес, продвижение малого бизнеса

С каждым годом количество автомобилей в стране растет. Только за десять месяцев 2024 года населением было приобретено 795 тысяч новых автомобилей, что на 45 % больше, чем за аналогичный период прошлого года [1]. В связи с этим растет и спрос на сопутствующие услуги по обслуживанию автомобилей. Ежегодно открываются новые автомобильные мойки, и, как следствие, повышается конкуренция среди них. Так, по данным Газет.RU, с 1 марта по 22 апреля текущего года, по сравнению с таким же периодом 2023 года, «количество посещений автомоек выросло на 48 %, а общий объем трат увеличился на 26 %» [2]. Соответственно, для данных предприятий вопрос о привлечении новых клиентов встает очень остро. Такая ситуация диктует потребность поиска средств и методов продвижения предприятий.

На возможности продвижения автомобильных моек накладывает определенные ограничения масштаб предприятия, а значительная часть их относится к организациям малого бизнеса, и вид мойки. Можно утверждать с определенной долей объективности, что чем больше количество автомоек того или иного вида, чем больше спрос на их услуги, тем выше среди них и уровень конкуренции.

Предприятия, предоставляющие услуги по уходу за автомобилем, бывают пяти видов: ручная автомобильная мойка (традиционная), мойка самообслуживания, бесконтактная, портальная, детейлинг центр. Все они имеют как плюсы, так и минусы.

Более всего распространены в нашей стране ручные мойки. Для этого вида предприятия характерна зачастую низкая стоимость услуг, так как они не требуют ни специального оборудования, ни особые навыков сотрудников. Данный тип моек у автомобилистов вызывает обычно негативный опыт, так как качество, предоставляемых услуг, на низком уровне.

Мойка самообслуживания. Также является распространенным типом подобных предприятий. Для их функционирования достаточно только сотрудника, который будет обслуживать оборудования. Клиент сам моет свой автомобиль, поэтому стоимость услуги самая низкая.

Бесконтактная мойка. Данному виду отдают предпочтения владельцы более дорогих авто, так как эти предприятия уже имеют специальное оборудование, а мойка автомобиля происходит под высоким давлением. Стоимость оборудования, а также квалифицированные сотрудники, которые следят за состоянием оборудования и обслуживают его, поднимают стоимость услуги, но при этом качество предоставленных услуг выше.

Портальные мойки. В нашей стране это совсем не распространенный тип автомобильных моек. Для них требуется дорогостоящий моечный аппарат: автомобиль фиксируется на специальной платформе, а сам аппарат, двигаясь, осуществляет мойку и сушку авто.

Детейлинг центр. Данный вид мойки относится к премиальному обслуживанию. На нем используется дорогостоящее оборудование, качественная химия по уходу за автомобилем. Здесь, помимо мойки автомобиля, оказывают дополнительные услуги, такие как полировка, химчистка и т.д. Стоимость услуг – самая высокая, так как в таких центрах работают самые квалифицированные сотрудники, применяется качественная химия и оборудование.

Большинство моек – это предприятия малого бизнеса. Для малого бизнеса характерно:

– малая численность работников, которые одновременно обслуживают предприятие (до 100 человек);

– годовой оборот предприятия составляет не более 800 млн. рублей в год [3].

Для успешного продвижения любого предприятий необходимо наличие:

– уникального торгового предложения (УТП) – краткое описание преимуществ товара или услуги, которое выделяет бренд среди конкурентов и привлекает потенциальных клиентов;

– онлайн-присутствия, прежде всего обязательным является сайт, на котором клиенты смогут ознакомиться с перечнем услуг, а также оставить отзывы и предложения;

– рекламы в соцсетях и на схожих по тематике сайтах – анализ аудитории сайта позволит найти свою целевую аудиторию;

– таргетированная реклама – позволяет точечно настроить параметры целевой аудитории, такие как, пол, возраст, геолокация и интересы.

– реклама в геосервисах – может быть эффективным для продвижения использование Яндекс.Карт и 2ГИС. Пользователи часто ищут информацию о предприятиях в интернете, наличие карточки организации сможет привлечь клиентов;

– сотрудничества с лидерами мнений – например, блогерами, что может значительно повысить узнаваемость бренда;

– ведение социальных сетей – проведение конкурсов и оповещение об акциях, информирование о жизни предприятия изнутри.

Возможность использования большинства из этих направлений продвижения для предприятий малого бизнеса весьма ограничена. Причинами этого может стать дефицит средств на данное направление деятельности в целом и на рекламу, в частности; отсутствие у собственников необходимых компетенций в этой области и в силу ограниченности материальных средств невозможность привлечения профессионалов в сфере рекламы и связей с общественность в штат предприятия [4].

Чаще всего для рекламы предприятий малого бизнеса собственники используют интернет-рекламу – таргетированную рекламу, рекламу в соцсетях и у блогеров. Для правильной работы данных инструментов требуются определенные навыки, так как нужно тщательно отобрать свою целевую аудиторию, настроить критерии данной аудитории, такие как, пол, возраст, интересы, геолокация и т. д.

Таргетированная реклама один из ключевых инструментов привлечения аудитории через социальные сети, интернет и контекстную медиа-рекламу. Для нее характерна большая вероятность воздействия на ту целевую аудиторию, которая интересуется рекламируемым товаром или услугой. В умелых руках данный инструмент поможет не только привлечь новую аудиторию, но и сократить бюджет на рекламу. Но правильно настроить критерии аудитории в короткие сроки и снизить затраты на рекламу сможет только опытный маркетолог [5].

Реклама в социальных сетях и взаимодействие с блогерами – важные инструменты в продвижении услуг. Реклама в социальных сетях помогает повысить узнаваемость бренда, создать благоприятный имидж компании, а также укрепить корпоративные связи. Но для правильного продвижения важно грамотно определить социальную сеть или лидера мнения. Простое убеждение клиента купить товар – неэффективный метод. Для того чтобы получить действенный результат от использования социальных сетей важно создать условия для осознанного выбора аудитории в пользу конкретного товара или услуги, а также для его обсуждения.

Подводя итог, отметим, что продвижение предприятий в сфере обслуживания автомобилей сегодня является значимым фактором их конкурентоспособности. Потребность в расширении клиентской базы поднимает вопрос о поиске эффективных средств информирования населения, привлечении для данных целей специалистов в сфере рекламы и PR.

Список используемых источников

1. Оперативная информация по авторынку России. URL: https://www.autostat.ru/news/58835/ (дата обращения 07.11.2024).

2. Спрос на автомойки и детейлинг в России подскочил на 48 % // Газета.RU. 24 апреля 2024. URL: https://www.gazeta.ru/business/news/2024/04/24/22860920.shtml (дата обращения 07.11.2024).
3. Федеральный закон "О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации" от 24.07.2007 N 209-ФЗ / Собрание законодательства Российской Федерации от 2007 г., № 31 , ст. 4006.
4. Чекашкина Н. Р., Ичмелян И. Ф., Чичерина П. А. / Исследование практики использования инструментов интернет-рекламы в деятельности предприятий малого бизнеса, 2020. С. 63–68.
5. Назарова А. Д. Таргетированная реклама как ключевой инструмент маркетолога. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/targetirovannaya-reklama-kak-klyuchevoy-instrument-marketologa (дата обращения 07.11.2024). .

Gerashenko L., Olekhnovich R. **FEATURES OF THE PROMOTION OF ENTERPRISES IN THE FIELD OF CAR MAINTENANCE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses the specifics of promoting car washes. Their typology is presented, and the opportunities and limitations of this activity are shown.

Key words: car washes, types of car washes, small business, small business promotion.

УДК 659.127
ГРНТИ 45.01.14

ПРОДВИЖЕНИЕ В ИНТЕРНЕТЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ

Д. Р. Егоров, А. В. Кульназарова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматривается важность интернет-продвижения для производственных компаний в условиях современного рынка. Анализируются ключевые аспекты интернет-продвижения, такие как повышение узнаваемости бренда, генерация лидов, увеличение продаж, улучшение коммуникации и создание сообщества.

интернет-продвижение, производственные компании, интернет, стратегия продвижения

В современном мире, где цифровые технологии играют все более важную роль в бизнесе, производственные компании сталкиваются с необходимостью адаптироваться к новым реалиям и активно использовать интернет-продвижение для достижения своих целей. К этому сайты компаний стали не только визиткой предприятия, но и способом привлечения потенциальных клиентов с помощью интеграции разных функций для оптимизирования сайта и интуитивного использования, тем самым упрощая поиск информации о компании и продукта, который они производят.

Интернет-продвижение, так же его называют интернет-маркетингом – это комплекс маркетинговых инструментов, которые помогают привлекать новых клиентов, но при всем при этом сохранять старых клиентов [1].

Из этого видно, что интернет-маркетинг помогает повысить узнаваемость бренда, привлечь заинтересованных пользователей, увеличить продажи, улучшить коммуникацию с клиентами и создать лояльное сообщество вокруг бренда. По итогу, интернет-маркетинг помогает строить долгосрочные отношения с покупателями, увеличивая доход и укрепляя позиции на рынке.

Ключевыми аспектами для продвижения в интернет-маркетинге являются:

– повышение узнаваемости бренда: создание онлайн-присутствия, которое привлекает внимание потенциальных клиентов и формирует положительный образ компании;

– генерация лидов: применение различных инструментов для привлечения заинтересованных пользователей и превращения их в потенциальных покупателей;

– увеличение продаж: продвижение продукции и услуг компании с помощью интернет-рекламы, оптимизации сайта и контент-маркетинга;

– улучшение коммуникации: создание платформы для эффективного взаимодействия с клиентами, партнерами и поставщиками;

– создание сообщества: формирование лояльной аудитории вокруг бренда, способной продвигать продукцию компании.

Данные аспекты могут показать, насколько эффективно работает интернет-продвижения для производителя, но для понимания эффективности создается сначала создается стратегия интернет-продвижения.

К Стратегии интернет-продвижения для производственных компаний относятся [2]:

– поисковая оптимизация (SEO): улучшение позиций сайта в результатах выдачи поисковых систем, повышая его видимость для целевой аудитории;

– контекстная реклама: показ рекламных объявлений на сайтах и в поисковых системах, ориентированных на пользователей, интересующихся продукцией компании. В данном случае очень сильно на территории Российской Федерации помогает экосистема Яндекса, где расположен разный инструментарий. Например, такой как, «Яндекс Директ» – который в свою очередь оптимизирует контекстную рекламу, «Яндекс Метрика» – где есть возможность отследить перемещения клиента, сколько он был на странице, какая ссылка является самой эффективной и откуда непосредственно пришел сам клиент, а также «Яндекс Бизнес» – где можно выставить автоматическую рекламную компанию, что упрощает большую часть работы бизнесменам.

– социальные сети: активное использование социальных платформ для создания контента, взаимодействия с аудиторией и повышения узнаваемости бренда. К ним можно отнести такой инструмент как «VK», ведь на данной платформе с учетом ее развития можно делать бизнес-процессы более интересными и удобными. Примером является корзина, виджеты, боты, которые можно внедрить в группу в «VK». Так же хорошим инструментом в наше время является «Telegram» где так же присутствуют каналы, и боты с помощью которых можно продвигать компанию и свой продукт.

– контент-маркетинг: создание и распространение ценного и релевантного контента, такого как статьи, видео, инфографика, для привлечения и удержания целевой аудитории. Для данного инструмента очень подходит «Яндекс Дзен», который в свою очередь выступает как информационным порталом компаний и физических лиц. Люди на данном портале могут спокойно публиковать рекламные видео, писать блоги, изучать новые проблемы с рынком и узнавать что-то новое для себя. Поэтому данная платформа подходит для контент-маркетинга.

– Email-маркетинг: использование электронной почты для общения с клиентами, информирования о новых продуктах и акциях, а также для сбора контактной информации.

Для разных отраслей промышленности оптимальными могут оказаться разные инструменты интернет-продвижения. Например, для металлообрабатывающего

производства эффективным инструментом может стать контекстная реклама. С ее помощью можно достучаться до целевой аудитории, интересующейся металлоконструкциями, строительными материалами или инструментами для обработки металла. В то время как для деревообрабатывающего производства оптимальным вариантом может оказаться Email-маркетинг, с помощью целевых рассылок можно информировать клиентов о новых коллекциях мебели, предлагать скидки и продвигать специальные предложения, укрепляя отношения с клиентами и создавая лояльность к бренду.

Как и у каждой стратегии продвижения есть свои преимущества в данном случае для производственных организаций это [3]:

– доступность (широкий охват аудитории);

– целевая реклама (возможность точно настроить рекламные кампании на нужную аудиторию или нужный район);

– измеримость (отслеживание эффективности маркетинговых кампаний с помощью различных аналитических инструментов);

– доступная стоимость (широкий спектр инструментов и сервисов доступен по различным ценам);

– постоянный контакт (возможность поддерживать постоянный контакт с клиентами, информируя их о новых продуктах и услугах).

Из этого следует что компании могут спокойно развивать свой бизнес с помощью интернет-маркетинга, ведь данные преимущества могут принести клиенту неплохую прибыль и узнаваемость своего бренда.

Примеры успешного интернет-продвижения производственных компаний:

– Siemens – активное использование социальных сетей для демонстрации своих инновационных технологий и повышения узнаваемости бренда.

– Boeing – создание контента, который рассказывает о своих достижениях в области авиастроения и привлекает внимание широкой аудитории.

– Tesla – использование интернет-платформ для прямой продажи своих автомобилей, минуя традиционные дилерские сети.

Интернет-продвижение является незаменимым инструментом для современного производства. С его помощью компании могут повысить свою узнаваемость, увеличить продажи, и создать долгосрочную связь со своими клиентами. Важно отметить, что успешное интернет-продвижение требует комплексного подхода, включающего в себя выбор подходящих стратегий и инструментов, а также постоянный мониторинг эффективности и адаптацию к меняющимся условиям рынка Интернет-продвижение является незаменимым инструментом для современного производства.

Список используемых источников

1. Клименко Е. С. Интернет-маркетинг: понятие, задачи и основные инструменты. URL: elar.urfu.ru/bitstream/10995/105969/1/978-5-7996-3319-6_2021_057.pdf (дата обращения 10.11.2024).
2. Цифровой маркетинг: стратегии и инструменты для успешного онлайн продвижения. URL: cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-marketing-strategii-i-instrumenty-dlya-uspeshnogo-onlayn-prodvizheniya/viewer (дата обращения 10.11.2024).
3. Преимущества использования инструментов интернет-маркетинга для современных компаний. URL: cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-ispolzovaniya-instrumentov-internet-marketinga-dlya-sovremennyh-kompaniy/viewer (дата обращения 10.11.2024).

Egorov D., Kulnazarova A. **PROMOTION OF PRODUCTION COMPANIES ON THE INTERNET.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The specifics of promoting organizations in social networks. This article discusses the importance of Internet promotion for manufacturing companies in the modern market. The key aspects of online promotion are analyzed, such as increasing brand awareness, generating leads, increasing sales, improving communication and creating a community.

Key words: internet promotion, production companies, internet, pro-movement strategy.

УДК 316.472
ГРНТИ 71.01.14

КОНКУРЕНЦИЯ ЗА ВНИМАНИЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЦЕНТРА В ПРОДВИЖЕНИИ РЕГИОНОВ

Е. В. Елисеева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматриваются инструменты и стратегии, направленные на повышение конкурентоспособности и привлечения внимания федерального центра к регионам Российской Федерации. Обсуждаются пути использования связей с общественностью, активное информирование СМИ и внедрение инновационных методов продвижения. Определяются ключевые факторы, влияющие на конкурентоспособность регионов, использование PR-кампании для формирования положительного имиджа, программы поддержки федеральных регионов и вызовы, с которыми сталкиваются субъекты Федерации. Отмечается важность сотрудничества региональных властей и федерального центра.

конкуренция, стратегия продвижения, имидж, национальные проекты, финансирование, инфраструктура, сотрудничество

В условиях современного российского общества, где регионы стремятся повысить свою конкурентоспособность и привлечь внимание федерального центра, конкуренция за инвестиции, ресурсы и поддержку становится все более актуальной. Каждое региональное правительство предпринимает активные усилия для формирования позитивного имиджа и демонстрации своих уникальных преимуществ, чтобы выделиться на фоне других субъектов Федерации.

Эта конкурентная борьба включает в себя различные инструменты и стратегии, направленные на привлечение инвестиций, развитие инфраструктуры и увеличение туристического потока. Важными аспектами в этом процессе являются использование связей с общественностью, активное информирование СМИ и внедрение инновационных методов продвижения.

Рассмотрим ключевые факторы, влияющие на конкурентоспособность регионов [1].

1. Экономический потенциал:

– развитие ключевых отраслей экономики (промышленность, сельское хозяйство, услуги) и наличие инвестиционного климата;

– уровень безработицы и социальное обеспечение.

2. Инфраструктура:

– качество транспортной и социальной инфраструктуры, доступность связи и интернета;

– наличие образовательных и медицинских учреждений.

3. Культурное и природное наследие:

– уникальные культурные и природные ресурсы, которые могут привлечь туристов и инвесторов;

– возможности для развития экотуризма и культурного обмена.

4. Политическая стабильность:

– уровень коррупции и прозрачность власти;

– эффективность взаимодействия с федеральными органами власти.

5. Социальная активность:

– уровень вовлеченности местного населения в общественные и экономические процессы;

– наличие общественных инициатив и НКО.

Рассмотрим успешные примеры стратегий продвижения по ключевым направлениям работы с имиджем.

1. Имиджевые кампании.

Регионы, такие как Татарстан и Калужская область, активно используют PR-кампании для формирования положительного имиджа, акцентируя внимание на инвестиционных возможностях и культурных аспектах [2].

2. Участие в выставках и форумах.

Региональные администрации активно участвуют в федеральных и международных выставках, что позволяет представить свои достижения и наладить новые связи. Примеры успешных регионов включают Краснодарский край, который активно продвигает свои туристические ресурсы [2].

3. Цифровизация и использование технологий.

Регионы, такие как Санкт-Петербург, используют современные цифровые платформы и технологии для продвижения своих возможностей. Создание интерактивных карт и приложений для туристов значительно улучшает восприятие региона [3].

4. Партнерство с бизнесом.

Успешные регионы, такие как Московская область, развивают партнерские отношения с крупными компаниями, что способствует созданию новых рабочих мест и развитию инфраструктуры.

Отметим основные вызовы, с которыми сталкиваются субъекты Федерации [1].

1. Недостаток финансирования.

Многие регионы сталкиваются с ограниченным бюджетом, что сдерживает их развитие и возможность инвестиций в ключевые отрасли.

2. Конкуренция среди регионов.

В условиях ограниченного внимания федерального центра, регионы борются за инвестиции, что приводит к усилению конкуренции и необходимости выделяться на фоне других субъектов.

3. Проблемы с инфраструктурой.

Устаревшая инфраструктура и недостаток транспортных связей могут стать серьезным препятствием для развития региона и привлечения инвесторов.

4. Кадровый дефицит.

Многие регионы испытывают нехватку квалифицированных кадров, что негативно сказывается на их способности реализовывать проекты и привлекать новые инвестиции.

5. Низкий уровень вовлеченности населения.

Нехватка общественной активности и участия местного населения в принятии решений может привести к недостаточной поддержке инициатив, направленных на развитие региона.

Данные ключевые факторы и вызовы помогут глубже понять динамику конкурентоспособности регионов и разработать более эффективные стратегии продвижения.

Отметим, что причины продвижения имиджа Камчатского края можно поделить на региональные, федеральные и социальные [4].

Региональные интересы определяются двумя факторами. Во-первых, экономическое развитие − стремление к привлечению инвестиций, созданию новых рабочих мест и увеличению доходов местного бюджета. Продвижение имиджа региона подчеркивает уникальные преимущества региона, тем самым привлекая бизнес [5]. Во-вторых, устойчивый туризм − интерес в развитии туристической инфраструктуры, способствующий экономическому росту и сохранению природного наследия.

Федеральный интерес также можно поделить на две составляющие. Во-первых, внимание федерального центра: сильный имидж приводит к большому вниманию со стороны федеральных властей, что связано с дополнительным финансированием, поддержкой инфраструктурных проектов и социальными инициативами. Во-вторых, национальные программы: регион, демонстрирует свою активность и уникальность, участвуя в различных федеральных программах, направленных на развитие.

Социальная активность связана с участием местного населения. Данный аспект продвижения направлен на вовлечение местных жителей в развитие региона, формирование чувства гордости и ответственности за свою землю.

Важно отметить и программы поддержки федеральных регионов. Рассмотрим данные программы подробнее.

1. Национальные проекты.

В рамках национальных проектов, таких как «Экология», «Образование», «Демография» и «Цифровая экономика», регионы могут получать финансирование на реализацию различных инициатив [1].

2. Федеральные программы финансирования.

Программы, такие как «Содействие развитию регионов», «Поддержка малого и среднего предпринимательства» и «Развитие туристической инфраструктуры», предоставляют ресурсы для реализации местных проектов.

3. Государственные гранты.

Существуют различные грантовые конкурсы, на которые регионы могут подавать заявки для финансирования своих инициатив, направленных на развитие и модернизацию.

4. Инвестиционные программы.

Федеральные инициативы, направленные на привлечение инвестиций в экономику, такие как создание ТОР (территории опережающего развития) или СЗП (свободные зоны), предоставляют дополнительные возможности для развития [6].

5. Субсидии и дотации.

Региональные власти могут получать дотации и субсидии на реализацию социально-экономических программ, что помогает улучшать инфраструктуру и качество жизни населения.

Анализируя причины, по которым Камчатский край занимается продвижением своего имиджа, и существующие программы поддержки, можно понять, что интересы региона и федерального центра пересекаются. Успешная реализация стратегий продвижения может привести к взаимовыгодному сотрудничеству и повышению конкурентоспособности региона в целом.

Конкуренция за внимание федерального центра становится все более острой среди регионов России, и Камчатский край не является исключением. Стремление повысить свою конкурентоспособность требует от регионов комплексного подхода к продвижению своих уникальных преимуществ, включая экономический потенциал, культурное наследие и природные ресурсы. Успешные стратегии, основанные на активном вовлечении местного населения, использовании современных технологий и партнерстве с бизнесом, способны значительно укрепить имидж региона.

Однако регионы сталкиваются с рядом вызовов, включая ограниченное финансирование, недостаток инфраструктуры и кадровый дефицит. Эти препятствия требуют инновационных решений и поддержки со стороны федерального центра. Программы, направленные на развитие регионов, играют ключевую роль в обеспечении устойчивости и роста, позволяя субъектам Федерации реализовывать свои инициативы и привлекать инвестиции.

В конечном итоге, для достижения успеха необходимо стремление как со стороны региональных властей, так и федерального центра к сотрудничеству и диалогу. Только совместными усилиями можно создать благоприятные условия для развития

и укрепления конкурентных позиций региона, что, в свою очередь, принесет пользу как местным жителям, так и всей стране в целом.

Список используемых источников

1. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2015: Стат. Сб. / Росстат. М. 2015. 672 с.
2. Борисова О. М. Имиджевые инструменты продвижения стратегической концепции маркетинга территории. / О. М. Борисова, А. В. Тимофеев // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологии, 2015. № 2. С. 9–16.
3. Арженовский И. В. Маркетинг регионов: учеб. пособие / И. В. Арженовский. М.: Юнити-Дана, 2014. 136 с.
4. Важенина И. С. Имидж, репутация и бренд территории: монография / И. С. Важенина. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2013. 408 с.
5. Арженовский И. В. Маркетинг регионов: учеб. пособие / И. В. Арженовский. М.: Юнити-Дана, 2014. 136 с.
6. Алехина В. К. Инвестиционная привлекательность региона / В. К. Алехина // Агентство инвестиционного развития Волгоградской области, 2013. № 3. С. 3–5.

Eliseeva E. **COMPETITION IN PROMOTION OF REGIONS FOR THE ATTENTION OF THE FEDERAL CENTER.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article examines the tools and strategies aimed at increasing competitiveness and attracting the attention of the federal center to the regions of the Russian Federation. The ways of using public relations, active informing of the media and the introduction of innovative promotion methods are discussed. The key factors influencing the competitiveness of the regions, the use of a PR campaign to form a positive image, support programs for federal regions and the challenges faced by the subjects of the Federation are determined. The importance of cooperation between regional authorities and the federal center is noted.

Key words: competition, promotion strategy, image, national projects, financing, infrastructure, cooperation.

УДК 304.2
ГРНТИ 06.56.01

АСПЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ЭПОХИ: ПРИНЦИПЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ И УНИКАЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ОНЛАЙН- И ОФФЛАЙН-ПРОСТРАНСТВ

Е. М. Еникеева, Т. Д. Кадацкая
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Процесс цифровизации, способствующий изменению мировоззрения человека, отражается на всей деятельности, исходя из чего можно утверждать, что цифровая эпоха трансформирует окружающий мир. В данной статье на примере цифровой экосистемы (Яндекс) и социокультурных пространств (Молодежное пространство "ПРОСТО" и Центральная городская публичная библиотека имени В. В. Маяковского) рассматриваются проявления принципов децентрализации, многофункциональности и уникальности в онлайн- и оффлайн-пространствах.

цифровое общество, цифровая экосистема, культурное пространство, онлайн-пространство, оффлайн-пространство

Вопрос о влиянии современных технологий на людей остается актуальным еще с прошлого столетия, однако сейчас цифровая эпоха не столько «монстр» из будущего, сколько действительность, в которой пребывает современное общество. Выделение информационного, цифрового общественного типа связано со становлением принципиально нового сознания «электронного человека» [1], которое, в свою очередь, формирует окружающую среду, состоящую из двух взаимодополняемых онлайн- и оффлайн-пространств. Их взаимодействие можно проследить в процессе реализации принципов децентрализации, многофункциональности и уникальности на примерах цифровых экосистем (онлайн) и социокультурных пространств (оффлайн). Оба этих явления являются новшеством цифровой эпохи.

Процесс цифровизации как интеграции цифровых технологий в жизнь общества, протекая в рамках всех сфер деятельности, наиболее интенсивно прослеживается в коммерческой сфере. В большинстве случаев от умения бизнеса своевременно реагировать на изменения окружающего мира, быстро приспосабливаться к новым условиям, «задавать тренды» (в том числе и технологические) зависит его жизнеспособность. Это обуславливает становление и активное развитие электронной торговли (e-Commerce) – реализации товаров и услуг (как физических, так и цифровых) через Интернет. Так, «Золотое Яблоко» совершило большой скачок в экономиче-

ском развитии (и избежало разорения), когда во время пандемии сместила акцент с продвижения физических торговых точек на осуществление продаж через Интернет. Теперь фирма является одним из самых крупных игроков в своем сегменте; сейчас она представлена и онлайн, и оффлайн. Согласно исследованию Data Insight «Онлайн рынок косметики 2021», компания «Золотое Яблоко» входит в ТОП-10 игроков рынка в своем сегменте [2].

В настоящее время организация (вне зависимости от рода деятельности), никак не представленная онлайн (не имеющая сайта, страницы в социальной сети и т. п.), для большинства пользователей «не существует» и в оффлайн-пространстве, или, по крайней мере, качество ее деятельности вызывает сомнения. На российском рынке присутствуют и те фирмы, которые реализуют продукцию исключительно в рамках e-Commerce (примером может служить Т-Банк), и подобная стратегия встречается все чаще, особенно среди малого и среднего бизнеса. Так, онлайн-пространство становится неотделимой частью «реального» мира, а наличие (качественного) представления фирмы в Интернете – «гарантом» ее существования.

Цифровое пространство децентрализовано: в его структуре нет периферий; их заменяет «диалог между центрами» [1]. Это, в свою очередь, способствует изменению пользовательского восприятия, то есть современный человек «стремится к холистическому видению мира», представляющего собой «сеть» с относительно независимыми составляющими [3]. Причем это справедливо в равной степени относительно как онлайн-, так и оффлайн-пространств.

Относительно онлайн-среды децентрализацию можно рассмотреть на примере бизнесов, присутствующих одновременно на нескольких рынках (относительно сферы деятельности): широкое распространение в рамках цифровой экономики (e-Commerce) получили цифровые экосистемы – «наборы» различных сервисов, доступных пользователю по подписке через единую учетную запись. Представляется невозможным построение иерархии внутри подобной совокупности приложений (не учитывая исключительно субъективные предпочтения пользователя). Так, в рамках подписки «Яндекс Плюс» становятся доступны «равноправные» сервисы «Кинопоиск», «Яндекс Музыка», а также дополнительные опции «Яндекс Почты» (создание уникального адреса) и «Яндекс Диска» (дополнительное место для хранения файлов) [4]. Наличие в одной подписке множества разнородных сервисов также обеспечивает многофункциональность продукта (Яндекс Плюса). Таким образом, цифровые экосистемы можно рассматривать в качестве децентрализованной структуры, элементы которой обладают функциональной обособленностью относительно друг

друга. За счет разнообразия сервисов обеспечивается многофункциональность цифровой экосистемы как продукта.

Цифровые экосистемы во многом появились как следствие потребительской необходимости в «особой идентичности» [3]. Совокупность разнородных по функционалу сервисов позволяет удовлетворять комплексную «индивидуальную» («уникальную») потребность пользователя в массовых масштабах.

В настоящее время бизнес-технологии и инструменты достаточно интенсивно интегрируются во все сферы жизнедеятельности, в частности социокультурную. Характерной тенденцией XXI века стало взаимодействие этих двух сфер в форме культурных пространств – объединений нескольких организаций, схожих по географическому положению (в рамках одного города) и сфере деятельности. Все элементы подобного объединения функционально целостны и полноценны. Стоит отметить, что культурные пространства разнообразны, и далеко не все из них имеют коммерческую ориентацию. Также они могут различаться по степени «обособленности» организационных элементов. Например, Центральная городская публичная библиотека имени В. В. Маяковского включает в себя «не только два здания на Фонтанке», но и шесть площадок «по всему городу – с разной специализацией и набором услуг. А главное – разными книгами» [5]. Ярким примером также может служить Молодежное пространство «ПРОСТО» – проект Правительства Санкт-Петербурга, который реализуется Комитетом по молодежной политике и взаимодействию с общественными организациями [6]. Данное культурное пространство состоит из нескольких точек, расположенных в разных районах города, которые имеют схожий функционал, но отличаются тематически. Таким образом, развитие культурных пространств в Санкт-Петербурге является примером проявления принципа децентрализации в оффлайн-среде.

В отношении социокультурных пространств принцип уникальности прослеживается в концептуальности, то есть в продвижение (и саму суть) объединения заложена определенная идея. Так, концепт «ПРОСТО» заключается в его ориентации на молодежь; сочетании инфраструктурных и интеллектуальных возможностей для удовлетворения потребности в самореализации. «ПРОСТО» нацелен на «раскрытие» потенциала молодежи «для дальнейшего развития Санкт-Петербурга» [6].

Перечисленные явления, характерные для цифровой эпохи (принципы децентрализации, многофункциональности и уникальности), представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Проявления принципов децентрализации, многофункциональности и уникальности в онлайн- и оффлайн-пространствах

<table>
<tr><td colspan="3">Проявление онлайн</td></tr>
<tr><td colspan="3">Цифровая экосистема – совокупность разнообразных сервисов, доступ к которым осуществляется через единую учетную запись</td></tr>
<tr><td colspan="3">Принцип</td></tr>
<tr><td>Децентрализация</td><td>Многофункциональность</td><td>Уникальность</td></tr>
<tr><td>Сервисы (приложения), входящие в цифровую экосистему функционально обособлены и полноценны; среди них нельзя выделить «главное», «основное». Их объединение основывается на осуществлении входа через единую учетную запись</td><td>Цифровая экосистема, объединяя в себе возможности множества разнообразных сервисов, предоставляет пользователю широкий спектр возможностей</td><td>Совокупность разнородных по функционалу сервисов позволяет удовлетворять «индивидуальную» («уникальную») потребность пользователя в массовых масштабах.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Пример</td></tr>
<tr><td colspan="3">Цифровая экосистема Яндекс (Подписка «Яндекс Плюс»)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Проявление оффлайн</td></tr>
<tr><td colspan="3">Социокультурное пространство – объединение организаций, схожих по географическому положению и сфере деятельности</td></tr>
<tr><td colspan="3">Принцип</td></tr>
<tr><td>Децентрализация</td><td>Многофункциональность</td><td>Уникальность</td></tr>
<tr><td>Среди составляющих культурного пространства трудно определить «флагманскую» организацию. Хотя все элементы нормативно «подчинены», тематически и концептуально они представляют относительно обособленные друг от друга «центры»</td><td>Посетитель культурного пространства может воспользоваться большим количеством услуг: многофункциональность обеспечивается за счет взаимодополняемой деятельности каждой конкретной организации, входящей в состав культурного пространства</td><td>В отношении социокультурных пространств принцип уникальности прослеживается в концептуальности, то есть в продвижение (и саму суть) объединения заложена определенная идея, смысл</td></tr>
<tr><td colspan="3">Пример</td></tr>
<tr><td colspan="3">Молодежное пространство «ПРОСТО»,
Центральная городская публичная библиотека имени В. В. Маяковского</td></tr>
</table>

Процесс цифровизации способствовал изменению мировоззрения человека, становлению абсолютно нового сознания. Новый тип восприятия отражается на всей деятельности как в онлайн-, так и в оффлайн-пространствах. Исходя из этого, можно утверждать, что цифровая эпоха трансформирует окружающий мир вне зависимости от выражения – физического или цифрового. Это обуславливает проявление в обоих сферах схожих принципов: децентрализации, многофункциональности и уникальности. Цифровая экосистема «Яндекс» (с подпиской «Яндекс Плюс»), Молодежное

пространство «ПРОСТО» и Центральная городская публичная библиотека имени В. В. Маяковского являются одними из множества примеров реализации данных тенденций информационной эпохи. Современным специалистам по рекламе и связи с общественностью, маркетологам, «создателям смыслов», которым приходится работать в быстро меняющихся условиях, стоит учитывать высокую степень взаимовлияния онлайн- и оффлайн-сфер.

Список используемых источников

1. Маклюэн М. Галактика Гутенберга: становление человека печатающего. Москва: Академический проект, 2020. 443 с.
2. Онлайн-рынок косметики 2021. URL: https://datainsight.ru/sites/default/files/DI_Cosmetics2021_Public.pdf?ysclid=m3h00timv2171847980 (дата обращения 15.11.2024).
3. Человек электронной эпохи в работах М. Маклюэна. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/chelovek-elektronnoy-epohi-v-rabotah-m-maklyuena/viewer (дата обращения 15.11.2024).
4. Яндекс Плюс – все развлечения и выгода в одной подписке. URL: https://plus.yandex.ru/ (дата обращения 15.11.2024).
5. Центральная городская публичная библиотека имени В. В. Маяковского. URL: https://pl.spb.ru/contacts/addresses/ (дата обращения 15.11.2024).
6. Подробнее о ПРОСТО. URL: https://www.prostospb.team/about (дата обращения 15.11.2024).

Kadatskaya T. **ASPECTS OF THE DIGITAL AGE: PRINCIPLES OF DECENTRALIZATION MULTIFUNCTIONALITY AND UNIQUENESS IN ONLINE AND OFFLINE SPACES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The process of digitalization, contributing to a change in a person's worldview, is reflected in all activities, on the basis of which it can be argued that the digital age is transforming the world around us. Using the example of the digital ecosystem (Yandex) and socio-cultural spaces (the Youth Space “PROSTO” and the Central City Public Library named after V. V. Mayakovsky), this article examines the manifestations of the principles of decentralization, multifunctionality and uniqueness in online and offline spaces.

Key words: digital society, digital ecosystem, cultural space, online space, offline space.

УДК 428
ГРНТИ 971

ПРЯМЫЕ ТРАНСЛЯЦИИ И ВИРТУАЛЬНЫЕ КОНЦЕРТЫ: НОВЫЙ ПОДХОД К КОНЦЕРТНОМУ PR

Н. Д. Киндеев, Д. В. Шутман
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматриваются современные подходы к концертному PR, связанные с использованием прямых трансляций и виртуальных концертов. Эти форматы позволяют артистам расширить аудиторию и сохранить связь с поклонниками независимо от географических границ. Концертный PR делится на этапы: пре-ивент, ивент и пост-ивент, каждый из которых использует различные инструменты и каналы для повышения вовлеченности и положительного восприятия события. Также обсуждаются элементы кризисного и цифрового PR, обеспечивающие устойчивость имиджа артиста при возникновении негативных ситуаций и эффективное продвижение в цифровом пространстве. Прямые трансляции и виртуальные концерты позволяют собирать данные о предпочтениях аудитории, что улучшает таргетинг и повышает эффективность PR-кампаний.

пре-ивент PR, PR мероприятие, музыкальный PR, мродвижение концертов, целевая аудитория, социальные сети, вовлечение аудитории, аудиторный охват, прямые трансляции, концертная реклама, PR-инструменты

Прямые трансляции и виртуальные концерты стали важной частью концертного PR в последние годы, особенно после пандемии COVID-19, которая привела к массовой отмене традиционных живых выступлений. Этот кризис вызвал стремительный рост интереса к виртуальным мероприятиям и новым цифровым форматам, позволив артистам сохранять контакт с аудиторией, несмотря на ограничения на физические собрания. Сегодня, даже при возвращении офлайн-концертов, прямые трансляции и виртуальные концерты остаются востребованными инструментами продвижения, которые открывают новые перспективы для артистов и музыкальных коллективов.

Цифровые трансляции позволяют артистам расширить свою аудиторию, выходя за пределы географических ограничений. Зрители могут участвовать в концертах, не покидая дома, что особенно важно для тех, кто не может посетить выступления в других городах или странах.

Концертный PR – позитивное восприятие имиджа артиста и его проектов через эффективные коммуникации [1].

Концертный PR – это деятельность, направленная на формирование и укрепление положительного восприятия концертных событий, артистов и их музыки в сознании целевой аудитории с помощью публикаций, рекламы и работы с медиа [2].

Концертный PR является важнейшим элементом современной музыкальной индустрии, ориентированным на создание и поддержание интереса к выступлениям, турне и другим концертным мероприятиям артистов. Эффективный PR способствует повышению посещаемости мероприятий, усилению взаимодействия с аудиторией и укреплению имиджа музыкального коллектива.

Концертный PR можно разделить в зависимости от временного этапа, целей и используемых каналов продвижения.

Мы предлагаем ввести понятия пре-ивент PR и пост-ивент PR, которые включают комплекс мероприятий, проводимых как до, так и после события. Эти мероприятия направлены на усиление интереса к объекту PR и закрепления положительного восприятия посредствам специальных акций и активностей.

Пре-ивент PR цель которого заключается в создании интереса к предстоящему концерту и привлечении аудитории, включая стимулирование продаж билетов. На этом этапе организуются анонсы и мероприятия, направленные на повышение осведомленности и предвкушения события у целевой аудитории. Инструменты и каналы данного этапа являются: пресс-релизы и публикации в специализированных и массовых СМИ, анонсы и реклама в социальных сетях, таргетированная реклама, коллаборации с инфлюенсерами, промо-посты, сторис, афиши, билборды, а также короткие тизер-ролики, проведение интервью с артистами и создание закулисного контента для социальных сетей.

Далее рассмотрим ивент PR – это комплекс PR-активностей, направленных на планирование, организацию и продвижение события с целью создания положительного имиджа компании, усиления ее репутации и привлечения внимания общественности, СМИ и целевых аудиторий [3].

Ивент PR цель которого во время мероприятия направлен на создание сильного положительного впечатления от концерта, повышение вовлеченности аудитории и реализацию стратегии присутствия в социальных сетях. В инструменты и каналы продвижения входят: Прямые трансляции на платформах социальных сетей и стриминговых сервисах, онлайн-активности, такие как сторис и посты в реальном времени, которые демонстрируют атмосферу концерта, организация работы с прессой и блогерами непосредственно на месте проведения концерта, создание пресс-зоны и подготовка профессиональных фото и видеоматериалов для публикации во время мероприятия.

Пост-ивент PR цель которого нацелена на закрепление положительного эффекта от мероприятия, стимулирование дальнейшего интереса к артисту или новому туру и формирование лояльности аудитории. Инструменты и каналы продвижения

включат в себя: Публикацию отчетных материалов, таких как фотографии, видеозаписи и записи лучших моментов. Размещение обзоров, отзывов и рецензий в СМИ и на онлайн-платформах., отзывы и репосты пользовательского контента с мероприятия в социальных сетях. Создание альбомов, проведение обсуждений и активное взаимодействие с аудиторией.

Кризисный PR - совокупность стратегий для поддержания и восстановления доверия заинтересованных сторон в условиях кризиса. Они подчеркивают важность быстрой реакции и построения коммуникационных каналов для смягчения последствий кризиса [4].

Кризисный PR также является важным и его цель решает задачи управления репутацией и восстановления доверия к артисту или мероприятию в случае непредвиденных обстоятельств (например, отмена концерта, технические сбои или негативные отзывы). Для эффективного продвижения мероприятий и минимизации репутационных рисков важно применять комплексный подход. Ключевые инструменты – это публикации официальных заявлений организаторов или артиста, оперативное реагирование на комментарии и жалобы в социальных сетях и подготовка разъяснительных материалов для СМИ. Для поддержания лояльности аудитории можно реализовать компенсационные меры, такие как бонусы, скидки или предоставление билетов на другие мероприятия.

Цифровой и контентный PR играют важную роль в привлечении внимания к мероприятию через онлайн-платформы и социальные сети. Эффективные каналы – официальные аккаунты групп, а также работа с такими платформами, как YouTube, Twitch и ВКонтакте. Создание эксклюзивного контента, такого как интервью, закулисные видео или реакции зрителей, помогает вызвать интерес у целевой аудитории. Сотрудничество с блогерами и лидерами мнений позволяет увеличить охват, а такие активности, как онлайн-опросы, конкурсы и флешмобы, помогают усилить взаимодействие с аудиторией.

Успешным примером использования современных технологий в концертной индустрии стал виртуальный концерт Трэвиса Скотта в игре “Fortnite” [5]. Это мероприятие привлекло 10,7 млн зрителей одновременно благодаря уникальным визуальным эффектам, интерактивным элементам и эксклюзивному контенту. Концерт стал одной из самых успешных трансляций в истории музыкальной индустрии и продемонстрировал потенциал виртуальных площадок для глобального охвата.

Использование прямых трансляций и виртуальных концертов не только расширяет аудиторию, но и предоставляет организаторам полезные данные о предпочтениях и поведении зрителей. Такая аналитика может использоваться для сегментации аудитории, персонализации контента и оценки эффективности рекламных кампаний. Полученные данные позволяют измерять охват, вовлеченность, количество

просмотров и реакций, что помогает оптимизировать PR-стратегии и подходы к организации будущих мероприятий.

Список используемых источников

1. Over 12 Million People Watched Astronomical – The Travis Scott Fortnite Concert // DigitalMusickNews 2020. URL: https://www.digitalmusicnews.com/2020/04/24/travis-scott-fornite-concert/ (дата обращения 05.11.2024).
2. Amiso M. George и Cornelius B. Pratt. Crisis Communication: Managing Stakeholder Relationships. Waveland Press, 2021. P. 113.
3. Блэк С. Introduction to Public Relations. Modino Press Ltd, 1989. С. 13.
4. King M. Music Marketing: Press, Promotion, Distribution, and Retail. 2015. P. 03.
5. Passman D. S. All You Need to Know About the Music Business. Simon & Schuster, 2019. 416 p.

Kindeev N., Shutman D. **LIVE BROADCASTS AND VIRTUAL CONCERTS: A NEW APPROACH TO CONCERT PR.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses modern approaches to concert PR related to the use of live broadcasts and virtual concerts. These formats allow artists to expand their audience and maintain contact with fans regardless of geographical boundaries. Concert PR is divided into pre-event, event and post-event stages, each of which uses various tools and channels to increase engagement and positive perception of the event. Also discussed are elements of crisis and digital PR, ensuring the sustainability of the artist's image in the event of negative situations and effective promotion in the digital space. Live broadcasts and virtual concerts allow you to collect data on audience preferences, which improves targeting and increases the effectiveness of PR campaigns.

Key words: Pre-event PR, PR event, Music PR, Concert promotion, Target audience, Social networks, Audience engagement, Audience reach, Live broadcasts, Concert advertising, PR tools

УДК 659.1
ГРНТИ 71.01.14

ОЦЕНКА РЫНКА КОНСАЛТИНГОВЫХ КОМПАНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Ю. В. Копылова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье обсуждаются направления консалтинговых компаний. Анализируются различные отрасли консалтинговых компаний и крупные игроке на рынке Санкт-Петербурга. Рассматриваются крупные консалтинговые центры в сфере недвижимости, их отличительные характеристики и перспективы продвижения. Отмечаются тенденции развития консалтинга, а также негативные факторы, которые могут помешать устойчивому развитию.

направления консалтинга, сфера недвижимости, рынок Санкт-Петербурга, оценка рынка, тенденции и перспективы развития консалтинга

В настоящее время консалтинговые компании играют большую роль в развитии бизнеса и экономики РФ, предоставляя консультации, экспертные заключения и решения в различных областях. При этом, необходимость в консалтинговых услугах испытывает не только крупный бизнес, но и средний и малый. Консалтинг в России начал формироваться сразу же после распада СССР в связи с тем, что появились большая открытость для иностранных инвестиций в бизнес и филиалы зарубежных компаний. Первыми консалтинговыми фирмами на нашем рынке стали McKinsey&Company и PricewaterhouseCoopers (PWC) [1]. По прошествии десяти лет в России стали появляться отечественных компании, которые в первую очередь предлагали такие консалтинговые услуги как стратегическое планирование, аудит и оптимизация бизнес-процессов.

На данный момент консалтинговые услуги можно разделить на несколько направлений [2]:

1. Управленческий консалтинг – включает в себя разработку стратегий, оптимизацию организационных структур и улучшение бизнес-процессов.
2. Финансовый консалтинг – предполагает анализ финансовой деятельности, управление рисками и привлечение инвестиционных вложений.
3. Юридический консалтинг – основывается на предоставлении правовых консультаций, сопровождении сделок и представительстве в судебных делах.
4. ИТ-консалтинг – заключается в проведении анализа, внедрением и оптимизацией уже существующих информационных технологий в бизнесе.

5. Маркетинговый консалтинг – предоставляет исследования рынка, разработку маркетинговых стратегий и продвижение бренда.

Являясь одним из крупнейших городов России, Санкт-Петербург полноправно можно назвать важным деловым и экономическим центром страны, который в том числе отличается развитым рынком консалтинговых услуг. В Северной столице сосредоточено множество предприятий разных отраслей, проводится Экономический и другие Форумы, в следствие чего мы можем наблюдать высокий спрос на консалтинг. Согласно маркетинговому агентству GL GROUP к крупным игрокам консалтингового рынка Санкт-Петербурга мы можем отнести следующие компании [3]:

1. Б1 (бывшая Ernst&Young). Компания предоставляет услуги в области технологий, консалтинга, аудита, налогообложения, правовых вопросов и оптимизации бизнес процессов. В течение нескольких лет эксперты считают Б1 лидирующей компанией не только Петербургского рынка, но и всей России (в т.ч. и в связи с большим территориальным охватом и высококвалифицированными кадрами).

2. Технологии Доверия (бывшая PricewaterhouseCoopers). Компания оказывает широкий спектр услуг, включая консультации по налогообложению, аудиторское сопровождение, операционные или стратегические консультации и многое другое. Данных бренд также отличает широкое представительство по всей стране.

3. Кэпт (бывшая KPMG). В перечень предоставляемых услуг компании входит не только консалтинг, но и аудит, кибербезопасность, работа с операционными моделями, помощь профессиональных юристов и другое. Офисы Кэпт можно встретить не только в Санкт-Петербурге, но и других крупных городах западной части России.

4. Газпром ЦПС. Специализируется в ИТ-консалтинге, обеспечивает внедрение инновационных технологий, способствует цифровой трансформации компаний, способствуя повышению уровня их конкурентноспособности.

5. СберРешения. Услуги компании ориентированы на средний и крупный бизнес. К сильным сторонам консалтинга компании можно отнести вопросы документального сопровождения, налогообложения, бухгалтерских задач и оптимизации бизнес-процессов.

Отдельно стоит рассмотреть компании, специализирующиеся на консалтинге в сфере недвижимости. Несмотря на то, что консалтинговые услуги для строительных компаний, входящий в управленческий консалтинг, у них существуют свои особенности. За таким консалтингом в первую очередь обращаются с целью финансового анализа и оценки рисков в реализации проектов, комплексного анализа рынка и маркетинговых исследований, стратегического планирования. При этом консалтинг в недвижимости отличается многоуровневостью анализа (анализ участка, первичной документации, рентабельность проекта, сопровождение реализации проекта, разработка квартирографии и др.) и комплексностью задач (оценка объектов, управление

активами, стратегическое планирование, юридическое сопровождение и маркетинговые исследования) [4].

Ведущими игроками на рынке консалтинговых услуг в сфере недвижимости в Санкт-Петербурге являются:

1. Nikoliers (бывшая Colliers). Является консалтинговой компанией полного цикла, специализирующейся на коммерческой и жилой недвижимости. Предоставляет услуги в области брокериджа, управления недвижимостью, оценки и исследования рынка.

2. IBS Real Estate (бывшая JLL). Компания предоставляет аналитику рынка недвижимости и специализированные отчеты, включая такие сегменты как офисная, складская, торговая и рекреационная (гостиничная) недвижимость, а также оказывает услуги в области брокериджа, аренды и продажи объектов.

3. NF Group (бывшая KnightFrank). Компания, специализирующаяся на управлении коммерческой (складской, торговой, офисной) недвижимости. Кроме того, в фирме хорошо развит консалтинг в сегментах гостиничного, элитного жилого и загородного строительного рынка.

4. Консалтинговый центр «Петербургская Недвижимость» (входит в холдинг Setl Group). Основной деятельностью компании является проведение исследований рынка, выявление ключевых тенденций и формирование аналитических отчетов, включающих изучение строящегося жилья и земельных участков и используемых как для внутренних задач, так и другими участниками рынка.

Несмотря на трудности, связанные с уходом зарубежных консалтинговых фирм с рынка, консалтинг в Санкт-Петербурге продолжает развиваться, отражая общие тенденции российского рынка. Согласно данным RAEX, крупнейшие консалтинговые компании демонстрируют стабильный рост выручки и расширение спектра услуг [5].

Одной из ключевых тенденций является цифровизация бизнеса. Компании все чаще обращаются к консультантам, специализирующимся в ИТ-консалтинге, с целью внедрения современных цифровых технологий, автоматизации процессов и обеспечения кибербезопасности [6]. Кроме того, наблюдется рост спроса на услуги в области управления рисками и стратегического планирования. Компании стремятся адаптироваться к динамично меняющимся условиям рынка, что требует профессиональной поддержки в разработке и реализации эффективных бизнес-стратегий [7]. Несмотря на положительные тенденции, консалтинговый рынок сталкивается с рядом вызовов.

Во-первых, увеличение консалтинговых компаний приводит к высокому уровню конкуренции, что требует постоянного повышения качества своих услуг и разработки уникальных предложений.

Во-вторых, критическим фактором для успешного существования консалтинговой компании является наличие высококвалифицированных кадров – привлечение таких специалистов является критическим вопросом для существования бренда.

В-третьих, в условиях экономической нестабильности существуют высокие риски работы консалтинговых фирм в связи с колебаниями спроса на консалтинг, особенно среди малого и среднего бизнеса.

Кроме того, в связи с уходом крупных консалтинговых компаний с российского рынка, в том числе и рынка Санкт-Петербурга, произошло значительное влияние на рынок консалтинга. Рассмотрим его основные аспекты.

1. Международные консалтинговые фирмы, такие как McKinsey, BCG и Bain, обеспечивали передачу глобального опыта и передовых методик управления в России. Их уход ограничил доступ местных компаний к этим знаниям, что что замедляет внедрение инновационных решений [8].

2. Освободившаяся ниша на рынке привела к увеличению спроса на консалтинговые услуги отечественных компаний. Местные фирмы получили возможность занять новые позиции, ранее принадлежащие международным игрокам рынка, что катализировало их развитие и расширение спектра предлагаемых услуг [9].

3. С увеличением спроса закономерно возросла и конкуренция между российскими компаниями. Это стало отправной точной к тенденции постоянного повышения уровня качества услуг, внедрения инновационных технологий и к росту адаптивности к постоянным изменениям [10].

4. Уход международных компаний привел к уменьшению рабочих мест в консалтинговом секторе. Многие высококвалифицированные специалисты были вынуждены искать работу не только в других компаниях, но и в других областях, что повлияло на их перемещение за пределы города, региона или страны [8].

5. Освободившаяся ниша консалтинга привела к росту появления небольших консалтинговых компаний и индивидуальных консультантов. Это привело к дифференциации рынка и появлению более специализированных услуг, ориентированных на конкретные проблемы клиента [9].

6. Международные компании часто сотрудничали с университетами и другими образовательными учреждениями, способствуя повышению уровня подготовки специалистов. Их уход повлиял на снижение степени взаимодействия между бизнесом и образовательным сектором, что требует разработки новых программ и инициатив подготовки кадров учебными заведениями совместно с отечественными консалтинговыми компаниями [10].

7. Клиенты, ранее работавшие с международными консультантами, были вынуждены оперативно скорректировать свои стратегии и искать новые источники консалтинга. Это могло привести к изменению подходов в управлении, внедрению новых технологий и пересмотру всех бизнес-процессов [10].

Таким образом, рынок консалтинговых услуг в Санкт-Петербурге демонстрирует устойчивый рост и развитие. Компании активно используют консалтинговые услуги для повышения эффективности своей деятельности, адаптации к новым условиям и внедрения инноваций. Ведущие консалтинговые компании города предлагают широкий спектр услуг, соответствующих современным требованиям бизнеса. Однако для успешного развития рынка необходимо учитывать существующие вызовы и стремиться к постоянному повышению качества предоставляемых услуг. Кроме того, уход крупных международных консалтинговых компаний из Санкт-Петербурга привел к значительным изменениям на рынке, создав как вызовы, так и новые возможности для местных игроков и клиентов. В связи с чем, именно в сфере рекламы и связей с общественностью между данными компаниями наблюдается рост конкуренции в сфере продвижения.

Список используемых источников

1. Гриднева И. А. Рынок консалтинговых услуг в России // Вестник КамчатГТУ. 2010. №13. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-konsaltingovyh-uslug-v-rossii (дата обращения 05.11.2024).
2. Менеджмент: учебник для академического бакалавриата / Ю. В. Кузнецов, А. С. Павлов, В. И. Новиков, П. И. Савченко; под ред. Ю. В. Кузнецова. – 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Юрайт, 2024. – 595 с.
3. ТОП-10 лучших консалтинговых компаний в России 2024. URL: https://greatlabel.ru/blog/consulting (дата обращения 07.11.2024)
4. Стратегический консалтинг в недвижимости. URL: https://tedo.ru/strategic-real-estate-consulting (дата обращения 11.11.2024)
5. Крупнейшие консалтинговые компании и группы (2024 год). URL: https://raex-rr.com/b2b/consulting/biggest_consulting_companies_and_groups/2024/ (дата обращения 06.11.2024)
6. Цифровизация малого бизнеса – тренды и возможности в 2024 году. URL: https://www.rbc.ru/industries/news/65f00fa99a79471b280fe42c (дата обращения 08.11.2024)
7. Стратегический риск: Основы трансформации системы управления рисками. URL: https://www2.deloitte.com/kz/ru/pages/risk/articles/implementing-risk-transformation-in-organizations.html (дата обращения 08.11.2024)
8. Подразделения Deloitte, McKinsey и Accenture рассказали о сложностях после выхода из международных сетей. URL: https://www.kommersant.ru/doc/5424260 (дата обращения 10.11.2024)
9. Консалтинг умер, да здравствует консалтинг: рынку нужны нишевые решения. URL: https://companies.rbc.ru/news/OJ1ux50jSx/konsalting-umer-da-zdravstvuet-konsalting-ryinku-nuzhnyi-nishevyie-resheniya/ (дата обращения 10.11.2024)
10. Когда рассеется дым: каким будет 2024 год для рынка консалтинга. URL: https://trends.rbc.ru/trends/futurology/659e4e349a794712d98c102e (дата обращения 10.11.2024)

Kopylova J. **ASSESSMENT OF THE MARKET OF CONSULTING COMPANIES IN ST. PETERSBURG.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article discusses the areas of consulting companies and their professional sphere. Various branches of consulting companies and major players in the market are analyzed. The large consulting centers in the field of real estate, their distinctive characteristics and type of activity are considered in more detail. Trends in the development of consulting are noted, as well as negative factors that can hinder sustainable development.

Key words: consulting, St. Petersburg market, market assessment, leading consulting companies, consulting development trends, development prospects.

УДК 659.19
ГРНТИ 45.01.14

РЕКЛАМА КАК ЭЛЕМЕНТ КУЛЬТУРЫ В РОССИИ

К. Г. Крупенин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Реклама в России выполняет уникальную культурную роль, отражая и формируя общественные ценности и традиции. Эволюционируя от ярких вывесок до современных цифровых кампаний, она акцентирует внимание на патриотизме, семейных ценностях и социальных проблемах, учитывая многонациональность страны. Будущие тенденции включают персонализацию и сохранение национальной идентичности в эпоху глобализации.

реклама в России, культурная функция рекламы, история рекламы, социальная реклам, цифровые технологии

Реклама в России выполняет уникальную культурную функцию, формируя и отражая особенности общества и национальные ценности. Она сочетает в себе коммерческую и социальную составляющие, что делает ее важным элементом культурного ландшафта страны. Российская реклама не только ориентирована на продвижение товаров, но и отражает национальные особенности и реалии повседневной жизни.

Российская реклама берет начало с торговых ярмарок и ремесленных рынков, где купцы использовали яркие вывески и афиши для привлечения внимания покупателей. Первые рекламные объявления представляли собой таблички с текстами, художественно украшенные, что делало их значимыми элементами городской среды [1]. Эти афиши стали фундаментом рекламной традиции, основанной на эстетическом оформлении и художественных образах. Сегодня примеры дореволюционных афиш хранятся в музеях как важные элементы культурного наследия, напоминающие о времени, когда реклама была исключительно ручной работой.

Советская реклама отличается от дореволюционного подхода к воздействию на общественное сознание. После революции 1917 года реклама в привычном понимании почти исчезла и была заменена агитационными и пропагандистскими плакатами, которые не столько продвигали товары, сколько воспитывали советских граждан. Наиболее заметными стали плакаты Владимира Маяковского для «Реклам-конторы РОСТА», которые содержали яркие лозунги и призывы [2]. Маяковский создал уникальный стиль рекламы, где поэзия и визуальное искусство сливались в единое целое. Его слоганы, такие как «Работай дружно – строй коммунизм!» и «Каждому советскому человеку газету», запомнились и оказали влияние на развитие не только

рекламы, но и языка и культуры в целом. В советское время реклама имела в первую очередь воспитательную цель, формируя коллективистское мировоззрение и пропагандируя ценности социализма.

Переход к рыночной экономике и капитализму в 1990-е годы принес на российский рынок большое количество новых товаров и брендов, что стало основой для развития отечественной рекламной индустрии [3]. Ярким примером рекламы 90-х годов можно назвать знаменитый слоган «Новое поколение выбирает Пепси», который стремился подчеркнуть мировоззрение молодежи и желание перемен. Такие рекламные кампании способствовали открытию российских потребителей к зарубежным брендам и культуре. Одновременно российские компании начали осваивать современные рекламные технологии, что привело к появлению уникальных кампаний, адаптированных под местные культурные и социальные особенности.

Сегодня российская реклама делает акцент на социальные и культурные аспекты, стремясь к созданию эмоциональной связи с аудиторией. На протяжении последних лет многие компании приурочивают свои кампании к национальным праздникам, подчеркивая важные для россиян ценности, такие как патриотизм и уважение к истории. Примером служит кампания, запущенная к 9 мая 2023 года, когда отечественный бренд представил серию видеороликов о подвиге ветеранов [4]. Ролики начинались с кадров, на которых дети открывают альбом с фотографиями и узнают о прошлом своей семьи. Эта реклама затрагивает глубокие чувства, пробуждая патриотизм и подчеркивая важность передачи памяти о событиях прошлого от старшего поколения к младшему.

К Новому году 2024 году крупные российские компании запустили кампании, ориентированные на ценности семейного уюта и традиций. Один из крупных ритейлеров показал в своем ролике подготовку семьи к празднику: украшение елки, совместное приготовление пищи, покупку подарков. Реклама создает атмосферу теплого семейного общения и вызывает приятные ассоциации с праздником, помогая бренду формировать положительное отношение и укреплять эмоциональную связь с клиентами. Такие кампании подчеркивают роль рекламы в поддержании традиций и формировании культурных привычек.

Социальная реклама играет важную роль в российском обществе, обращаясь к актуальным социальным и этическим проблемам. В 2023 году масштабная социальная кампания «Добро начинается с малого» призывала граждан к добрым делам и заботе о людях. Рекламные материалы показывали примеры небольших поступков: помощь пожилым соседям, участие в благотворительности, поддержка нуждающихся. Кампания активно распространялась через социальные сети, и пользователи делились собственными историями добрых дел, создавая культурное движение и вдохновляя на участие в жизни общества [5]. Этот пример демонстрирует, как социальная реклама может влиять на моральные ценности и социальные установки, по-

буждая людей проявлять заботу и помогать друг другу. Этика в российской рекламе становится все более значимой, особенно в условиях роста осведомленности общества о социальных и культурных вопросах. Компании обязаны учитывать культурные, национальные и религиозные особенности аудитории, избегая тем, которые могут вызвать негативные реакции или быть воспринятыми как неуважительные. В 2023 году была запущена социальная кампания против буллинга, призывающая к созданию безопасной и поддерживающей среды для детей и взрослых [6]. Эта кампания включала видеоролики и постеры с примерами ситуаций, когда люди проявляют поддержку и дружелюбие, а также советы для родителей и педагогов о том, как реагировать на случаи травли. Такая реклама воспитывает в обществе чувство взаимной поддержки и формирует моральные нормы, повышая осведомленность и создавая предпосылки для культурных изменений. Этические рекламные кампании подчеркивают важность участия бизнеса в создании справедливого и инклюзивного общества.

С ростом влияния рекламы на повседневную жизнь в России возникла необходимость в ее правовом регулировании. Федеральный закон "О рекламе" от 13.03.2006 N 38-ФЗ, принятый в 2006 году и регулярно обновляемый, направлен на защиту интересов потребителей и контроль над рекламным контентом. Закон запрещает использование обманчивой рекламы и требует от компаний четко указывать, что является рекламой, чтобы аудитория могла отличать ее от других типов контента [4]. Одной из ключевых задач закона является защита детей и подростков от нежелательного контента, включая рекламу алкоголя и табака. В последние годы была усилена ответственность за нарушение правил размещения рекламы, направленной на несовершеннолетних, а также введены дополнительные меры контроля за содержанием рекламных кампаний, транслируемых по телевидению и в интернете.

Кроме того, особое внимание уделяется рекламе финансовых продуктов. Финансовая реклама обязана давать точную информацию о предлагаемых продуктах и услугах, включая данные о рисках и условиях, чтобы потребитель мог принимать осознанные решения. В противном случае компании могут столкнуться с санкциями и потерей доверия аудитории, что может привести к значительным финансовым и репутационным потерям.

Цифровые технологии кардинально изменили рекламный ландшафт России. Социальные сети, такие как «ВКонтакте», «Telegram» и другие, стали популярными каналами для продвижения товаров, услуг и социальных инициатив [6]. В 2024 году один из российских банков запустил интерактивную кампанию, построенную на использовании юмора и мемов. Кампания привлекла молодежь, поскольку видеоролики и мемы говорили на языке, понятном для молодого поколения. Сюжет кампании вовлекал пользователей, предлагая им участвовать в конкурсах, делиться результатами и даже влиять на развитие рекламной истории. Такой подход демонстри-

рует, как бренды адаптируются к цифровой культуре, завоевывая доверие аудитории через интерактивные форматы.

Среди новых форматов рекламы особенно популярными стали сторис и короткие видео, которые можно быстро просмотреть и сразу же перейти к взаимодействию с брендом. Российские компании используют возможности этих форматов для создания динамичного контента, направленного на быструю реакцию [7]. Эти форматы позволяют эффективно коммуницировать с аудиторией, особенно с молодежью, которая привыкла к коротким и емким сообщениям.

Несмотря на развитие цифровых технологий, телевидение остается важным каналом рекламы в России, особенно для старшего поколения. Телевизионные рекламные ролики к национальным праздникам создают атмосферу единства и подчеркивают важные ценности, такие как уважение к истории, патриотизм, семья. Например, ко Дню Победы 2024 года была выпущена серия роликов, где ветераны делились историями о своем вкладе в победу [6]. Этот подход не только поднимает патриотические чувства, но и формирует эмоциональную связь с брендом, демонстрируя поддержку национальной истории.

Современная российская реклама переживает период активных изменений, связанный с ростом цифровых технологий и изменением потребительских предпочтений. Одной из главных тенденций является персонализация рекламы, которая позволяет компаниям адаптировать сообщения под интересы и потребности отдельных потребителей. Эта тенденция способствует более точному таргетингу и позволяет компаниям выстраивать долгосрочные отношения с клиентами, предоставляя им релевантный контент.

Кроме того, в ближайшие годы можно ожидать усиление влияния экологической тематики и социальной ответственности в рекламных кампаниях. Потребители становятся более осведомленными о важности устойчивого развития и все чаще выбирают бренды, которые разделяют их ценности и приверженность защите окружающей среды. Компании, стремящиеся остаться актуальными, начинают учитывать эти ожидания, разрабатывая кампании, которые демонстрируют их вклад в экологическую и социальную сферу.

На фоне глобализации российская реклама также стремится сохранять национальную идентичность. Внедрение культурных кодов, использование локальных образов и символов помогает поддерживать связь с аудиторией, для которой важны культурные и исторические ценности. Это особенно заметно в регионах России, где компании адаптируют свои кампании под местные особенности и традиции, чтобы подчеркнуть уважение к многообразию культур [5].

Таким образом, реклама в России представляет собой не только средство продвижения товаров и услуг, но и важный культурный феномен, отражающий общественные ценности, традиции и нормы. Российская реклама объединяет в себе эле-

менты патриотизма, уважения к семейным традициям и культуры, помогая поддерживать уникальную идентичность страны. Социальные и культурные инициативы, реализуемые через рекламу, поднимают актуальные вопросы экологии, общественной безопасности и этики, что позволяет рекламе не только выполнять коммерческую функцию, но и вносить вклад в общественное развитие.

Список используемых источников

1. Евстафьев В. А., Пасютина Е. Э. История российской рекламы. Современный период. М.: Учебное пособие, 2016. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_008622048/ (дата обращения 12.11.2024).
2. Маяковский В. В. Реклам-контора РОСТА. Москва: Гослитиздат, 1987.
3. Фролов В. В. История отечественной рекламы XX–XXI вв.: Учебное пособие. Псков: Псковский государственный университет, 2016. URL: https://www.academia.edu/38599745 (дата обращения 12.11.2024).
4. Тренды российского рекламного рынка 2024: // dp.ru. URL: https://www.dp.ru/a/2023/12/17/ottolknulis-ot-dna-reklamnaja (дата обращения 12.11.2024).
5. Новые направления в рекламе 2024: // sales-generator.ru. URL: https://sales-generator.ru/blog/novaya-reklama-chego-zhdat-i-k-chemu-gotovitsya/ (дата обращения 12.11.2024).
6. Девлетов О. У. История отечественной рекламы за 150 лет (1840–1990): Учебное пособие. Москва: Проспект, 2023. URL: https://books.google.com/books/about/ (дата обращения 12.11.2024).
7. Баранова М. В. Реклама как феномен культуры: Диссертация на соискание ученой степени кандидата культурологических наук. М.: Издательство РГГУ, 2022. URL: https://www.dissercat.com/content/reklama-kak-fenomen-kultury (дата обращения 12.11.2024).

Krypenin K. **ADVERTISING AS AN ELEMENT OF CULTURE IN RUSSIA.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Advertising in Russia plays a unique cultural role, reflecting and shaping public values and traditions. Evolving from colorful signage to modern digital campaigns, it emphasizes patriotism, family values, and social issues, taking into account the country's multicultural nature. Future trends include personalization and the preservation of national identity in an era of globalization.

Key words: Advertising in Russia, cultural function of advertising, history of advertising, social advertising, digital technologies.

УДК 659.4
ГРНТИ 19.71

МЕТОДЫ БЕСПЛАТНОГО ПРОДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕГРАМ КАНАЛОВ

Е. М. Кулаков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В последние годы Телеграм стал одной из самых популярных платформ для обмена информацией и общения, что привело к росту числа каналов, стремящихся привлечь аудиторию. Однако для большинства владельцев каналов особенно важен вопрос продвижения, которое может быть дорогостоящим, особенно для новичков. В этой статье мы рассмотрим эффективные методы бесплатного продвижения Телеграм каналов, которые помогут увеличить аудиторию без значительных финансовых затрат.

контент, продвижение, коммуникация, цифровизация, рекомендации

В наше время Телеграм зарекомендовал себя как одна из самых популярных платформ для взаимодействия людей, конструктивного общения и распространения контента. Несмотря на это, конкуренция среди каналов постоянно растет, и многие владельцы канала сталкиваются с проблемой привлечения аудитории. Однако существуют эффективные способы продвижения канала без значительных финансовых затрат. В данной статье рассмотрены основные методы бесплатного продвижения Телеграм-канала, их плюсы и минусы.

Взаиомопиар: одним из самых популярных способов продвижения Телеграм-канала является взаимопиар [1] – обмен подписчиками с другими каналами, имеющими схожую тематику. Этот метод позволяет не тратить деньги на рекламу, при этом получив целевых подписчиков, которые заинтересованы в данном виде контента. При этом возможно установление партнерских отношений с другими владельцами каналов, что в свою очередь может привести к долгосрочному сотрудничеству и регулярным взаимным рекламным кампаниям, которые будут эффективнее, чем рекламные кампании с каналами, на которых вы ни разу еще не упоминались. Из-за того, что вас упоминают не первый раз, у подписчиков того канала, на котором вас пиарят, появляется благосклонность к вашему каналу и они с большей вероятностью станут вашими подписчиками. Минусы, которые можно выделить у данного метода продвижения: вы зависите от аудитории другого канала, и, если они не заинтересуются вашим контентом, результат может быть незначительным или даже плачевным. Также имеется зависимость от человека, на канале которого вы проводите взаимопиар: если партнер не выполнит свои обязательства или плохо подготовит материал для взаимопиара, это может повлиять на вашу репутацию и результаты.

Использование Телеграм ботов с автоматической рассылкой: создание и эксплуатация таких Телеграм-ботов значительно упрощает процесс продвижения канала, при минимально вложенных усилиях. Боты могут стать незаменимым инструментом автоматизированной и своевременной отправки приветственных сообщений для новых подписчиков, сбора обратной связи и так далее. Для улучшения пользовательского экспириенса от взаимодействия с Телеграм каналом и ботом автоматической рассылки, можно проводить опросы среди подписчиков канала и даже раздавать бонусы и скидки. С помощью таких автоматизированных ботов можно настроить автоматическую рассылку сообщений, что поможет поддерживать активность на канале и напоминать подписчикам о новых постах. Еще один вариант использования таких ботов – отправка через них рекламных сообщений вашим подписчикам. То есть, это не только великолепный вариант для бесплатного продвижения, но еще и инструмент для заработка.

Отправка сообщений в тематических группах и чатах: можно публиковать статьи в специализированных тематических группах и чатах, чтобы привлечь внимание к деятельности канала и увеличить его узнаваемость среди потенциальной целевой аудитории. Неочевидный плюс этого метода то, что он является более персонализированным, по сравнению с другими методами (в том числе и разобранными в данной статье) и помогает в доверительном общении с аудиторией. Крайне важно соблюдать баланс, чтоб продвижение выглядело органично и не воспринималось как спам-рассылка, иначе люди не будут переходить на продвигаемый канал, воспринимая его, как и все ваши сообщения, с негативной коннотацией.

Оптимизация канала: грамотно придуманное описание Телеграм канала с уместным и, самое главное, рациональным использованием ключевых слов, повышает вероятность что канал заметят заинтересованные пользователи. Этот процесс заметно помогает в привлечении органической аудитории Телеграма. Корректно составленное описание с вплетением в него релевантных (по теме канала) ключевых слов позволяют каналам быть без особого труда найденными целевой аудиторией.

Использование упоминаний и хештегов: Телеграм поддерживает хештеги, которые помогают пользователям в поиске интересующего их контента. Важно, чтобы это были тематические хештеги, в противном случае на канал придет не целевая аудитория, интересующаяся совершенно иными темами. К примеру, если у вас канал посвященной криптовалюте, нет смысла добавлять хештеги про Егора Крида или автомойки.

Переливание аудитории из других социальных сетей на Телеграм канал: Телеграм-каналы можно продвигать и через другие платформы, главное, чтобы была аудитория, которую необходимо переместить между платформами. Для перелива можно размещать тематические посты на Reddit, участвовать в обсуждениях на форумах или в группах ВКонтакте. При этом Reddit – площадка, на которой проводят

время в основном иностранцы. Поэтому если вы не планируете вести свой канал на английском, то лучше пользоваться соцсетями, пользователи которых понимают русский язык. Важно помнить, что это должно быть органичное и ненавязчивое продвижение, чтобы не вызвать негативной реакции со стороны пользователей.

После рассмотрения основных методов бесплатного продвижения Телеграм-каналов, необходимо рассказать о их плюсах:

Минимальные расходы или полное отсутствие финансовых затрат: главный плюс, который становится очевидным из самого понятия бесплатного продвижения – это отсутствие потребности в расходах [2]. Все перечисленные методы из данной статьи, такие как взаимопиар, активное участие в обсуждениях тематических групп или оптимизация канала, не требуют вложений средств. Это делает методы бесплатного продвижения доступными для всех, независимо от их бюджета.

Рост доверия у пользователей и вашей репутации: когда продвижение происходит естественным путем – это помогает укрепить доверие к каналу. Подписчики, которые привлекаются с помощью методов бесплатного продвижения, часто становятся более лояльными и активными в жизни канала.

Гибкость и контроль: при бесплатном продвижении вы сами контролируете весь процесс, без оглядки на третьих лиц. Вы можете адаптировать методы продвижения в зависимости от того, что работает лучше, и корректировать стратегию прямо на ходу, без оглядки на бюджет.

Развитие навыков: используя бесплатные методы, вы развиваете навыки маркетинга, управления контентом, общения с аудиторией и анализа эффективности. Это полезный опыт, который может пригодиться в других проектах.

Помимо плюсов, у бесплатного продвижения Телеграм-каналов есть минусы, о которых стоит упомянуть.

Время и усилия: бесплатное продвижение зачастую требует значительных временных затрат. Постоянное и продолжительное создание контента, общение с подписчиками и участие во взаимопиаре могут занять много времени, особенно на начальных этапах. Такой процесс не приносит сиюминутных результатов, что может оказаться разочарованием для начинающего контент-мейкера.

Ограниченные возможности для быстрого роста: бесплатные методы не всегда могут гарантировать быстрый рост аудитории. Без привлечения платной рекламы, процесс может быть медленным, особенно если ваш канал в какой-то момент достигнет некоего "плато", когда органическое продвижение уже не дает заметных результатов.

Невозможность привлечения точной таргетированной аудитории: в отличие от платной рекламы, бесплатные методы продвижения не всегда позволяют точно таргетировать нужную аудиторию. Вы можете привлечь много новых подписчиков, но

не все из них будут заинтересованы в вашем контенте, что может снизить вовлеченность и интерес.

В заключение необходимо подчеркнуть, что продвижение Телеграм-канала без финансовых вложений требует времени, усилий и креативности, но результаты с лихвой оправдывают вложенные ресурсы. Регулярное создание качественного контента, активное взаимодействие с аудиторией, использование кросс-продвижения и участие в тематических сообществах – это лишь некоторые из стратегий, которые помогут вам увеличить охват без затрат. Самое главное – это осознанный подход к продвижению с пониманием вашей целевой аудитории. Необходимо всегда помнить, что успешное продвижение зависит не только от выбранных методов, но и от последовательности, терпения и внимания к потребностям вашей аудитории [3]. Применяя эти методы на практике, вы сможете значительно расширить свою аудиторию и повысить вовлеченность без необходимости тратить деньги на рекламу.

Список используемых источников

1. SCAN-Interfax. Продвижение Телеграм-канала: разбираем самые эффективные способы: // SCAN-Interfax. 2024. URL: https://scan-interfax.ru/blog/prodvizhenie-telegram-kanala-razbiraem-samye-effektivnye-sposoby/ (дата обращения 07.11.2024).
2. Vc.ru. Плюсы и минусы рекламы в Телеграм в 2024: // Vc.ru. 2024. URL: https://vc.ru/marketing/1162411-plyusy-i-minusy-reklamy-v-telegram-v-2024-chto-vazhno-znat-o-telegram-ads (дата обращения 07.11.2024).
3. Яндекс Директ. 6 способов, как продвинуть канал в Телеграме: // Яндекс Директ. 2024. URL: https://direct.yandex.ru/base/articles/prodvizhenie-telegram-kanala (дата обращения 07.11.2024).

Kulakov E. **METHODS OF FREE PROMOTION OF TELEGRAM CHANNELS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In recent years, Telegram has become one of the most popular platforms for information sharing and communication, which has led to a growing number of channels seeking to attract an audience. However, for most channel owners, the issue of promotion is particularly important, which can be costly, especially for newcomers. In this article, we will look at effective methods of free promotion of Telegram channels that will help to increase the audience without significant financial costs.

Key words: content, promotion, communication, digitalization, recommendation.

УДК: 658.8
ГРНТИ 72.75.39

EMAIL-МАРКЕТИНГ КАК СПОСОБ ПРОДВИЖЕНИЯ НА РЫНКЕ B2B

А. В. Кульназарова, А. Д. Шайноров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Email-маркетинг – эффективный метод продвижения товаров и услуг на рынке business to business. Он позволяет устанавливать долгосрочные отношения с клиентами и партнерами, обладает низкой стоимостью, быстрой реакцией и высокой эффективностью.

Email-маркетинг, продвижение, B2B

В современном мире бизнес активно использует различные каналы коммуникации для продвижения своих товаров и услуг. Одним из эффективных методов на рынке business to business является email-маркетинг, который позволяет компаниям устанавливать долгосрочные отношения с клиентами и партнерами.

Приведем определение email-маркетинга:

Email-маркетинг – это системное продвижение продуктов компании с помощью электронных писем, которые отправляются только с разрешения подписчиков [1].

Но на рынке business to business присутствует своя специфика, рассмотрим ее подробнее:

– при выборе подрядчика его репутация зачастую значит больше, чем итоговая цена сделки;

– товары и услуги отличаются высокой стоимостью. В основном это оптовые партии продукции, сложное оборудование, комплексный набор мероприятий и т. д.;

– финальная цена конверсии часто неизвестна до окончания переговоров – они приводят к максимально взаимовыгодным условиям, которые не обязательно оговаривают только финансовые операции;

– для покупателей характерна компетентность в интересующей сфере, к выбору продукта они относятся крайне серьезно. Покупателей в целом меньше, чем продавцов;

– на спрос обычно напрямую влияет состояние экономики в стране;

– как правило, если клиент полностью удовлетворен полученным продуктом, он предпочитает обращаться к тому же подрядчику. Это касается и крупных компаний, которые закупают у более мелких поставщиков материалы или комплектующие [2].

Со спецификой рынка B2B помогает справиться email-маркетинг, обладающий большим количеством преимуществ, благодаря которым, этот способ до сих пор остается актуальным:

1. Развернутый формат. В почте органично смотрятся большие массивы информации. Их удобно воспринимать: нет интенсивного потока обновлений, в котором письмо может затеряться.

2. Хранение и фильтрация. Можно искать письма по теме, дате, отправителю, содержанию – в соцсетях и мессенджерах эти функции реализованы частично. В почте отображаются таблицы и другое сложное форматирование, без которого многие данные теряют смысл.

3. Невысокая стоимость. Оплату сервисов рассылки списывают ежемесячно. Дополнительные расходы, кроме оформления подписки, не нужны.

4. Наличие функциональных ссылок. Они помогают организовать быстрый переход на сайт и оформление заказа.

5. Информативность. Сервисы собирают статистику, демонстрируют эффективность проведенной рекламной кампании [3].

При создании email-рассылок необходимо соблюдать определенные правила, которые могут повлиять на их продвижение:

1. Определение целей и задач рассылки. Прежде чем начать создание рассылки, необходимо определить, что именно требуется достичь с помощью отправки письма. Это может быть как увеличение продаж и привлечение новых клиентов, или поддержать связь с существующей аудиторией.

2. Сегментация аудитории. При последующем выборе базы рассылки, необходимо разделять подписчиков на группы по интересам, возрасту, полу, географии и другим критериям. С помощью этого, происходит более точная и лучшая коммуникация со всеми сегментами аудитории.

3. Создание интересного и полезного контента с учетом существующих сегментов. Подготовка материала, который будет актуален и интересен для вашей целевой аудитории, являющейся и вашими клиентами.

Рассмотрим виды писем в email-маркетинге:

– массовые рассылки – это письма, которые интернет-маркетологи собирают самостоятельно. Их делают в формате новостей, аналитических статей и рекомендаций;

– триггерные письма, они присылаются пользователю во время срабатывания триггера. Таковым может быть прохождение регистрации, оформление заказа, переход на следующий этап в существующей воронке продаж. Некоторые письма отправляют даже при длительном «молчании» клиента, с целью напомнить о компании и интересующих его товарах;

– транзакционные письма. По своей структуре они схожи с триггерными письмами, так как приходят к пользователям, которые совершают определенные действия являющеюся триггером. Они помогают сообщить клиенту о происходящих изменениях в личном кабинете, например об изменении статуса заказа, совершенного ранее. Таким способом закрепляется совершенная пользователем транзакция – какое-либо действие на сайте компании [4].

Если рассматривать историю email-маркетинга, то, он впервые появился в 1978 году, когда Гэри Туэрк отправил первую в мире рассылку по электронной почте, с рассказом о новинке в сфере персональных компьютеров - DEC. С тех пор email-маркетинг активно развивался, и стал неотъемлемой частью интернет-маркетинга, закрепившись в инструментарии современного специалиста по продвижению на рынке B2B. Благодаря email-маркетингу появляется возможность сегментирования аудитории по различным критериям, таким как, возраст, пол, интересы, местоположение и поведение, позволяя отправлять письма, адаптированные под разную аудиторию.

Но неотъемлимой частью email-маркетинга на рынке B2B является отслеживание эффективности, и отследить эффективность можно по следующим показателям:

– процент открытий: показывает, какой процент получателей открыл рассылку;

– процент переходов по ссылкам: отражает, сколько получателей перешли по ссылкам в письме;

– процент отписок: указывает, сколько получателей отписалось от рассылки после получения письма;

– процент жалоб на спам: показывает, какая доля получателей пометила письмо как спам;

– коэффициент конверсии: отображает, сколько получателей выполнило желаемое действие после перехода по ссылке в письме;

– процент доставляемости: показывает, какая часть писем успешно доставлена в почтовые ящики получателей, не попав в спам;

– среднее время прочтения письма: этот показатель помогает оценить, насколько контент заинтересовал получателя и сколько времени он уделял чтению письма.

Благодаря этим показателям множество компаний отслеживает эффективность собственных email-рассылок, к примеру, по статистике:

Ежедневно электронной почтой пользуются 4 миллиарда человек. Ожидается, что к 2025 году это число вырастет до 4,6 миллиардов.

Ежедневно рассылается и принимается более 347 миллиардов электронных писем.

64 % малых предприятий используют эмейл-маркетинг для общения с клиентами.

38 % брендов следят за своим бюджетом на почтовых рассылках и только 10 % его сокращают [5].

Таким образом, email-маркетинг является эффективным методом продвижения товаров и услуг на рынке business to business. Он позволяет устанавливать долгосрочные отношения с клиентами и партнерами, обладает низкой стоимостью, быстрой реакцией и высокой эффективностью, благодаря чему, его и выбирают множество компаний, как в секторе B2C, так, что особенно важно, в секторе B2B. Однако на рынке B2B присутствуют особенности, такие как высокая стоимость товаров и услуг и влияние состояния экономики на спрос, с чем помогают справиться рассылки по электронной почте, рассказав о преимуществах долгосрочной закупки или взаимодействия и специальных условиях для компании. Email-маркетинг остается актуальным способом продвижения, несмотря на свою долгую историю, и другие способы коммуникации, которые могут показаться еще эффективнее чем рассылки, но, растущий спрос на сервисы автоматических и триггерных рассылок говорят об обратном.

Список используемых источников

1. Email-маркетинг. URL: https://www.unisender.com/ru/glossary/chto-takoe-email-marketing/#anchor-1 (дата обращения 05.11.2024).
2. Продвижение и реклама в сфере B2B. URL: https://st-lt.ru/blog/prodvizhenie-i-reklama-v-sfere-b2b.html (дата обращения 05.11.2024).
3. Кульназарова А. В. Цифровые технологии в рекламе и связях с общественностью. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2023. 149 с. (дата обращения 05.11.2024).
4. Подробное руководство по email-маркетингу. URL: https://www.calltouch.ru/blog/podrobnoe-rukovodstvo-po-email-marketingu/ (дата обращения 05.11.2024).
5. Максимально подробная статистика по емейл-маркетингу за 2023 год. URL: https://vc.ru/marketing/971323-maksimalno-podrobnaya-statistika-po-emeil-marketingu-za-2023-god (дата обращения 05.11.2024).

Shaynorov.A. **EMAIL MARKETING AS A WAY TO PROMOTE IN THE B2B MARKET.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Email marketing is an effective method of promoting goods and services in the business-to-business market. It allows you to establish long-term relationships with clients and partners, has low cost, quick response and high efficiency.

Key words: Email marketing, promotion, B2B.

УДК 339.138
ГРНТИ 06.51.02

РОЛЬ ГЕЙМИФИКАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ РЕПУТАЦИЕЙ И ПОСТРОЕНИИ БРЕНДА В ЦИФРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Е. А. Стаценко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Роль геймификации в управлении репутацией и построении бренда в цифровом пространстве. Применение игровых механик, таких как рейтинги, персонализированные задания и виртуальные награды, позволяет брендам улучшать взаимодействие с аудиторией, повышать лояльность и вовлеченность на основе успешных кейсов.

геймификация, бизнес, продвижение, увлечение, PBL, управление брендом, лояльность клиентов, репутация бренда

Геймификация представляет собой использование игровых механик для усиления вовлеченности и мотивации аудитории в неигровом контексте. Она активно применяется в маркетинге и управлении брендом для формирования эмоциональной привязанности к продуктам и услугам. Современные исследования подтверждают, что геймификация увеличивает клиентскую активность на 68 % и способствует росту социального взаимодействия на 22 %. Эти данные подчеркивают, что внедрение игровых элементов делает бренд ближе к потребителю, улучшает пользовательский опыт и способствует формированию положительной репутации [1].

Для управления брендом и репутацией используются следующие ключевые механики:

– *рейтинги и достижения* дают пользователям возможность отслеживать свои успехи и соревноваться за лидирующие позиции. Такие элементы стимулируют активное участие и укрепляют интерес к бренду, однако требуют взвешенного подхода, так как чрезмерная соревновательность может привести к демотивации у тех, кто не достигает высоких результатов;

– *система уровней и прогресса* привязывает пользователей к бренду, позволяя отслеживать рост и развитие через выполнение заданий или достижение целей. Примером может служить поощрение постоянных клиентов бонусами за лояльность;

– *виртуальные награды и бейджи* – такие элементы, как значки и медали, подтверждают достижения пользователя, создавая положительное впечатление о бренде и укрепляя эмоциональную связь;

– *элементы сюрприза и динамические награды* предполагают внезапное награждение пользователей за активность, что поддерживает интерес и создает приятные впечатления от взаимодействия с брендом.

Триада PBL, состоящая из элементов очков (points), значков (badges) и таблицы лидеров (leaderboards), является одной из самых распространенных в геймификации. Но важно понимать, что только использование этих трех элементов не является геймификацией в целом. Хотя PBL могут быть полезными, мощными и уместными элементами, они имеют и недостатки и не являются единственным способом геймификации [2].

Примеры успешной геймификации

Domino's Pizza разработала приложение Pizza Hero, в котором пользователи могли создавать пиццу, выбирая ингредиенты и составы по собственному усмотрению. Этот геймифицированный подход позволил пользователям почувствовать себя частью процесса создания продукта, что повысило их интерес и привязанность к бренду. По результатам внедрения приложения продажи выросли на 30 %. Domino’s создала платформу, на которой клиенты могли не только взаимодействовать с брендом, но и ощущать личную вовлеченность и креативный вклад в продукт. Пример Domino's демонстрирует, как персонализированное взаимодействие через игровые механики может повысить продажи и лояльность клиентов, одновременно создавая уникальный пользовательский опыт.

McDonald's уже более 30 лет использует концепцию настольной игры "Монополия" в своей маркетинговой кампании. Покупатели получают игровые фишки при заказе определенных блюд, которые могут обменять на призы или баллы для продолжения игры. Кампания способствовала значительному увеличению числа повторных посещений и импульсных покупок, так как клиенты стремятся собрать фишки и получить награды. Например, в 2010 году McDonald’s увеличила продажи в США на 5,6 % благодаря этой программе. Данный пример показывает, как крупные призы и возможность соревноваться за них стимулируют повторные покупки и укрепляют привязанность к бренду.

Samsung разработал программу лояльности Samsung Nation, которая позволяет посредством использования геймификации не только идентифицировать, но и поддерживать и направлять в необходимых для компании целях наиболее лояльных потребителей. Присоединение к программе дает возможность потребителям накапливать баллы, по достижении определенного уровня им предоставляются индивидуализированные спецпредложения, а также возможности по комментированию статей о продуктах компании [3].

Исследования показывают, что компании, внедряющие геймификационные стратегии, добиваются увеличения вовлеченности аудитории от 100 % до 150 %.

Применение геймификации помогает брендам создавать эмоциональную связь с потребителями, улучшая восприятие бренда и формируя положительную репутацию. Ключевым аспектом успешного внедрения игровых элементов является баланс между вызовом и доступностью задач, что позволяет поддерживать интерес и мотивацию пользователей. На долгосрочную перспективу геймификация становится необходимым инструментом для создания лояльности и управления репутацией в условиях высокой конкуренции и цифровизации рынка [4].

Геймификация – это мощный инструмент для управления репутацией и построения бренда в цифровом пространстве. Она позволяет брендам устанавливать уникальные взаимодействия с аудиторией, что укрепляет эмоциональную привязанность и повышает лояльность. Рассмотренные ранее кейсы компаний являются отличными примерами как можно эффективно использовать игровой подход для популяризации бренда, также стоит учитывать, что из-за активного развития цифровых технологий и появления искусственного интеллекта геймификация будет только развиваться. При условии продуманного внедрения и адаптации геймификация помогает брендам оставаться актуальными, улучшая имидж и репутацию.

Использование игровых элементов является отличным способом для укрепления лояльности как сотрудников, так и клиентов, данный подход повышает активность аудитории, ее лояльность, а также выделяет бренд на фоне конкурентов. В совокупности игровые механики создают для игроков максимально привлекательную структуру, в рамках которой рождается потребность в прогрессии, данное явление и является тем самым привлекательным аспектом, заставляющим людей возвращаться к игре, за счет этого воздействия и формируется эмоциональная привязанность, а следом и лояльность к самому бренду. Статистические данные подтверждают, что геймификация увеличивает вовлеченность пользователей и стимулирует онлайн-активность клиентов, что также способствует снижению оттока клиентов и улучшению их восприятия бренда [5].

Список используемых источников

1. Заславская О. Ю., Сиденко А. Г. Применение принципов игрового дизайна и игровых механик к неигровому контенту // Вестник МГПУ, 2020. № 51. С. 31–33.
2. Макгонигал Д. Реальность под вопросом. Почему игры делают нас лучше и как они могут изменить мир / пер. с англ. Н. Яцюк; [науч. ред. В. Шульпин]. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. 384 с.
3. Маркеева А. В. Геймификация в бизнесе: проблемы использования и перспективы развития // Лидерство и менеджмент, 2015. Том 2. № 3. С. 169–190.
4. Snipp Resources. The Power of Gamification // Snipp-Resources-Whitepaper. 2017. URL: http://www.snipp.com (дата обращения 10.11.2024).
5. Ямщиков С. В., Колечиц М. П. Геймификация как новая управленческая технология // Социосфера, 2021. № 1. С. 109–112.

Statsenko E. **THE ROLE OF GAMIFICATION IN REPUTATION MANAGEMENT AND BRAND BUILDING IN THE DIGITAL SPACE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The Role of Gamification in Reputation Management and Brand Building in the Digital Space. The use of game mechanics, such as leaderboards, personalized challenges, and virtual rewards, enables brands to enhance audience engagement, loyalty, and involvement, based on successful case studies.

Key words: gamification, business, promotion, engagement, PBL, brand management, customer loyalty, brand reputation.

УДК 658.8
ГРНТИ 19.01.11

ПРОДВИЖЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ СРЕДСТВАМИ РЕКЛАМЫ И СВЯЗЕЙ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

И. О. Черанёв, Д. В. Шутман
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В эпоху стремительного развития цифровых технологий печатные издания нуждаются в создании новой стратегии продвижения, которая будет отличаться способностью подстраиваться под изменяющиеся условия рынка, а также поиском новых потенциальных каналов коммуникации. В статье анализируются существующие и перспективные способы продвижения для печатных изданий в условиях цифровизации.

маркетинг, печатные СМИ, реклама, PR, целевая аудитория, стимулирование сбыта, спонсорство, цифровизация

В настоящее время успех печатных изданий зависит от гибкости и способности интегрировать как традиционные, так и новейшие методы продвижения, которые охватывают различные каналы и форматы распространения – от цифрового контента до оффлайн-мероприятий.

Важнейшей задачей для уже устоявшихся изданий остается сохранение лояльных читателей, а также привлечение новых, как охваченных, так и не охваченных другими СМИ. Для новых изданий приоритетом будет привлечение читателя, а затем – закрепление позиций и обретение своей постоянной аудитории. В условиях высокой конкуренции за их внимание важно эффективно взаимодействовать с реальными и потенциальными пользователями через два основных канала: стимулирование продаж среди конечных потребителей и эффективное распространение через агентства и онлайн-платформы.

С точки зрения медиа-ориентированного подхода, издания формируют аудиторию с одинаковыми интересами, создавая у потенциальных читателей потребность в их продуктах. В этом процессе особую роль играют реклама и PR, которые влияют на выбор потребителя, формируя у него ощущение необходимости потребления того или иного контента.

Социально-ориентированный подход, в свою очередь, акцентирует внимание на глубоком изучении потребностей аудитории и на адаптации контента в ответ на эти запросы. Такой подход способствует созданию издания, которое гармонично вписывается в общественные процессы и отвечает на актуальные интересы читателей.

Особое внимание следует уделить оформлению обложки или первой страницы журнала. Это не только важный элемент привлечения внимания, но и ключевая маркетинговая и эстетическая составляющая, которая влияет на восприятие и ценность издания.

Важно также учитывать ценовую политику. Глянцевые журналы, как и другие виды печатных изданий, имеют двух покупателей: читателя и рекламодателя. Цена, как правило, устанавливается ниже себестоимости, и основная прибыль издатель получит от рекламы. Рекламодатель покрывает недостающую сумму, делая издание доступным для конечного пользователя.

Касательно печатной прессы долгое время существовали два главных способа дистрибуции: розничная продажа и подписка. В последние годы проявил себя такой способ, как бесплатное распространение изданий. Рынок распространения печатной прессы в розницу и по подписке отличается многообразием форм и жесткой конкурентной борьбой. В последние годы он претерпел существенные изменения.

В большинстве случаев реклама продвигаемого издания в печатных СМИ имеет вид журналистского материала о продвигаемом продукте (интервью с редактором, издателем, директором и т. д.) или анонс материалов из будущего номера. Чаще всего такой способ продвижения используется в глянцевых и корпоративных журналах (Российские железные дороги, Аэрофлот и др.) [1].

Наружная реклама, реклама в местах продаж и реклама на транспорте используются чаще всего как поддержка и сопровождение рекламной кампании в традиционных СМИ, а также как напоминание о существующем продукте на медиарынке. Так, довольно часто можно встретить обложку следующего номера издания, расположенную на транспорте или на рекламном щите вдоль автотрассы.

Не менее важным инструментом является стимулирование сбыта, которое активно используется для увеличения уровня продаж и формирования лояльности среди читателей. В условиях растущей цифровизации активно развиваются промоакции через социальные сети, email-маркетинг и интеграции с блогерами и влиятельными личностями в интернете, что позволяет повысить узнаваемость издания и привлечь внимание к новому контенту [2].

Говоря о цифровизации, стоит отметить, что она является основным направлением продвижения глянцевых журналов на сегодняшний день. Важно активно работать с онлайн-каналами, включая социальные сети, мобильные приложения и сайты. Так, использование платформ, таких как Instagram, Telegram и ВК, становится ключевым каналом для привлечения внимания. Глянцевые журналы активно сотрудничают с блогерами и влиятельными личностями, чтобы продвигать как содержание, так и рекламу с их помощью. Также, благодаря сети Интернет, раскрылось преимущество цифровых подписок и онлайн-версий журналов, доступных через собственные сайты или агрегаторы, позволяющее расширить аудиторию. Это особенно

важно для молодых читателей, которые предпочитают потребление контента через цифровые устройства.

Потенциальным каналом взаимодействия читателей с изданием могут стать мобильные приложения для журналов. Они имеют перспективу быть не только способом распространения контента, но и важным инструментом для взаимодействия. Через приложения можно не только читать материалы, но и участвовать в предлагаемых активностях, получать эксклюзивный контент или участвовать в конкурсах. Более того, через них появляется возможность оплачивать подписку на издание через удобные системы оплаты (Mir Pay, SberPay и т. п.).

В работе по связям с общественностью важную роль играет создание положительного имиджа издания, который способствует формированию доверительных отношений с аудиторией. Особенно актуальными являются действия, направленные на борьбу с негативными отзывами и на усиление положительных ассоциаций с брендом издания.

При продвижении глянцевых журналов важное место занимает деятельность как на внешнем уровне (акции, спонсорство, участие в крупных медийных проектах), так и внутри редакции – через обновление рубрик, организацию конкурсов, интервью с известными личностями, что помогает создать яркий и привлекательный контент.

Активность изданий особенно высока в периоды подписных кампаний, когда используются всевозможные рекламные акции, включая сотрудничество с партнерскими изданиями для продвижения собственного контента.

Поднимая вопрос внедрения цифровых технологий в продвижение печатных изданий, актуальна тема создания интерактивных статей или блогов. Издания могут предлагать читателям не только стандартный текст, но и мультимедийные материалы, которые вовлекают их в процесс потребления контента (например, возможность выбирать темы или персонажей). Притом данное новшество может быть введено только в качестве эксклюзивного материала для подписчиков журнала, что позволяет стать эффективным способом привлечения внимания.

Не стоит забывать и о социальной ответственности – в ряде случаев социальные и экологические инициативы становятся важным элементом бренда глянцевых журналов. Публикации на темы экологии, социальной ответственности или помощь нуждающимся привлекают аудиторию, которая ориентируется на эти ценности. Это не только формирует положительный имидж, но и привлекает внимание более широкой аудитории.

Подводя итог, можем заключить, что современная стратегия продвижения печатных СМИ требует комплексного подхода, включающего как традиционные методы, так и новые инструменты цифрового маркетинга. Адаптация к изменяющимся условиям рынка и активное взаимодействие с читателями через различные каналы

позволяет издательствам успешно конкурировать в условиях насыщенной информационной среды.

Список используемых источников

1. Асташева А. Е. Особенности продвижения печатных СМИ на информационном рынке // Вестник РУДН. Серия: Литературоведение, журналистика, 2014. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-prodvizheniya-pechatnyh-smi-na-informatsionnom-rynke (дата обращения 11.11.2024);
2. Смирнова О. В. Печатные медиа в эпоху цифровых технологий // Вестник Московского университета. Серия 10. Журналистика, 2013. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pechatnye-media-v-epohu-tsifrovyh-tehnologiy (дата обращения 11.11.2024).

Cheranyov I., Shutman D. **PROMOTION OF PRINT MEDIA BY ADVERTISING AND PUBLIC RELATIONS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the era of the rapid development of digital technologies, print media needs to create a new promotion strategy, which will differ in the ability to adapt to the changing market conditions, as well as the search for new potential communication channels. The article analyzes existing and promising methods of promotion for print media in the context of digitalization.

Key words: marketing, print media, advertising, PR, target audience, sales stimulation, sponsorship, digitalization.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

SERM И ORM В РЕКЛАМЕ: УПРАВЛЕНИЕ РЕПУТАЦИЕЙ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ

Н. С. Шевякова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире, где информация распространяется с невероятной скоростью, управление репутацией становится одной из ключевых задач для бизнеса. В этом контексте важную роль играют два направления: Search Engine Reputation Management и Online Reputation Management. Оба подхода направлены на формирование и поддержание положительного имиджа компании или бренда в интернете, но имеют свои особенности и методы реализации.

SERM, ORM, репутация бренда, партизанский маркетинг, Brand Analytics

Положительная репутация бренда в интернете помогает увеличить продажи и стоимость услуг, повысить узнаваемость и привлечь партнеров и инвесторов. Специалист по управлению репутацией отслеживает информацию о компании в интернете, следит за тем, чтобы данные были верными, а также размещает обзоры на товары и услуги – делает все необходимое для того, чтобы о компании говорили хорошо.

Для начала стоит разобрать определение SERM – это управление репутацией через поисковые системы. Основная задача – контролировать как информация о компании, бренде или личности отображается в ТОП-20 выдачи Яндекса и Google. Включает в себя:

1. Оптимизация контента. Создание и продвижение положительных материалов о компании, таких как статьи, блоги, пресс-релизы и отзывы, чтобы они занимали высокие позиции в поисковых системах.

2. Мониторинг упоминаний. Постоянный анализ того, что говорят о компании в интернете. Это может включать в себя отслеживание отзывов на сайтах, социальных сетях и форумах.

3. Устранение негативного контента. Работа над снижением видимости негативных отзывов или статей, которые могут повредить репутации компании. Это может включать в себя юридические меры, если информация является ложной или клеветнической [1].

В рамках SERM маркетологи работают с топ-20 поисковой выдачи, подсчитывают процент негативных и позитивных ссылок. Мониторинг проводится на еженедельной основе с помощью специализированных платформ, которые отображают

ссылки с указанием позиции в выдаче. На основе полученных данных строится и реализуется стратегия по замене негативных ссылок позитивными.

ORM – более широкое понятие, охватывающее все аспекты управления репутацией в онлайн-среде. Цель ORM – контролировать и управлять информацией о субъекте во всем интернете, чтобы создать и поддерживать положительное впечатление. Основные аспекты ORM включают:

1. Создание положительного контента. Как и в SERM, создание качественного контента, который подчеркивает достоинства компании, является важной частью ORM.

2. Работа с отзывами. Активное взаимодействие с клиентами, отвечая на их отзывы и комментарии, как положительные, так и отрицательные. Это помогает не только улучшить имидж, но и повысить уровень доверия к компании.

3. Социальные сети. Управление репутацией в социальных сетях, где пользователи могут делиться своим мнением о компании. Это включает в себя создание и ведение корпоративных страниц, а также активное участие в обсуждениях.

4. Кризисное управление. Разработка стратегий для быстрого реагирования на негативные ситуации, которые могут повлиять на репутацию компании. Это может включать в себя создание пресс-релизов, организацию пресс-конференций и другие меры [1].

В рамках ORM маркетологи, опираясь на ежедневные данные ручного и автоматического мониторинга, подсчитывают позитивные, негативные и нейтральные упоминания, разрабатывают и реализуют стратегию по улучшению репутации бренда.

Важно понимать, что SERM является частью ORM, фокусируясь исключительно на управлении репутацией через поисковые системы. Таким образом, SERM – это более узкоспециализированный подход в рамках общей стратегии управления онлайн-репутацией.

Далее стоит уточнить, как происходит мониторинг Топ-20 поисковой выдачи. Первый шаг – это определение ключевого репутационного запроса, по которому будет проводиться мониторинг. Обычно это запрос вида «[Бренд] отзывы». Далее вводится репутационный запрос в Яндекс и Google. Выставляется нужное географическое положение и собирается ТОП-20 ссылок на площадки, которые выдают поисковики. Третий шаг – это непосредственно анализ и выводы. Полученные данные помогают понять, какие площадки наиболее важны для управления репутацией бренда, и какие действия необходимо предпринять для улучшения его представления в поисковой выдаче.

Репутационные поисковые запросы – это запросы, которые пользователи вводят в поисковые системы, чтобы получить информацию о репутации компании, бренда или личности. Типичные репутационные запросы могут выглядеть так: «[Бренд] отзывы», «Мнения о [Личность]», «отзывы сотрудников [Бренд]» [1]. Ана-

лиз репутационных запросов позволяет понять, какую информацию ищут пользователи о компании или бренде, и впоследствии управлять этим восприятием.

У многих компаний может возникнуть вопрос, когда наступает наиболее подходящий момент обратиться в рекламные агентства за услугами по управлению репутацией? Во-первых, если об организации много недостоверной или негативной информации. Во-вторых, когда против компании ведут конкурентную борьбу и черный PR. В-третьих, если о фирме, ее продукции или услугах нет никакой информации в Интернете. В-четвертых, когда компания запускает новый продукт и уже на начальных этапах стоит задуматься о формировании его положительного образа в глазах аудитории. Наконец, заняться репутацией бренда стоит, когда в компании плохо работает реклама, не эффективны методы продвижения или возникают сложности в найме персонала. Тогда работа агентства будет направлена на создание прочного фундамента для дальнейшего роста и развития бизнеса.

Далее стоит разобрать основные инструменты, которые используются при разработке стратегии и улучшении репутации бренда:

1. Мониторинг инфополя. С помощью специализированных платформ специалисты изучают информационное поле вокруг бренда, анализируют угрозы и тренды, изучают мнение аудитории о бренде и формируют экспертные выводы.

2. Агенты влияния. Для защиты репутации бренда важно коммуницировать с пользователями на разных площадках.

3. Представитель бренда. Через коммуникацию с официальным представителем бренда можно нейтрализовать негатив.

4. Отзывы. Работа с негативом происходит путем мониторинга отзывов на площадках.

5. Партизанский маркетинг. Нативная реклама бренда. Специалисты внедряются в релевантные тематические дискуссии на популярных интернет-площадках и говорят о клиенте.

6. Работа с маркетплейсами. Здесь идет проработка рейтинга, отзывов и в целом улучшение позиции товара. А также работа с лояльностью целевой аудитории. Помимо этого, специалистами могут размещаться официальные ответы от лица представителя компании.

7. Работа с приложениями в App Store и Google Play. Улучшение показателей официальных приложений компании, проработав рейтинги и отзывы. Анализ негатива и сбор основных блоков претензий.

8. Вытеснение негатива с помощью SERM. Нейтрализация негативных площадок с первых страниц поисковой выдачи Яндекс и Google.

9. Работа с карточками компании на гео-сервисах и сайтах-отзовиках. Специалисты формируют репутацию молодого бренда или нового продукта, работая с новыми или уже имеющимися карточками.

10. Нивелирование и устранение последствия инфоатак. В рамках инфоатаки конкурентов на бренд могут возникнуть нежелательные отзывы, мнения и негатив, который устраняется в рамках работы ORM-специалистов [2].

Проводить мониторинг упоминаний помогает программа Brand Analytics. Она позволяет отслеживать почти все упоминания бренда в интернете, включая соцсети, СМИ, форумы и другие источники. Сервис предоставляет подробные отчеты об упоминаниях, их тональности, охвате, источниках и других важных метриках. На основе данных Brand Analytics можно эффективно управлять репутацией бренда, реагируя на негатив и усиливая позитивные упоминания.

Обычно в Brand Analytics собирается следующая информация:

1. Тональность упоминаний (позитив, нейтрал, негатив).
2. География упоминаний (если гео указывается на ресурсе).
3. Пол/возраст авторов (если эти данные есть на ресурсе).
4. Топ упоминаний по критериям (просмотры, вовлеченность).

Для того, чтобы нагляднее представить механизм работы по улучшению репутации бренда, можно рассмотреть реальный кейс в сфере FMCG диджитал-агентства Racurs.

Ситуация в компании: популярная выпечка потеряла свои позиции в рейтингах из-за присутствия в составе пальмового масла. Бренд перестроился под тенденции ЗОЖ, заменив ингредиент.

Цель: познакомить постоянных и потенциальных клиентов с обновленной продуктовой линейкой.

Проблема: при выпуске обновленного продукта, бренд не поменял название, добавив информацию о составе на упаковку. Поэтому создание информационного поля под новый продукт, не принесло бы успеха. Также в интернете бренд изначально не вступал в диалог с клиентами, не давал официальных ответов и не реагировал на критику в свой адрес. Это породило дополнительные недовольства пользователей.

Механизм реализации агентства:

– собрали ТОП-20 площадок по репутационному запросу «бренд+отзывы»;

– проработали рейтинги;

– сместили негативные статьи новыми материалами с позитивной тональностью;

– выстраивали коммуникации с целевой аудиторией;

– сообщили аудитории об изменении в составе продукта;

– реализовывали официальное реагирование, в том числе ответ клиентам от лица бренда под старыми материалами.

Результаты:

– благодаря официальному реагированию, тональность дискуссий под некоторой частью негативных отзывов сменилась на позитив, а в некоторых случаях и на благодарность бренду;

– 20 % дискуссий с острым негативом удалось преобразовать в положительный характер, так как бренд показал, что он прислушивается к мнению потребителей.

Спустя 3 месяца работ рейтинги на основных площадках из ТОП-20 поиска выросли, доверие к бренду было восстановлено, а количество заказов в интернет-магазине бренда и на основных маркетплейсах продолжает расти. А по итогу 6 месяцев, кол-во заказов вернулось к докризисному периоду, и продолжает расти (рис. 1) [2].

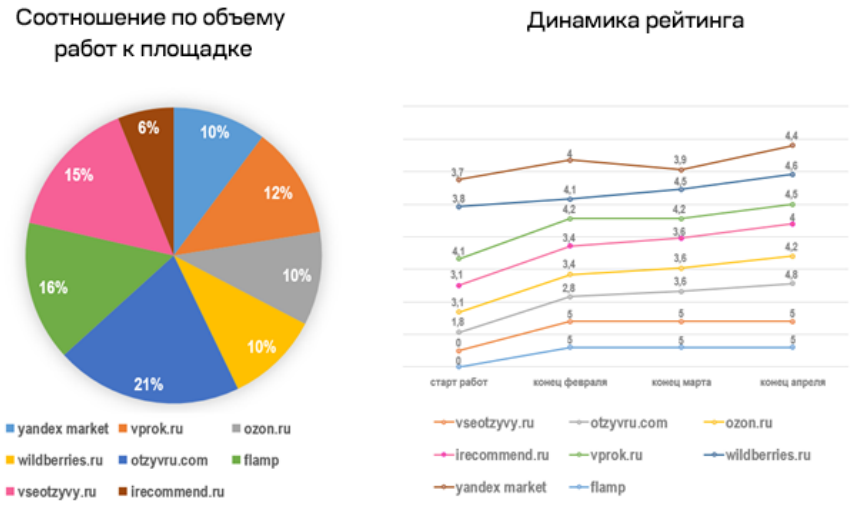


Рис. 1. Мониторинг упоминаний компании в системе Brand Analytics

Таким образом, в условиях цифровой экономики управление репутацией становится неотъемлемой частью бизнес-стратегии. SERM и ORM помогают компаниям не только защищать свой имидж, но и строить доверительные отношения с клиентами. Важно помнить, что репутация – это не только то, что говорят о компании, но и то, как она реагируете на это.

Список используемых источников

1. Прохоров Н. В., Сидорин Д. А. Управление репутацией в интернете// Synergy Book, 2020. С. 15–19.
2. ORM и SERM услуги: когда ваша репутация работает на вас. URL: https:// racurs.agency/services/orm/ (дата обращения 11.11.2024).

***Shevyakova N.* SERM AND ORM IN ADVERTISING: REPUTATION MANAGEMENT IN THE DIGITAL AGE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, where information spreads at an incredible speed, reputation management is becoming one of the key tasks for business. In this context, two areas play an important role: Search Engine Reputation Management and Online Reputation Management. Both approaches are aimed at creating and maintaining a positive image of a company or brand on the Internet, but have their own characteristics and methods of implementation.

Key words: SERM, ORM, brand reputation, guerrilla marketing, Brand Analytics

Цифровая трансформация, инновации, бизнес

УДК 338.27
ГРНТИ 06.81.65

ПРОГНОЗ ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ДОГОВОРА СОЦИАЛЬНОГО НАЙМА В ОРГАНАХ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ

Т. А. Андреева, П. А. Баженова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная статья посвящена анализу экономических и организационных преимуществ автоматизации процесса подготовки договора социального найма в органах местного самоуправления. Основной целью исследования является оценка экономической эффективности автоматизированной системы, включая сокращение затрат на оплату труда, оптимизацию организационной структуры и повышение производительности труда. Приведены расчеты предполагаемой экономии бюджета, а также описаны этапы внедрения системы. Полученные результаты демонстрируют перспективность автоматизации для улучшения качества предоставляемых муниципальных услуг и повышения удовлетворенности граждан.

автоматизация, социальный найм, местное самоуправление, экономическая эффективность, оптимизация

Данная работа посвящена прогнозированию эффекта от внедрения автоматизированной системы в процесс подготовки договора социального найма в органах местного самоуправления на примере Жилищного управления Администрации города Вологды. Процесс автоматизации включает использование шаблонов и системных решений [1]. Внедрение автоматизированной системы способно упростить процесс, позволяя эффективно использовать бюджетные средства и сократить расходы.

На данный момент техника в Жилищном управлении задействована с низкой эффективностью, так как вся информация вводится и обрабатывается специалистами вручную. В работе Потеркина [2] указывается, что одним из ключевых аспектов заключения договора найма является обеспечение прозрачности процедуры для

всех участников. Компьютеры используются в основном для хранения данных, а передача информации требует взаимодействия между гражданами и специалистами. Внедрение автоматизации позволит изменить подход к вводу данных и минимизировать влияние человеческого фактора.

Вложения для внедрения веб-приложения:

1. Разработка веб-приложения. Включает создание интерфейса, разработку логики обработки данных и интеграцию с существующими системами. Затраты на данные работы составляют 300 000 рублей.

2. Техническая поддержка и обслуживание. Ежемесячные затраты будут минимальными, так как в штате уже есть специалисты. Сотрудники IT-отдела будут также проводить тренинги для сотрудников жилищного отдела по работе с новым приложением.

Таким образом, общий объем вложений для внедрения веб-приложения составит около 300 000 рублей, что включает разработку, интеграцию и обучение сотрудников.

Внедрение автоматизированной системы должно соответствовать положениям Жилищного кодекса Российской Федерации, регулирующим порядок заключения договоров социального найма, включая их содержание и процесс оформления [3]. На рисунке 1 изображена организационная структура Жилищного управления города Вологды до оптимизации.

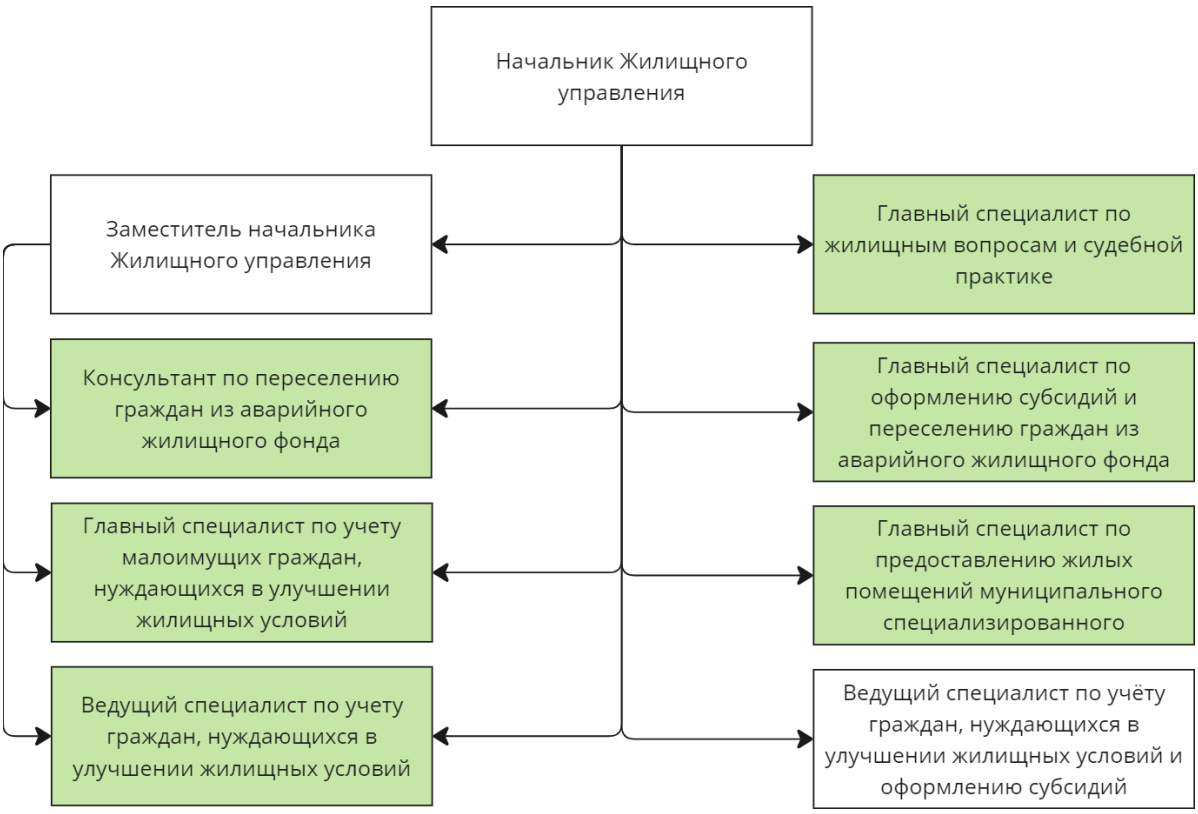


Рис. 1. Организационная структура Жилищного управления города Вологды до оптимизации

В состав Жилищного управления города Вологды входят 9 сотрудников. В процессе подготовки договора социального найма участие принимают 6 специалистов. График работы 5/2 и 8 часов в день, заработная плата составляет примерно 60 480 рублей. Процесс не требует высокой квалификации сотрудников. Анализируя организационную структуру Жилищного управления, можно сделать вывод об отсутствии необходимости содержания большого количества специалистов в штате.

На рисунке 2 изображена организационная структура Жилищного управления города Вологды после оптимизации.

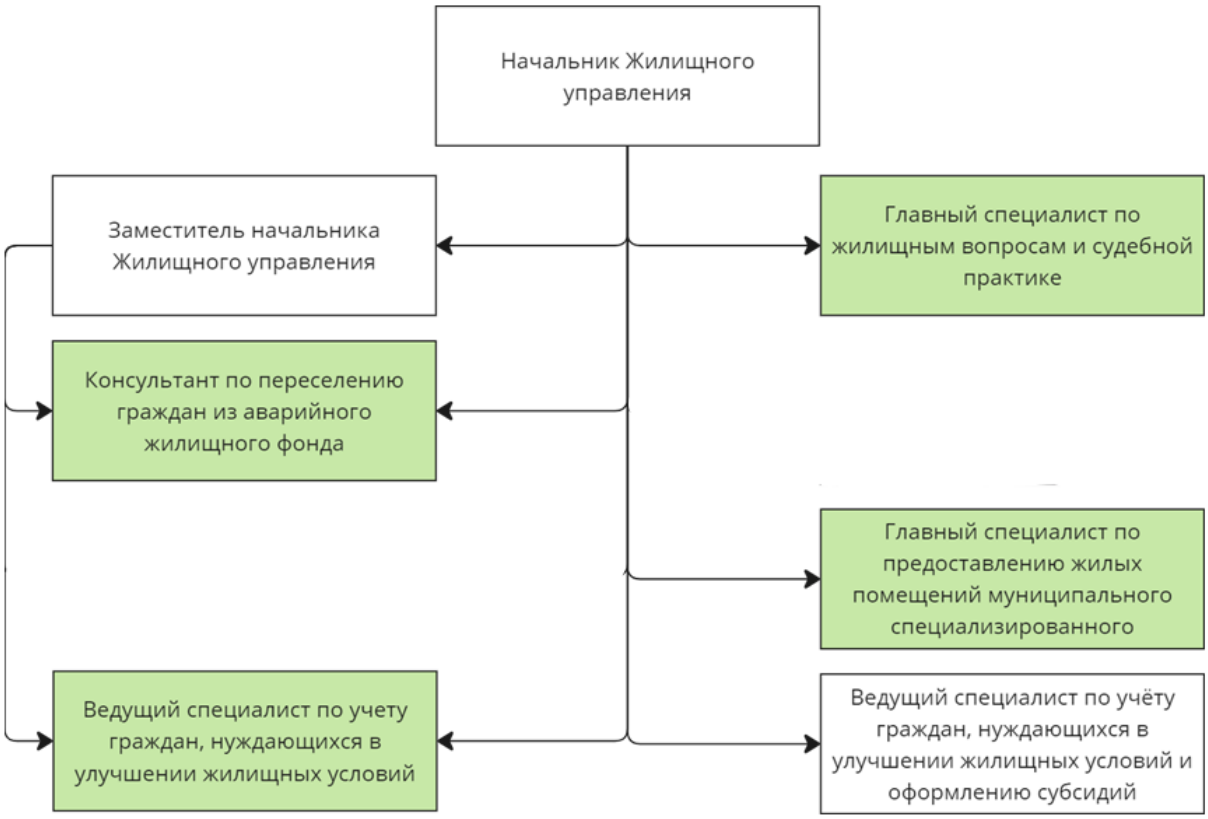


Рис. 2. Организационная структура Жилищного управления города Вологды после оптимизации

С целью оптимизации организационной структуры Жилищного управления города Вологды требуется сократить 2 сотрудников. Их обязанности были переданы коллегам. Данная структура позволит более рационально использовать персонал и муниципальный бюджет.

После внедрения автоматизированной системы общие затраты удалось сократить на размер заработной платы двух сотрудников, что привело к снижению затрат на оплату труда на 20 %.

Годовая экономия на зарплатах составит около 1,45 млн рублей. Пролонгируя данную экономию на 5 лет, мы можем увидеть, что накопительный экономический эффект составит более 7,25 млн рублей.

С экономической точки зрения внедрение автоматизации позволит получить высвобождение ресурсов. Также положительный эффект может быть получен за счет увеличения скорости исполнения процесса.

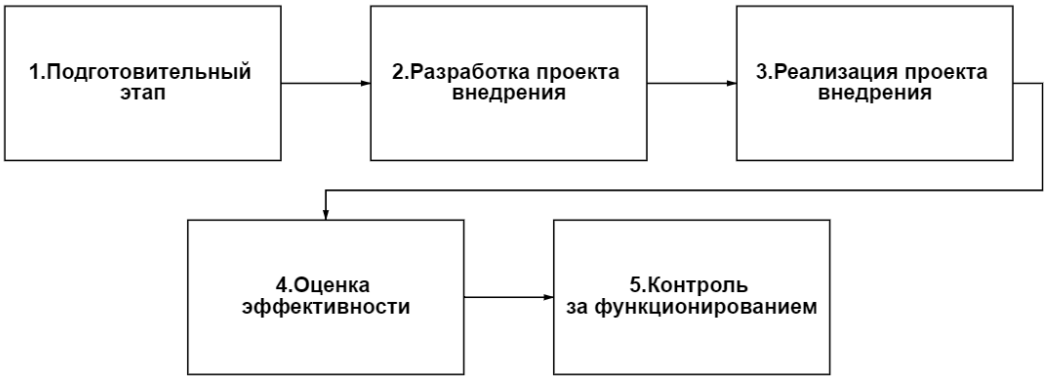


Рис. 3. Процесс реализации мер по оптимизации процесса подготовки

Основой процесса реализации системы, изображенной на рисунке 3, является поэтапное внедрение веб-приложения. Разработка проекта внедрения выполняется в виде нескольких краткосрочных проектов фиксированной длительности, указанной в таблице 1.

Длительность итераций в проекте веб-приложения обычно составляет от 2 до 6 недель, что позволяет контролировать разработку на каждом этапе и вносить изменения по мере необходимости.

ТАБЛИЦА 1. План реализации мероприятий

План реализации мероприятий	Год	2024												2025
	Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
1. Подготовительный этап														
2. Разработка проекта внедрения														
3. Реализация проекта внедрения														
4. Оценка эффективности														
5. Контроль за функционированием														

Важным аспектом успешной реализации проекта является регулярный мониторинг и корректировка плана в зависимости от возникающих обстоятельств. Ожидаемые результаты – сокращение времени на подготовку договоров и уменьшение числа ошибок.

Внедрение автоматизации позволит существенно сократить ресурсы благодаря минимизации вмешательства сотрудников, что снизит затраты на оплату труда и повысит экономическую эффективность.

Для анализа эффективности можно использовать модель Cash-Flow, которая рассчитывает финансовый результат для каждого временного этапа проекта, определяя разницу между входящими и исходящими денежными потоками в рамках деятельности.

Для внедрения автоматизации в процесс подготовки договора социального найма, помимо сокращения сотрудников, требуется нанять двух специалистов для обслуживания программного обеспечения. Компьютеры и оборудование для помещений уже имеются в администрации города на местах сокращенных сотрудников, дополнительных затрат не требуется.

Так как Жилищное управление является государственным органом, то большую часть затрат можно не учитывать. Помещение находится в государственной собственности, электроэнергия также оплачивается за счет государства. Так как в процессе автоматизации участвуют расходы на аренду сервера, телекоммуникацию и прочие, то они были учтены.

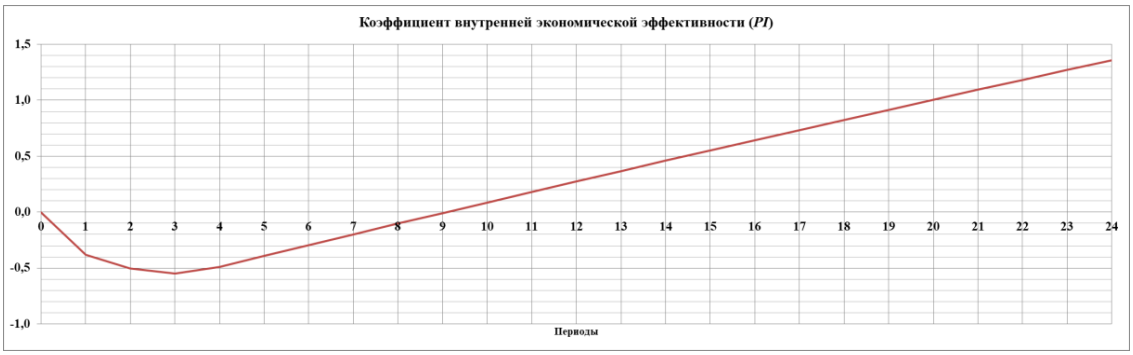


Рис. 5. Коэффициент внутренней эффективности (PI)

На графике на рисунке 5 отражен рост коэффициента внутренней экономической эффективности.



Рис. 6. Динамика основных показателей проекта

Из графика на рисунке 6, на котором изображена динамика основных показателей проекта, следует, что срок окупаемости проекта достигается в 20 периоде, что составляет 1 год 8 месяцев.

Внедрение автоматизированной системы для подготовки договоров социального найма направлено на повышение эффективности и снижение временных затрат. На данный момент процесс осуществляется вручную. Автоматизация позволит стандартизировать и ускорить подготовку договоров, снизить влияние человеческого фактора и повысить производительность, а также может минимизировать риски несоответствия договоров требованиям законодательства [4].

По расчетам, текущее общее время подготовки одного договора составляет 4 часа. После внедрения системы этот показатель снизится до 1 часа, что при среднем месячном объеме в 50 договоров обеспечит экономию в 150 часов.

Автоматизация процесса подготовки договоров станет ключевым этапом в модернизации работы жилищного отдела, обеспечив улучшение производительности и повышение качества услуг. В результате процесс подготовки договоров будет ускорен на 75 %, что подтверждает эффективность предложенного решения.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии научных основ автоматизации процессов, что в будущем может быть использовано в других сферах деятельности органов местного самоуправления.

Практическая значимость заключается в улучшении эффективности работы за счет сокращения трудозатрат и экономии на расходных материалах.

Список используемых источников

1. Подолина О. А. Автоматизация подготовки организационно-распорядительного документа: работа с его шаблоном / О.А. Подолина // Секретарское дело: пособие.
2. Потеркин Д. Договор найма жилого помещения: учебник. М.: Юристъ, 2014.
3. Жилищный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 29.12.2004 № 188-ФЗ // КонсультантПлюс: справ.-правовая система/Компания «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057/
4. Иванов А. П. Правовое регулирование договора социального найма // Аграрное и земельное право. 2019. № 1 (169).

***Bazhenova P.* FORECAST OF THE EFFECT OF IMPLEMENTING AN AUTOMATED SYSTEM IN THE PROCESS OF PREPARING SOCIAL TENANCY AGREEMENTS IN LOCAL GOVERNMENT INSTITUTIONS.**

Saint Petersburg State University of Telecommunications named after prof. M. A. Bonch-Bruevich

This article focuses on analyzing the economic and organizational benefits of automating the process of preparing social tenancy agreements in local government institutions. The main goal of the study is to assess the economic efficiency of the automated system, including cost reduction, organizational structure optimization, and productivity enhancement. Calculations of the expected budget savings and the stages of system implementation are provided. The results demonstrate the prospects of automation for improving the quality of municipal services and increasing citizen satisfaction.

Key words: automation, social tenancy, local government, economic efficiency, optimization.

УДК 658.5
ГРНТИ 28.17.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ AGILE В ПРОЕКТАХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Р. А. Волков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время результаты использования водопадной методологии в проектах цифровой трансформации демонстрируют необходимость дополнения и расширения ее возможностей за счет применения гибкой методологии. В статье приведено сравнение проекта внедрения 1С: ERP с использованием различных методологий, продемонстрированы и проанализированы результаты этих внедрений.

Agile, ERP, Waterfall, проект, цифровая трансформация

Уход ряда ИТ компаний-разработчиков с рынка РФ, таких, например, как SAP, и вызванная этим необходимость перехода на отечественное ПО, подчеркивают важность своевременного импортозамещения.

Нехватка консультантов, аналитиков и разработчиков на рынке труда, сигнализирует о необходимости наращивания интенсивности цифровой трансформации в различных областях народного хозяйства с целью повышения экономического роста как отдельных предприятий, так и всей экономики РФ.

Все это накладывает определенные требования к выбору методологий внедрения проектов цифровой трансформации [1], а также возможности их совместного использования.

Исходя из вышеперечисленного, исследование возможностей применения методологии Agile в проектах цифровой трансформации - представляется чрезвычайно актуальной и значимой темой, требующей раскрытия, тем более что статистика показывает положительную динамику роста использования гибкой методологии Agile.

Исследование возможностей применения методологии Agile в проектах цифровой трансформации, происходило на примере интеграции ПО «1С: ERP Управление предприятием» проводимое проектной организацией, (в дальнейшем именуемой «Исполнитель) на одном из промышленных предприятий (в дальнейшем именуемом «Заказчик»), в период с 01.01.2023 по 31.03.2024.

Для удобства проведения анализа проект был разбит на три уровня: стратегический, оперативный, операционный.

Стратегический уровень предполагает ряд этапов внедрения проекта, реализуемых в методологии Waterfall и представленных на рис. 1.



Рис. 1. Стратегический уровень внедрения проекта

Сроки этапов предполагаемого внедрения, представляющие собой оперативный уровень, отражены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Сроки этапов предполагаемого внедрения проекта.

№	Этап/Сроки	1 мес.	3 мес.	3 мес.	1 мес.	2 мес.	3 мес.	1 мес.
	Период (Месяц.Год)	12.22	01.23-03.23	04.23-06.23	07.23	08.23-09.23	10.23-12.23	01.24 …
1	Подготовка проекта							
2	Обследование. Концепт. моделирование							
3	Техническое проектирование							
4	Перенос НСИ и остатков.							
5	Обучение пользователей							
6	Ввод в эксплуатацию							
7	Сопровождение							

Операционный уровень наиболее ярко себя представляет себя на 3-м этапе «Техническое проектирование», и отображен на рис. 2.

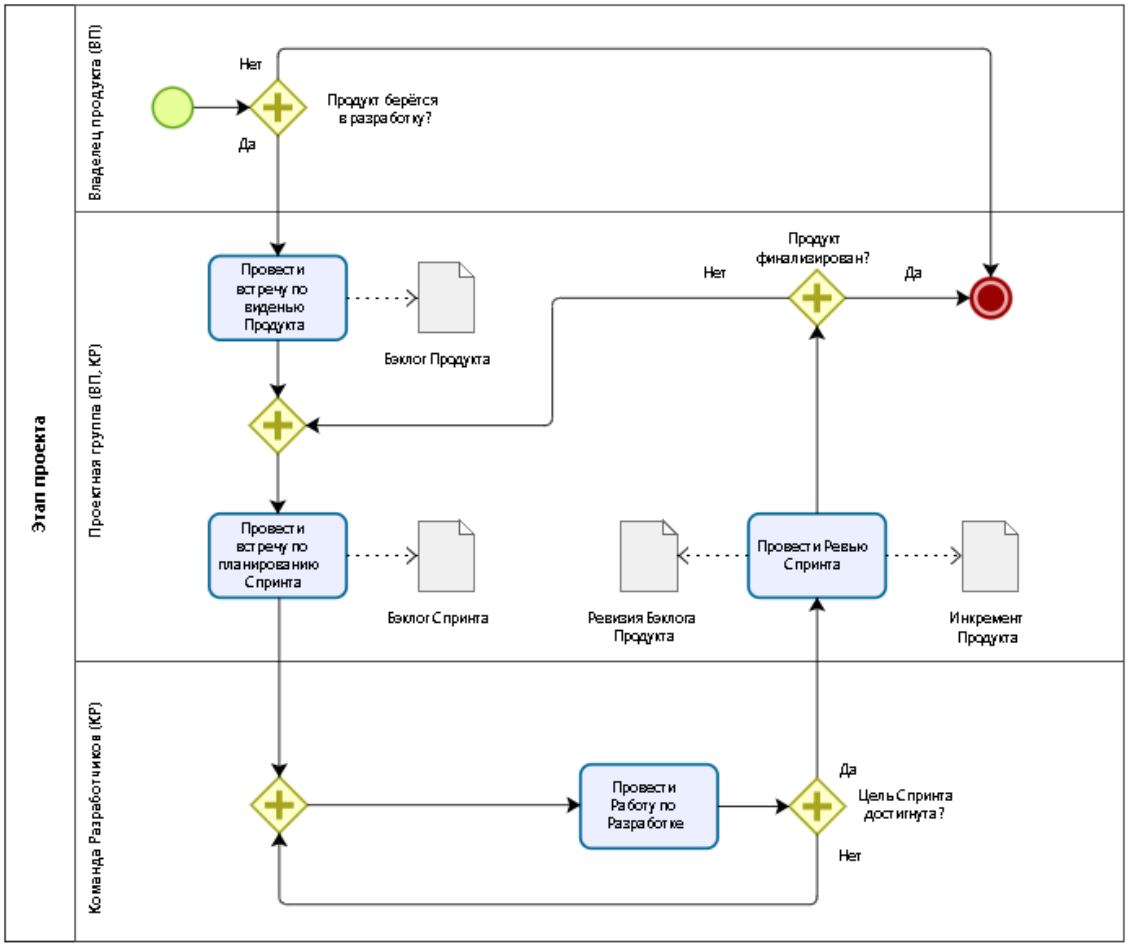


Рис. 2. Операционный уровень фактического внедрения проекта (AS-IS)

В процессе внедрения не были учтены и проявили себя следующие рисковые события:

1. Неполное соответствие функционала реализованных доработок фактическим нуждам предприятия, по причине недостаточного тестирования, проводившегося разработчиками и аналитиками Исполнителя на «простых» примерах, привело к тому, что в дальнейшем было потрачено значительное время на их корректировку, причем потребовалась корректировка большей части доработанного функционала.

2. На этапе «Ввода в эксплуатацию» пришлось менять и перенастраивать права пользователей в соответствии с реальными потребностями, т.к., несмотря на то, что первичная реализация Технического Задания «Матрица прав» соответствовала изначальным договоренностям, на практике, в процессе тестовой эксплуатации, выявились ранее неучтенные нюансы и особенности.

3. До ввода в эксплуатацию были выявлены незначительные отклонения построенной Концептуальной модели от реалий, что повлекло за собой необходимость исправления как некоторых бизнес-процессов, так и обеспечивающих их доработок.

Несмотря на то, что временные оценки в начале проекта были выставлены достаточно точно, на исправление недочетов ушло добавочных 3 месяца– что удлинило этап «Ввода в эксплуатацию».

Как результат произошло:

1. Смещение срока окончания реализации с 31.12.2023 на 31.03.2024 г., в следствии чего старт ОПЭ также сдвинулся на один квартал.

2. Увеличение бюджета, за счет неучтенных изменений, для оплаты услуг Исполнителя на 25 %.

Различие текущей модели процесса проектирования на операционном уровне и модели с использованием полной методики СКРАМ и являются «слабыми местами» допускающие улучшение, а именно:

1. Добавление ежедневных встреч на этапе спринта, что позволит значительно сократить риски увеличения и срыва сроков проекта. На текущий момент такие встречи иногда проводятся, но не имеют регулярного характера.

2. Привлечение ИТ-специалистов и ЛПР Заказчика к участию в Спринтах, что позволит повысить качество тестирования и соответствие доработок функционала реальным бизнес-процессам;

3. Добавление проведения Ретроспективы спринта с формированием Плана по улучшению работы, что повысит сходимость Концептуальной модели с требованиями бизнеса.

Отображение модифицированного процесса разработки на операционном уровне представлено на рис. 3:

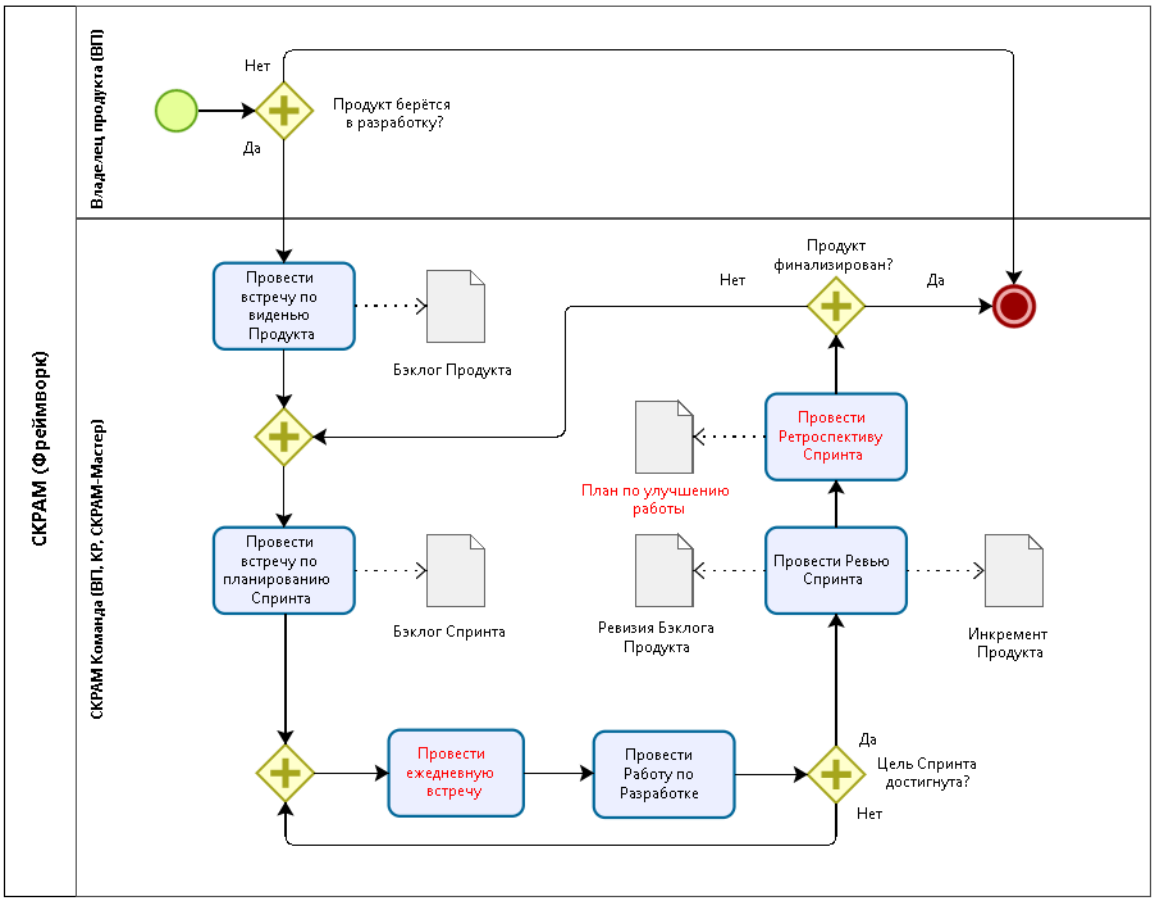


Рис. 3. Операционный уровень предлагаемого внедрения проекта (TO-BE)

Результат предлагаемых изменений:

1. Увеличение срока окончания плановой реализации проекта на 1.5 месяца, до 14.02.2024 за счет увеличения продолжительности 3-го этапа «Техническое проектирование».

2. Увеличение бюджета для оплаты услуг Исполнителя на 12.5 %.

3. Увеличение ФОТ собственных сотрудников.

Экономические показатели трех вариантов внедрения проекта с учетом экономического эффекта от внедрения 1С:ERP [2] отражены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Экономические показатели результатов внедрений проекта

Параметр сравнения на конец четвертого квартала 2027 года	Период	Планируемое внедрение Waterfall	Фактическое внедрение Waterfall	Планируемое внедрение Agile
	Кварт. Год			
Общая стоимость затрат	тыс. руб.	31 500	38 000	35 300
В т.ч. услуги Исполнителя	тыс. руб.	24 000	30 000	27 000
В т.ч. Зарплата собственного персонала	тыс. руб.	1 560	1 959	2 340
NPV с учетом инвестиций в ОС и оборотные средства	тыс. руб.	18 309	1 711	8 295
Срок запуска ОПЭ	Дата	01.01.2024	01.04.24	15.02.24
Срок окупаемости ОС и оборотных средств	Период	4 кв. 2026 15,65	4 кв. 2027 19,57	2 кв. 2027 17,97

Сравнительная диаграмма NPV представлена на рис. 4.

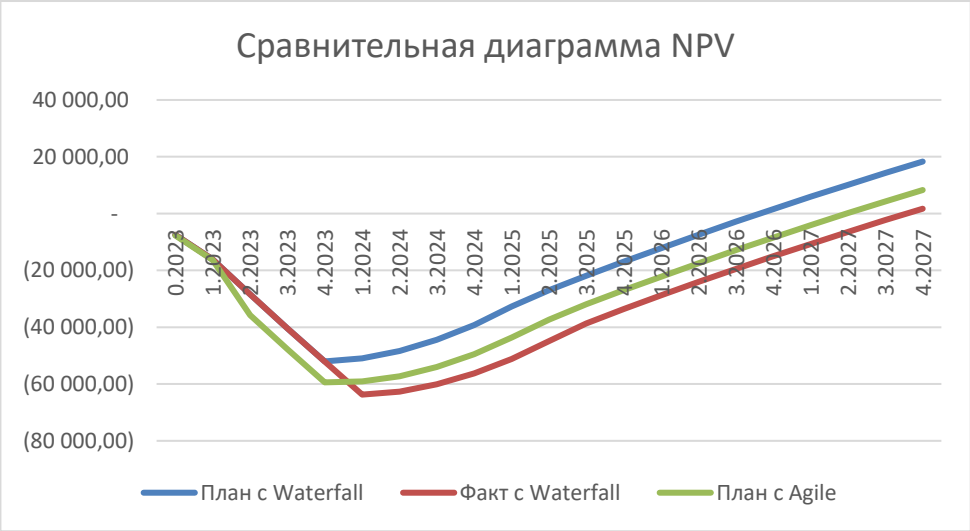


Рис. 4. Сравнительная диаграмма NPV

Использование Agile методологии позволит:

1. Сэкономить затраты на оплату труда Исполнителя за счет использования сотрудников ИТ-отдела Заказчика.

2. Ускорить запуск 1С: ERP в ОПЭ на 1.5 месяца за счет совместной работы сотрудников Исполнителя и Заказчика.

3. Окупить проект на 4.5 месяца ранее фактического срока.

Исходная гипотеза о возможности применения методологии Agile в проектах цифровой трансформации подтвердилась. Рациональным является ее применение на этапе технического проектирования и разработки.

Список используемых источников

1. Атаян А. М. Современные инструменты и практики управления данными в цифровой экономике / Атаян А. М., Васильев М. П. // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2021): Всероссийская научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов конференции, Санкт-Петербург, 30 ноября – 02 декабря 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2022. С. 434-439. EDN FCTKEZ.

2. Волков Р. А., Макаров В. В. Инновационный проект «Внедрение 1С: ERP Управление предприятием»: XIII международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2024. Т. 1. С. 230–234.

Volkov R. **RESEARCH OF THE AGILE METHODOLOGY APPLYING POSSIBILITIES IN DIGITAL TRANSFORMATION PROJECTS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Currently, results of waterfall methodology using in digital transformation projects show the need to expand its capabilities through the use of agile methodology. The article compares the 1C: ERP implementation project using various methodologies, presents and analyzes the results of these implementations.

Key words: Agile, digital transformation, ERP, project, Waterfall.

УДК 339.137.2
ГРНТИ 06.56.21

КОНКУРЕНЦИЯ В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЩЕСТВЕ

Я. И. Гончарова, А. Д. Сотников
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья исследует современные тенденции и вызовы, с которыми сталкиваются компании в условиях цифровой экономики, как цифровое неравенство, угрозы кибербезопасности и необходимость соблюдения этических норм. В заключение обсуждаются различные уровни конкуренции – от макроэкономического до локального – и предлагаются рекомендации для компаний по адаптации к быстро меняющимся условиям рынка.

конкуренция, конкурентное преимущество, информационное общество

Конкуренция в информационном обществе представляет собой сложный и многогранный процесс, в котором информация и технологии становятся ключевыми факторами успеха для компаний. В условиях цифровизации и глобализации экономики, где данные и инновации играют решающую роль, предприятия сталкиваются с новыми вызовами и возможностями. Понимание динамики конкуренции в информационном обществе становится необходимым для эффективного управления и стратегического планирования.

Целью данного исследования является анализ факторов, определяющих конкурентоспособность компаний в условиях информационного общества, а также выявление новых форм конкуренции, возникающих под влиянием цифровых технологий. Исследование направлено на понимание того, как компании могут адаптироваться к изменениям на рынке и использовать информацию как стратегический ресурс для достижения конкурентных преимуществ.

Для достижения поставленной цели будут использованы следующие методы исследования:

– анализ литературы: изучение существующих научных трудов и публикаций по теме конкуренции в информационном обществе для выявления ключевых тенденций и теоретических основ;

– сравнительный анализ: сравнение различных подходов к конкуренции в разных отраслях и регионах для выявления лучших практик;

– SWOT-анализ: оценка сильных и слабых сторон компаний, а также возможностей и угроз, связанных с конкурентной средой в информационном обществе.

Исследование, выявило несколько ключевых результатов, касающихся факторов, влияющих на конкурентоспособность компаний, а также новых форм конкуренции, возникающих под влиянием цифровизации и информационных технологий [1].

1. Влияние информационных и коммуникационных технологий (ИКТ). Результаты показали, что развитие ИКТ играет решающую роль в повышении конкурентоспособности как на уровне отдельных компаний, так и на уровне стран. Компании, активно внедряющие современные технологии, такие как облачные вычисления, большие данные и искусственный интеллект, могут значительно улучшить свои бизнес-процессы и качество обслуживания клиентов. Это подтверждается тем, что страны с высоким уровнем цифровизации демонстрируют лучшие показатели экономического роста и инновационной активности.

2. Растущая роль информации как стратегического ресурса. В ходе исследования было установлено, что информация стала одним из самых востребованных ресурсов в современном бизнесе. Компании, обладающие доступом к качественным данным и способные эффективно их анализировать, получают значительное преимущество перед конкурентами [2]. Это также включает в себя использование информации для прогнозирования потребительского поведения и адаптации продуктов под запросы рынка.

3. Обострение проблемы кибербезопасности. Одним из основных вызовов для компаний в информационном обществе является угроза кибербезопасности. Растущее число кибератак и утечек данных требует от организаций инвестиций в защиту информации и разработки стратегий обеспечения безопасности своих систем. Это создает дополнительные затраты и риски, которые могут повлиять на конкурентоспособность

4. Увеличения цифрового неравенства. Исследование также выявило проблему цифрового неравенства между регионами и странами [3]. Различия в доступе к технологиям и информации могут создавать барьеры для развития менее развитых регионов. Это неравенство ограничивает возможности для бизнеса и снижает общий уровень конкурентоспособности на международной арене.

5. Инновации как ключевой фактор успеха. Инновации остаются важнейшим фактором конкурентоспособности в информационном обществе. Компании, которые активно инвестируют в научные исследования и разработки, имеют больше шансов на успех. Исследование показало, что наличие инновационного потенциала напрямую связано с эффективностью бизнеса и его способностью адаптироваться к изменениям на рынке

На основе полученных результатов исследования были разработаны рекомендации для компаний [4]:

– инвестиции в ИКТ: увеличение вложений в информационные технологии для повышения эффективности бизнес-процессов;

– улучшение кибербезопасности: разработка комплексных стратегий по защите данных и систем от киберугроз.

– адаптация к изменениям: гибкость в подходах к продуктам и услугам с учетом изменений потребительских предпочтений;

– стимулирование инноваций: поддержка исследовательских инициатив и внедрение новых технологий для повышения конкурентоспособности.

Список используемых источников

1. Антосик Л. В. Информация как ресурс и источник конкурентного преимущества. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsiya-kak-resurs-i-istochnik-konkurentnogo-preimuschestva (дата обращения 12.10.2024).
2. Концептуальные вопросы формирования цифровой экономической среды и повышения конкурентоспособности. URL: https://vaael.ru/ru/article/view?id=2070 (дата обращения 15.10.2024).
3. Цифровая пространственная конкуренция в глобальном контексте. URL: https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42144 (дата обращения 14.10.2024).
4. Информационное общество: современный этап развития новой экономики. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-obschestvo-sovremennyy-etap-razvitiya-novoy-ekonomiki (дата обращения 14.10.2024).

Goncharova Y., Sotnikov A. **COMPETITION IN THE INFORMATION SOCIETY.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article explores current trends and challenges faced by companies in the digital economy, such as digital inequality, threats to cybersecurity and the need to comply with ethical standards. In conclusion, various levels of competition are discussed – from macroeconomic to local – and recommendations are offered for companies to adapt to rapidly changing market conditions.

Key words: competition, competitive advantage, information society.

УДК 658.5
ГРНТИ 28.17.31

ВНЕДРЕНИЕ SAP TM КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ

Ф. В. Довгалев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На фоне ускоряющейся цифровой трансформации логистических процессов, внедрение современных ERP-систем становится важным элементом повышения эффективности компании. SAP S/4HANA – одно из таких решений, которое направлено на оптимизацию процессов, улучшение управления и повышение прозрачности логистической деятельности. В статье рассматривается опыт внедрения SAP S/4HANA в логистическую деятельность компании, приводятся основные этапы, риски и результаты, достигнутые в процессе интеграции.

SAP S/4HANA, ERP, SAP TM, проект, цифровая трансформация

С развитием технологий и увеличением конкуренции на рынке многие компании вынуждены пересматривать свои подходы к управлению логистикой. Внедрение комплексных систем управления, таких как SAP S/4HANA, позволяет повысить прозрачность цепочек поставок, оптимизировать складские операции и улучшить взаимодействие между подразделениями. SAP S/4HANA предлагает возможности интеграции процессов и аналитики в режиме реального времени, что делает ее привлекательным решением для многих предприятий [1].

Целью данной статьи является [2] анализ возможностей SAP S/4HANA для оптимизации логистических операций компании, а также оценка ее влияния на ключевые показатели эффективности. Основные задачи исследования включают:

1. Анализ этапов внедрения SAP S/4HANA в логистику.
2. Оценка влияния на скорость и точность обработки логистических операций.
3. Определение основных рисков и проблем, возникающих при внедрении системы.

Внедрение SAP S/4HANA осуществляется в несколько этапов [3], каждый из которых имеет свои особенности и риски.

1. Подготовительный этап – на этом этапе проводится детальное обследование текущих бизнес-процессов и анализируются потребности компании. Разрабатывается концептуальная модель, отражающая желаемое состояние логистических операций после внедрения системы.

2. Техническое проектирование и настройка системы – на данном этапе создается технический план внедрения, определяются конфигурации для специфических

логистических процессов, таких как управление запасами, транспортировка и управление складами.

3. Перенос данных – для обеспечения полнофункциональной работы системы проводится миграция данных из старых систем. Этот процесс требует тщательной проверки и тестирования данных для предотвращения ошибок и несовместимостей.

4. Обучение пользователей – важным этапом является подготовка персонала, который будет непосредственно работать с SAP S/4HANA. Недостаточное внимание к обучению может привести к снижению эффективности внедрения.

5. Тестирование и ввод в эксплуатацию – после завершения настройки и обучения начинается этап тестирования системы в реальных условиях. Исправляются выявленные ошибки и осуществляется оптимизация для лучшего соответствия специфике компании.

В результате внедрения SAP S/4HANA в компании были достигнуты следующие улучшения [4]:

1. Снижение времени обработки заказов – за счет автоматизации ключевых операций уменьшилось время, затрачиваемое на оформление и обработку заказов.

2. Увеличение прозрачности логистических процессов – с помощью встроенной аналитики стало возможно отслеживать все этапы перемещения товаров в режиме реального времени, что способствует улучшению контроля.

3. Оптимизация складских операций – система позволяет более точно управлять запасами и предотвращать их избыточное накопление или дефицит.

4. Повышение удовлетворенности клиентов – ускорение логистических процессов и улучшение качества обслуживания позволили компании повысить уровень удовлетворенности клиентов.

В ходе внедрения системы SAP S/4HANA возникли следующие риски:

1. Несоответствие функционала потребностям компании – на этапе подготовки и тестирования возникла необходимость внесения дополнительных настроек для более точного соответствия требованиям бизнеса.

2. Сложности с миграцией данных – перенос данных из устаревших систем потребовал значительных усилий по очистке и стандартизации данных.

3. Необходимость дополнительных доработок – в процессе работы выявились нюансы, требующие доработок в функционале системы, что потребовало дополнительных затрат времени и ресурсов.

Внедрение SAP S/4HANA оказалось эффективным решением для оптимизации логистических процессов компании. Система позволила повысить эффективность операций, улучшить взаимодействие между подразделениями и обеспечить прозрачность логистической цепочки. Однако успешное внедрение требует тщательного планирования, качественного управления данными и регулярного обучения сотрудников. В будущем возможно более широкое использование аналитических возмож-

ностей системы для повышения точности прогнозирования и планирования ресурсов.

Список используемых источников

1. Келлер Г., Майнхардт С. SAP S/4HANA для логистики: Введение / Келлер Г., Майнхардт С. М.: Диалектика, 2020. – 312 с.
2. Хаммер М., Чампи Д. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе / Хаммер М., Чампи Д. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. 352 с.
3. Джейкоб У., Бендоли Э. ERP и управление цепочками поставок / Джейкоб У., Бендоли Э. М.: Вильямс, 2017. 416 с.
4. Довгалев Ф. В. Внедрение SAP TM как способ повышения эффективности логистической деятельности компании, Региональная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Студенческая весна»: СПбГУТ, 2024.

Dovgalev F. **SAP TM IMPLEMENTATION AS A WAY TO IMPROVE LOGISTIC OPERATIONS OF THE COMPANY.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the context of accelerating digital transformation of logistics processes, the implementation of modern ERP systems has become a crucial element in enhancing a company's efficiency. SAP S/4HANA is one such solution aimed at optimizing processes, improving management, and increasing transparency in logistics operations. This article explores the experience of implementing SAP S/4HANA in a company's logistics activities, outlining the main stages, risks, and results achieved during the integration process.

Key words: SAP S/4HANA, ERP, SAP TM, project, digital transformation.

УДК 339.1
ГРНТИ 06.81.55

СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ МАРКЕТПЛЕЙСА «ROBO.MARKET»: КАК ВЫДЕЛИТЬСЯ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ

М. А. Егорова, Д. О. Мишкина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире торговля через маркетплейсы является достаточно эффективным и популярным рыночным процессом. Продвижение на маркетплейсах – достаточно сложный бизнес-процесс, при котором можно остаться без доходов и потратить большое количество денег любому предпринимателю. В связи с этим, имеет смысл определить основные проблемы, и обобщить тенденции развития, связанные с продвижением магазина на меркетплейсах.

продвижение, маркетплейсы, реклама, интернет-магазины, информационные данные.

Современный маркетплейс представляет собой эффективную бизнес-модель, которая создана для торговли товарами и услугами, что предполагает формирование рыночных отношений на одной интернет-площадке, где одинаковые товары или услуги могут продавать различные продавцы. В связи с этим, современная конкуренция ограничивает продажи на данных площадках и определяет существенную конкурентную среду для каждого из продавцов, что усложняет работу компаний на маркетплейсах.

Маркетплейсы активно адаптируются под текущие тенденции, развиваются и повышают товарооборот. Соответственно, маркетплейсы являются лидирующей бизнес-моделью в онлайн-торговле [1].

Развитие подобных интернет-технологий связано с развитием цифровизации, ускорившейся на фоне пандемии. Влиянию подверглись не только традиционные форматы торговли, которые начали работать в онлайн-формате, но и существенно увеличился спрос на продукцию из маркетплейсов [2, с. 90].

Для того, чтобы эффективно работать на маркетплейсе, продавцу следует выбрать нишу, затем изучить торговую площадку и выбрать самую оптимальную для себя, наладить взаимодействие с площадкой, заполнить карточку товара, настроить продвижение товара и контролировать результаты работы [3, с. 117].

У любой электронной торговой площадки есть свои преимущества и недостатки, например, низкая или высокая комиссия, обеспечение собственными складами, курьерская доставка или программа лояльности. Соответственно, продавец выбирает наиболее приемлемые для себя условия и выбирает ту площадку, которая наиболее подходит для реализации продаж и взаимодействия с клиентами.

К наиболее популярным маркетплейсам в России следует отнести «Wildberries», «Ozon», «Яндекс Маркет», «Купер» (бывший СберМегаМаркет), «Lamoda», «Avito» и т.д. При этом, существует множество других маркетплейсов, которые имеют как общий, так и специализированный характер. Один из таких маркетплейсов – «Robo.Market», который специализируется продажей различной техники и информационных продуктов.

На базе данного маркетплейса следует провести анализ в рамках продвижения продавца, после чего выделить основные проблемы изучаемого процесса, а также выделить необходимые тенденции развития.

Определим основные характеристики маркетплейса «Robo.Market», представлены на рис. 1.

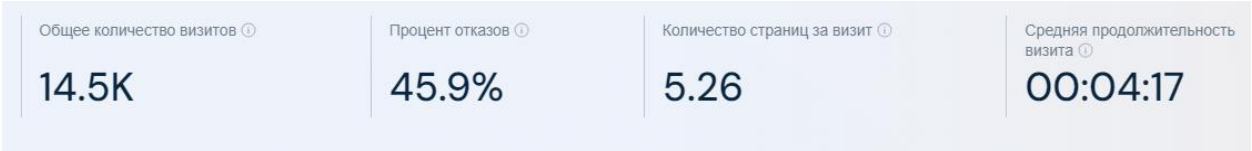


Рис. 1. Ключевые характеристики веб-сайта «Robo.Market» [4]

Довольно больше количество визитов за сентябрь 2024 г. в размере более 14,5 тысяч визитов нивелируется высоким средним процентом отказов (45,9 %), то есть, 45,9 % посетителей маркетплейса не переходят в основные категории реализуемых товаров. Также более 50 % посетителей маркетплейса просматривают в среднем 5,26 страниц веб-сайта, что также является довольно слабым показателем, а среднее время, проведенное на веб-сайте, составляет 4 минуты 17 секунд. Соответственно, продавцу нужно учитывать данную статистику и стараться сделать так, чтобы успеть за это время, учитывая все риски, продать свой товар, и наладить сервис и сбытовую политику так, чтобы товар или услуга была качественная, что снизит риск отказов в дальнейшем.

Следует учесть, что «Robo.Market» работает исключительно по схеме предварительной оплаты. Другими способами оплатить товар можно только онлайн при оформлении заказа, что негативно отражается в конверсии.

Тем самым, можно выделить следующие преимущества данного маркетплейса:

– полное отсутствие комиссионных сборов;

– простое и быстрое подключение к площадке.

При этом, у него есть свои недостатки:

– компания работает только с юридическими лицами;

– доставка организуется продавцом;

– товар хранится на складах продавца.

При этом, у маркетплейса нет своего мобильного приложения, с учетом того, что основная часть заказов делается с мобильной версии [4].

На стадии развития продвижения, у владельца бизнеса также могут возникнуть проблемы с привлечением клиентов. Для того, чтобы избежать проблем на данном этапе, следует запустить акцию на собственном сайте и в социальных сетях, где за каждую оценку и оставленный отзыв в приложении, или же на сайт организации, пользователь будет получать скидку на товары или услуги, присутствующие на маркетплейсе, либо получать определенное количество бонусов, необходимых для ведения бизнеса или покупки товаров или услуг на электронной площадке. Это поможет стимулировать клиентов к скачиванию приложения, оставлению отзывов и проставлению оценок.

Таким образом, чтобы мобильная версия маркетплейса была выгодной – будет недостаточно только его создания. Впоследствии необходимо весть мониторинг и увеличивать видимость приложения и сайта в интернет-пространстве, чтобы привлекать новых пользователей, следить за рейтингом и развивать количество индексируемых слов.

Тем самым, разработка качественного мобильного приложения необходима в рамках создания интуитивно понятных пользовательских интерфейсов, оптимизацию конверсии, обеспечение высокой производительности и скорости работы, а также широкую функциональность. Данные аспекты напрямую влияют на удовлетворенность пользователей и, как следствие, на ключевые показатели эффективности бизнеса. При этом, приложение должно быть адаптировано и для продавцов, со всей необходимой статистикой, связанной с интернет-продажами, что сделает работу с данным сервисов необходимой и даст продавцам уверенность, что их бизнес будет развиваться.

Также в целях дальнейшего развития продаж, чтобы маркетплейс выделялся среди конкурентов, а также собрал вокруг себя лояльную аудиторию, потребуются следующие инструменты продвижения данной площадки. Инструменты, их задача и вызываемый эффект указан в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Эффект и задачи инструментов продвижения «Robo.Market» [4]

Инструмент	Задача	Эффект
Трафареты	Увеличить охват	Быстрый
Продвижение в поиске	Увеличить охват	Быстрый
Акции	Увеличить охват	Долгосрочный
Отзывы за баллы	Поднять конверсию	Долгосрочный
Заявки на скидку	Поднять конверсию	Быстрый
Бонусы продавца	Повысить лояльность	Долгосрочный

Таким образом, следует сделать вывод о том, что эффективные инструменты продвижения становятся неотъемлемой частью успешной деятельности компании, и реализуя все вышеперечисленные направления в совокупности, можно эффективно продвигать маркетплейс, увеличивая лояльность покупателей и продавцов к площадке, а также максимально развивая собственную прибыль.

Список используемых источников

1. Зинина О. В., Оленцова Ю. А. Разработка алгоритма работы с маркетплейсами // Социально-экономический и гуманитарный журнал, 2024. № 2. С. 49–50.
2. Лаврикова Н. И. Приоритеты перспективного развития и управления инновационной инфраструктурой на фоне пандемии COVID-19 // Управленческий учет, 2022. № 1-1. С. 90.
3. Александрова Е. Н., Безносов А. А. Маркетинг как основа эффективной деятельности современных маркетплейсов // II Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2022. № 6-3 (69). С. 115–118.
4. Robo.Market. URL: https://robo.market/ (дата обращения 14.11.2024).

Egorova M., Mishkina D. **PROMOTION STRATEGIES FOR THE «ROBO.MARKET» MARKETPLACE: HOW TO STAND OUT IN A COMPETITIVE FRAMEWORK.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, trading through marketplaces is quite an effective and popular market process. Promotion on marketplaces is quite a complex business process, in which any entrepreneur can be left without income and spend a lot of money. In this regard, it makes sense to identify the main problems and summarize the development trends associated with promoting a store on marketplaces.

Key words: Promotion, marketplaces, advertising, online stores, information data.

УДК 338.001.36
ГРНТИ 20.01.37

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРНОГО ПОДХОДА

Г. А. Иванов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Соотношение цена/качество товара, унификация международных и национальных стандартов и их прогресс – взаимосвязанные тематические проблемы, не теряющие актуальности во всем мире на протяжении десятков лет.

перспективный эталон сравнения, архитектура предприятия, основной процесс, нормативно-техническая документация

В сложившихся мировых экономических условиях от применения процессного подхода, в построении структуры предприятия, зависит не только объем издержек, но и эффективность функционирования и развития компании. При этом немаловажную роль играют качественные и количественные параметры процессов. Человеческий фактор влечет за собой появление новых методов изучения проблемы снижения либо стагнации как качественных, так и количественных параметров процессов, интерес к прогрессии, которых обусловлен развитием рыночных отношений.

«Инновации играют ключевую роль в стимулировании развития и повышении конкурентоспособности компаний в бизнесе» [1]. Инновационные теоретические разработки, эффективность которых со временем доказана практикой; все больше используются предприятиями, стремящимися совместить в организации производства принципы структурного, функционального и процессного подходов. На этапе внедрения принципов появляются некоторые проблемы, избежать которые в состоянии не каждое предприятие, пытающееся использовать процессный подход. Анализ неудачного опыта решения проблем внедрения процессного подхода, констатирует общепризнанный факт – значимым успешным условием применения передовых подходов хозяйствующим субъектом является использование процессного подхода во всех подразделениях организации предприятия. Чему должно способствовать использование архитектурного подхода, при построении структуры бизнес-модели.

«Интенсификация темпов роста промышленности и рынков сбыта порождает потребность в поиске новых форм и концепций, способных заменить устаревающие тренды и открывать новые возможности для творчества и идей» [2]. Одной из таких идей является идея применения различных методик, используемых перспективным

эталоном организационной структуры бизнес-модели, как шаблонных. Научная новизна применения архитектурного подхода в совершенствовании бизнес-модели производства предприятия до перспективного эталона сравнения, с практической точки зрения, заключается в следующем:

– эталон базисного уровня не допускает двух вариантов интерпретаций каркаса структуры организации производства, в которой архитектура информационных технологий выступают в качестве дизайна организации;

– справочный характер архитектуры несущей конструкции деловой модели применим как в плановой, так и директивной экономике;

– отсутствуют несогласованность и разрывы логики на разных уровнях зрелости управленческих процессов, что увеличивает потенциальный выигрыш всех участников основного процесса бизнес-модели и не позволяет выгодности от получения ренты причинять ущерб разделению труда;

– архитектура структуры эталона помогает избежать бесконечности модернизации, так называемой модернизации ради модернизации, превращающей прогресс из инструмента достижения гармонии отношений между людьми, - в самоцель.

Одним из способов получение конкурентных преимуществ товара является повышение его качества. Для фиксации норм качества, их регламентации и нормативной оценки – необходимы стандарты качества, коих существует разнообразное множество. Верхний уровень таких стандартов – международные стандарты. «Одной из проблем нескольких последних десятков лет является проблема нерешенной унификации, как приведение к общей системе и форме, международных и национальных стандартов качества. Второй проблемой является прогресс норм качества в соответствие с научно-техническим развитием человечества» [3]. В мире существует система единообразия оценки знания и даже если она дает сбой, причисляя новейшее знание не являющиеся научным к научному, сбой достаточно быстро выявляется невозможностью применения подобного знания на практике. То есть, ненаучное знание никогда не перерастет в практически полезные навыки людей, в виду действия по большей части законов физики. Так как, в основном, национальные стандарты не унифицированы с международными, по различным причинам, то и проецировать передовые, практически подтвержденные достижения мировой науки на производства большинства стран через международные нормы, зачастую, не предоставляется возможным. Исследования применения алгоритмической геометрии для предоставления подобных возможностей показывает следующее: «Современная алгоритмическая геометрия, как раздел теоретической информатики, в основном изучает эффективные алгоритмы для решения геометрических задач с крупномасштабными вопросами» [4]. Тем не менее, практически применимые алгоритмы описания геометрических форм могут применяться в масштабах предприятия на основе работающей системы стандартизации.

«Повсеместное применение и внедрение электронных вычислительных устройств качественно изменили характер производства товаров, услуг, оказали влияние на традиционную бытовую жизнь человека и природу его социальных отношений. Изменение качества жизни не оставляет сомнений в том, что дальнейшее совершенствование таких технологий является непременным условием успешного техногенного и информационного развития человечества» [5]. Программное обеспечение вычислительной техники быстро устаревает – расширяется инструментарий, повышаются функциональные возможности, прогрессирует интерфейс; но основные задачи, для того либо иного программного обеспечения – остаются неизменными. Одной из таких задач является возможность расчета различных показателей характеристик внутриорганизационных процессов предприятий, специальными программами. Определенные показатели являются информационной базой технико-экономического обоснования и унификации градации стоимости товаров.

Градация стоимости, благодаря ценообразованию в зависимости от нормативных рамок оценки качества, дает возможность оптимизации того либо иного производства через коррекцию качественных характеристик внутриорганизационных процессов. «Из-за разнообразия проектов по разработке программного обеспечения и организационных культур, единого, шаблонного подхода к работе с требованиями, который удовлетворит всех, не существует. Несмотря на это, в управлении требованиями применяются два основных подхода: проектный и продуктовый» [6]. При определении понятий проекта и продукта выявлено следующее:

– под проектом понимается временный процесс для создания уникального продукта имеющей заданный смысл. То есть, проектный подход не вполне способствует условиям стандартизации и унификации;

– под продуктом понимается нечто, что создается для удовлетворения потребностей и желаний целевой аудитории. В контексте доклада основным отличием товара от продукта, является то, что последнему не присвоена цена продажи.

Цены подвержены изменениям и прикладное значение имеет не итоговая сумма затрат, а методика ее расчета. Как правило, вычисления в подобных расчетах не сложны, но объемны. Что способствует переносу методик в программный вид. В этом случае интерфейс программного обеспечения позволяет вводить текущие на актуальный момент цены затрат производства продукта и прочие параметры (в том числе с применением алгоритмической геометрии), на выходе получая итоговую сумму затрат.

«Важным аспектом при определении качества работы программного обеспечения является удобство его использования» [7]. По итогу, ключевой стоимостью воплощения идеи перспективного эталона сравнения будет является присущее этой идеи качество работы программного обеспечения. В случае соответствия качества программного обеспечения потребностям той либо иной бизнес-модели, утвержде-

ние в усовершенствовании предприятия на основе архитектурного подхода будет верно.

Список используемых источников

1. Кузнецова Е. А., Кузьмин М. С. Стратегическая ориентация компаний на инновационные бизнес-модели // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики: материалы Всерос. науч.-технич. и науч.-методич. конф. магистрантов и их руководителей, Санкт-Петербург, 30 нояб.-2 дек. 2021 г. СПб.: СПбГУТ, 2021. С. 812–822.
2. Волошинов Д. В., Щур С. Ю. Роль логического программирования в генеративном проектировании // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики: материалы Всерос. науч.-технич. и науч.-методич. конф. магистрантов и их руководителей, Санкт-Петербург, 05-07 дек. 2023 г. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 405–408.
3. Иванов Г. А. Совершенствование бизнес-модели предприятия на основе архитектурного подхода: отчет о НИР 3. СПб.: СПбГУТ, 2024. 47 с.
4. Люй Инчжэн. Область применения и тенденции развития геометрических алгоритмов // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики: материалы Всерос. науч.-технич. и науч.-методич. конф. магистрантов и их руководителей, Санкт-Петербург, 06-08 дек. 2022 г. СПб.: СПбГУТ, 2022. С. 1150-1154.
5. Волошинов Д. В. Формализация, инвариантная неопределенность и научное творчество// Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики: материалы Всерос. науч.-технич. и науч.-методич. конф. магистрантов и их руководителей, Санкт-Петербург, 05-07 дек. 2023 г. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 21–25.
6. Гудков Д. П. Анализ проектного и продуктового подходов в управлении требованиями к программному обеспечению // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики: материалы Всерос. науч.-технич. и науч.-методич. конф. магистрантов и их руководителей, Санкт-Петербург, 05-07 дек. 2023 г. СПб.: СПбГУТ, 2023. С. 442–446.
7. Платонова М. Н. Методы тестирования пользовательского интерфейса программного продукта // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики: материалы Всерос. науч.-технич. и науч.-методич. конф. магистрантов и их руководителей, Санкт-Петербург, 01-03 дек. 2020 г. СПб.: СПбГУТ, 2020. С. 654–658.

Ivanov G. **IMPROVING THE BUSINESS MODEL OF AN ENTERPRISE BASED ON AN ARCHITECTURAL APPROACH.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The price/quality ratio of goods, the unification of international and national standards and their progress are interrelated thematic issues that have not lost their relevance around the world for decades.

Key words: a promising benchmark for comparison, enterprise architecture, main process, regulatory and technical documentation.

УДК 658.5
ГРНТИ 28.17.31

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ СТРОЙПРОЕКТСЕРВИС НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ JANTI

Е. Е. Казмирчук
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В эпоху технологических инноваций и стремительного развития инфраструктуры, эффективность логистических процессов играет ключевую роль в обеспечении успешной работы компаний, занимающихся строительством и реконструкцией магистральных газопроводов. В этом контексте, исследование трансформации бизнес-процессов компании «СтройПроектСервис», выступающей в качестве комплексного логистического сервиса и сопутствующих услуг, при внедрении многофункциональной автоматизированной системы Janti, представляется особенно актуальным.

Janti, логистика, трансформация бизнес-процессов, автоматизация

Цифровая трансформация открывает новые возможности для инноваций, улучшения эффективности и усиления взаимодействия с клиентами. Однако она требует комплексного подхода, включая технологические, культурные и организационные изменения. Успешная цифровая трансформация зависит от стратегического видения, готовности к инвестициям и способности организации к быстрой адаптации к новым цифровым реалиям.

Эффективность этих методик зависит от множества факторов, включая тип и размер организации, ее корпоративную культуру, текущее состояние процессов и конкретные цели трансформации. Необходим комплексный подход к выбору методик, учитывающий уникальные требования и условия каждой конкретной организации [1], их перечень приведен в таблице 1.

Для успешной трансформации бизнес-процессов также важно учитывать изменяющуюся экономическую и технологическую среду. Эффективные методики должны быть способными адаптироваться к новым вызовам и возможностям, которые появляются на рынке. Помимо этого, важно создать систему мониторинга и оценки результатов трансформации, чтобы можно было регулярно анализировать и корректировать выбранные методы в соответствии с изменяющимися условиями. Исключительно гибкий и инновационный подход к методам трансформации бизнес-процессов позволит организации оставаться конкурентоспособными и успешно адаптироваться к изменяющимся рыночным реалиям [2].

ТАБЛИЦА 1. Перечень основных методов трансформации бизнес-процессов

Методика	Основной акцент	Сфера применения
Реинжиниринг бизнес-процессов (BPR)	Полное переосмысление и перепроектирование ключевых бизнес-процессов, направленных на достижение существенных улучшений	Компании, ищущие радикальные изменения для улучшения конкурентоспособности
Шесть сигм (Six Sigma)	Улучшение качества путем устранения дефектов в процессах через статистический анализ	Организации с акцентом на качество и процессные операции, такие как: Производство, финансы, операционные сферы
Кайзен (Kaizen)	Постоянное и непрерывное улучшение всех аспектов организации; акцент на малых изменениях	Организации всех типов, ищущие постоянное улучшение без риска и больших сбоев
Бережливое производство (Lean)	Минимизация отходов и оптимизация процессов для повышения эффективности	Производственные предприятия и организации, которые стремятся избавиться от излишних затрат в своих бизнес-процессах
Цифровая трансформация	Интеграция цифровых технологий в бизнес-процессы.	Организации, стремящиеся к инновациям и повышению компетентности в цифровых технологиях

В условиях быстрого развития цифровой экономики, российская индустрия вступает в эпоху значительных изменений, ускоренных внедрением новейших цифровых решений. Экономика России демонстрирует тенденции, сравнимые с мировыми стандартами, что способствует увеличению товарооборота, расширению экспортного потенциала и росту доходов национальных предприятий, а также укреплению позиций на глобальном рынке.

С появлением Web 2.0, Интернета вещей и Индустрии 4.0, логистика переживает эволюцию, внедряя гибкие подходы на всех уровнях. Логистика 4.0 отражает технологические инновации 21 века, включая новые способы обмена данными и разработку уникальных бизнес-моделей. Это не только облегчает управление данными, но и способствует более точному прогнозированию потребностей и сокращению времени на доставку

Ключевая задача логистики 4.0 – создание прозрачной и взаимосвязанной экосистемы, где данные свободно циркулируют между людьми, машинами и устройствами, способствуя эффективности и контролю в цепочке поставок [3].

Согласно исследованию, проведенному Deloitte, в традиционной цепи поставок информация передается последовательно по шагам. В цифровых сетях поставок все звенья цепи взаимосвязаны и участвуют в движении продукции от производителя к конечному потребителю. Это приводит к трансформации линейной цепи поставок в

сеть, что увеличивает количество возможных маршрутов, что представлено на рис. 1.

Сетевой подход в управлении цепями поставок основывается на участии множества контрагентов, которые вносят свой вклад в создание и функционирование цепи поставок [4]. Участники, занимающиеся снабжением, транспортировкой, хранением и др., добавляют стоимость конечному продукту.

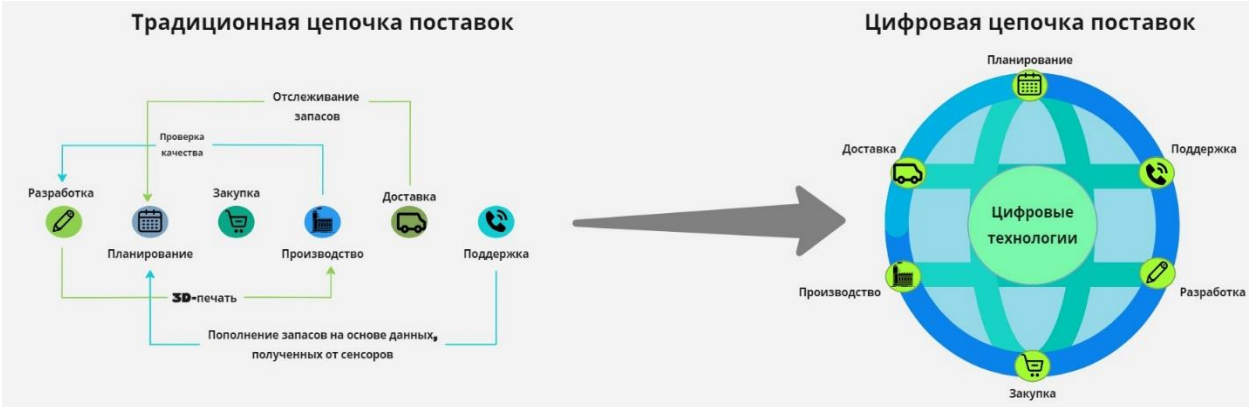


Рис. 1. Переход от традиционной цепи поставок к цифровым сетям поставок

Одним из главных отличий современного подхода к управлению цепями поставок от традиционного является способность компании быстро реагировать на изменяющиеся условия. Современный подход позволяет компаниям опережать события и предвидеть угрозы, что может стать их конкурентным преимуществом [5].

Активное внедрение сетевого подхода способствует трансформации устаревших процессов в логистике и повышает ее эффективность. В современных экономических условиях компании должны стремиться создать гибкие, прозрачные, устойчивые и надежные цепи поставок [6].

ООО "СтройПроектСервис", как один из лидеров логистического обеспечения строительства магистральных трубопроводов, столкнулось с необходимостью модернизации своих бизнес-процессов. Внедрение многофункциональной автоматизированной системы Janti позволило бы компании улучшить управление цепочками поставок, повысить эффективность операций и сократить издержки.

На начальном этапе компания "СтройПроектСервис" использовала линейную бизнес-модель, основанную на традиционных подходах к управлению логистикой. Основные задачи включали закупку материалов, их транспортировку, складирование и доставку на строительные объекты. Однако в условиях возрастающей конкуренции и необходимости повышения прозрачности операций, традиционные методы стали ограничивать рост компании.

Анализ текущих бизнес-процессов выявил ряд проблем:

1. Ограниченная автоматизация учета складских операций.
2. Отсутствие единой платформы для интеграции данных между отделами.
3. Сложности в прогнозировании спроса и управлении запасами.

Эти ограничения замедляли процесс принятия решений и снижали эффективность логистических операций.

Janti – это современная автоматизированная платформа, разработанная для комплексного управления логистическими процессами. Она объединяет управление складом (WMS), транспортными потоками (TMS) и аналитическими инструментами для прогнозирования спроса.

Внедрение системы Janti позволило компании достигнуть значительных результатов:

1. Автоматизация рутинных процессов. Janti автоматизирует процессы учета и управления запасами, что позволяет минимизировать ошибки и ускорить выполнение операций. До внедрения Janti инвентаризация складов занимала около двух дней, так как использовались ручные методы учета. После внедрения системы время инвентаризации сократилось до 4 часов благодаря использованию RFID-меток и автоматизированного учета.

2. Повышение прозрачности и управляемости цепочки поставок. Система Janti предоставляет возможность отслеживать грузы и их состояние в реальном времени, обеспечивая прозрачность на каждом этапе. При доставке крупногабаритных труб для магистрального газопровода система позволила в режиме реального времени отслеживать местоположение грузовиков, что исключило риск задержек и позволило заказчику планировать дальнейшие работы.

3. Оптимизация транспортных маршрутов. Использование интеллектуальных алгоритмов маршрутизации сократило время и затраты на транспортировку. В проекте по доставке оборудования для строительства газопровода Janti помогла оптимизировать маршруты доставки. Это позволило сократить расходы на топливо на 20 % и снизить общие транспортные издержки на 12 млн рублей.

4. Улучшение управления запасами. Система обеспечивает точное прогнозирование потребностей в материалах, предотвращая избыточные закупки или нехватку ресурсов. Благодаря модулю аналитики в Janti компания смогла сократить избыточные складские запасы на 25 %, что высвободило ресурсы для других проектов и снизило расходы на хранение.

5. Повышение клиентской лояльности. Janti обеспечивает своевременную доставку материалов и высокую надежность логистических процессов, что повышает удовлетворенность клиентов. Один из ключевых клиентов отметил, что благодаря внедрению системы Janti уровень надежности поставок достиг 98 %, что улучшило планирование строительных работ и повысило доверие к компании.

Таким образом, трансформация бизнес-процессов на основе внедрения многофункциональной системы Janti стала для "СтройПроектСервис" важным этапом на пути к цифровой модернизации. Этот пример демонстрирует, как интеграция цифровых технологий может не только оптимизировать операции, но и создать дол-

госрочные конкурентные преимущества. Успешное внедрение Janti позволило компании повысить свою эффективность, адаптивность и готовность к будущим вызовам в динамично меняющемся мире логистики.

Список используемых источников

1. Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе. Пер. с англ. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1997. 332 с.
2. Детмер У., Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию / Пер. с англ. 2-е изд. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 444 с.
3. Трифонов П. В., Серышев Р. В. Трансформация управления цепями поставок в условиях четвертой промышленной революции // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 3. 36 с.
4. Агафонова А. Н., Цифровая трансформация логистики и управление цепями поставок. URL: https://www.researchgate.net/publication/340374803 (дата обращения 16.10.2024)
5. Портер М. Е, Конкурентное преимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость; Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 715 с.
6. Ферулев Ю. В., Крюкова А. А. Цифровизация как главный тренд современной логистики // Актуальные вопросы современной экономики. 554–560 с.

Kazmirchuk E. **TRANSFORMATION OF BUSINESS PROCESSES OF THE LOGISTICS COMPANY BUILDPROJECTSERVCE BASED ON THE IMPLEMENTATION OF THE MULTIFUNCTIONAL AUTOMATED SYSTEM JANTI.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article explores the transformation of business processes in the logistics company "BuildProjectServce " in the context of digitalization. It examines key stages of implementing the multifunctional automated system Janti and its impact on the company's core operations. The study provides examples of automating logistics processes, optimizing transportation routes, managing inventories, and analyzing data. The paper highlights that Janti enhances operational transparency, reduces costs, and improves client interaction. It concludes that the implementation of Janti strengthens the company’s competitive position and lays the foundation for its long-term development.

Key words: Janti, logistics, business process transformation, automation.

УДК 004.9:330.1
ГРНТИ 06.41.00

ВЛИЯНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ НА РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ОБЩЕСТВА СОЦИАЛЬНОГО ИЗОБИЛИЯ

Н. В. Кваша, А. В. Лизоркин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Исследуется влияние Интернета вещей (IoT) и самоорганизующихся сетей на развитие теории общества социального изобилия. Рассматриваются ключевые аспекты, такие как оптимизация управления ресурсами, улучшение доступа к благам и услугам, а также снижение социальных неравенств. Подчеркивается, как эти технологии трансформируют экономические и социальные процессы, способствуя созданию устойчивых систем, которые обеспечивают равный доступ к ресурсам и высокое качество жизни для всех членов общества.

Интернет вещей (IoT), самоорганизующиеся сети, общество социального изобилия, устойчивое развитие, экономика совместного потребления

Теория социального изобилия обычно связана с идеей создания общества, в котором обеспечивается высокий уровень материального и социального благосостояния для всех его членов. Эта концепция исходит из того, что существует, достаточное количество ресурсов и технологий для удовлетворения основных потребностей всех людей, а также имеет все возможности для обеспечения их разнообразных культурных, образовательных и социальных запросов.

Понятие «общество социального изобилия» охватывает различные аспекты жизни и общественной организации. Характеристики общества социального изобилия могут варьироваться в зависимости от контекста и точки зрения, но включают в себя следующие общие признаки:

– жители общества социального изобилия обычно имеют доступ к высокому уровню материального благосостояния. Это включает в себя удовлетворение основных потребностей, таких как пища, жилье, здравоохранение и образование;

– общество социального изобилия обычно характеризуется высоким уровнем образования и доступом к качественным образовательным ресурсам. Это способствует развитию человеческого капитала и инновационному потенциалу общества;

– присутствие развитой системы социальной защиты обеспечивает гражданам поддержку в случае болезни, безработицы и других жизненных трудностей. Это способствует созданию безопасного социального окружения;

– общество социального изобилия обычно стремится к уменьшению социальных неравенств и обеспечивает равные возможности для всех граждан. Это включает в себя справедливое распределение ресурсов и доступ к возможностям;

– общество социального изобилия активно инвестирует в исследования и разработки, поддерживает инновации и стремится к технологическому прогрессу для улучшения качества жизни и повышения эффективности производства;

– общество социального изобилия обращает внимание на устойчивость природы и стремится к минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Это включает в себя ответственное использование природных ресурсов и реализацию экологически чистых технологий;

– граждане общества социального изобилия имеют возможность участвовать в культурных мероприятиях, получать доступ к искусству, развлечениям и образовательным программам;

– общество социального изобилия может активно участвовать в глобальном сотрудничестве, решая глобальные проблемы, такие как изменение климата, бедность и эпидемии.

Указанные признаки служат ориентиром, и каждая страна или общество может проявлять их в различной степени. Кроме того, оценка степени изобилия в обществе подразумевает учет не только материальных аспектов, но и социокультурных и экологических.

Теория социального изобилия поддерживает идею, что в условиях технологического прогресса и развития общества можно создать равные возможности для всех граждан. Ресурсы, такие как образование, здравоохранение, доступ к информации, должны быть равномерно распределены. Основная идея заключается в том, что общество должно быть способно обеспечивать все основные потребности своих граждан, такие как пища, жилье, здоровье и образование [1]. Технологии и ресурсы должны быть направлены на удовлетворение этих базовых потребностей. Теория социального изобилия также стремится к уменьшению социального неравенства и борьбе с бедностью. Это может быть достигнуто через различные социальные политики, такие как система социального обеспечения, образовательные программы, поддержка занятости и т. д. [2]. Теория социального изобилия может также включать в себя стремление к устойчивому использованию ресурсов и внимательному отношению к окружающей среде. Это связано в первую очередь с пониманием того, что создание изобилия в человеческом обществе не должно приводить к разрушению окружающей среды и это должно обеспечивать устойчивое движение общества в будущее. Теория социального изобилия может служить основой для обсуждения социальных и экономических политик, направленных на улучшение качества жизни и обеспечение благосостояния всех членов общества. Она акцентирует внимание на

справедливом распределении ресурсов и создании условий для развития каждого индивида.

Интернет вещей (IoT) и самоорганизующиеся сети оказывают значительное влияние на развитие теории общества социального изобилия, поскольку они трансформируют ключевые процессы управления ресурсами, их распределение и использование. Рассмотрим, как эти технологии способствуют формированию основных положений теории общества социального изобилия.

Интернет вещей позволяет создавать экосистемы, где все устройства и системы связаны друг с другом и могут взаимодействовать без участия человека. Сенсоры, подключенные к IoT, собирают и обрабатывают данные о реальном времени, что позволяет оптимизировать использование ресурсов, таких как вода, энергия и сырье. Благодаря таким системам потребление ресурсов становится максимально эффективным, что уменьшает их дефицит и способствует их доступности для всех.

Например, умные сети управления энергией (smart grids) позволяют производить энергию более эффективно, распределять ее в зависимости от потребности, минимизировать потери и даже перераспределять излишки между пользователями. В рамках теории общества социального изобилия это способствует снижению стоимости энергии и ее доступности, что важно для построения общества, где ключевые ресурсы практически неограниченны [3].

Самоорганизующиеся сети (например, децентрализованные сети блокчейна или peer-to-peer сети) создают условия для автономного управления ресурсами и данными без необходимости централизованного контроля [4]. В таких сетях участники могут самостоятельно координировать свои действия, используя алгоритмы распределения и принятия решений. Это устраняет необходимость в традиционных структурах, таких как крупные корпорации или государственные институты, которые могут монополизировать доступ к ресурсам. В обществе изобилия самоорганизующиеся сети могут способствовать созданию распределенных систем, где ресурсы и информация свободно циркулируют среди пользователей, обеспечивая равный доступ для всех участников и уменьшая неравенство.

IoT и самоорганизующиеся сети стимулируют развитие экономики совместного потребления. Благодаря тому, что устройства в IoT могут отслеживать, контролировать и распределять ресурсы между пользователями, становится возможным более эффективное коллективное использование имущества – например, автомобилей, жилья, инструментов и даже цифровых ресурсов. В теории общества социального изобилия – это важный аспект, поскольку позволяет минимизировать необходимость владения ресурсами, что снижает издержки и повышает общий уровень благосостояния. Люди могут пользоваться благами и услугами по мере необходимости, что приближает общество к состоянию, где материальные ресурсы не являются дефицитными [5].

Самоорганизующиеся сети позволяют инфраструктурам поддерживать себя самостоятельно. Например, в сфере умных городов (smart cities) системы IoT могут автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям – регулировать транспортные потоки, распределять коммунальные услуги, управлять мусорными баками и даже решать вопросы безопасности. Все это снижает нагрузку на человеческий труд и административные ресурсы, позволяя создавать более устойчивые и управляемые системы.

В обществе социального изобилия такие автоматизированные инфраструктуры могут обеспечить качественные услуги для всех граждан без необходимости дополнительных затрат и контроля, что повышает общий уровень жизни. IoT позволяет собирать огромные массивы данных о поведении и потребностях пользователей, что помогает не только адаптировать производство и услуги под индивидуальные нужды, но и предугадывать будущие запросы. Самоорганизующиеся сети могут использовать эти данные для того, чтобы автоматически корректировать производство, распределение и потребление в реальном времени, удовлетворяя потребности практически мгновенно. В теории общества изобилия это помогает обеспечить удовлетворение нужд каждого человека в любой момент времени, минимизируя дефицит товаров и услуг [4]. Технологии способны обеспечить изобилие через точное и своевременное распределение ресурсов.

Самоорганизующиеся сети и IoT могут постепенно изменить роль традиционных рынков, так как доступ к ресурсам и благам становится более децентрализованным и управляемым на уровне локальных сообществ или автоматизированных систем. Это приводит к тому, что цена перестает быть основным механизмом распределения ресурсов, а приоритет отдается доступности и эффективности использования. Таким образом, формируется новая экономическая модель.

Таким образом, IoT и самоорганизующиеся сети играют важную роль в создании устойчивых систем, которые минимизируют воздействие на окружающую среду. IoT может отслеживать и снижать потребление природных ресурсов, а также способствовать рециклингу и использованию возобновляемых источников энергии. Самоорганизующиеся сети могут автоматически регулировать экологические потоки, поддерживая баланс между производством и потреблением, что важно для долгосрочного устойчивого развития общества.

Интернет вещей и самоорганизующиеся сети кардинально изменяют экономические и социальные процессы, приводя к более эффективному использованию ресурсов и снижению их дефицита. Эти технологии создают инфраструктуры, способные самостоятельно регулировать процессы производства и распределения, что способствует формированию ключевых элементов теории общества изобилия. В такой системе ресурсы и услуги становятся доступными для всех, обеспечивая равный доступ к благам и высокое качество жизни.

Список используемых источников

1. Аксенова Е. И., Горбатов С. Ю. Применение технологий Интернета вещей в здравоохранении // Здоровье мегаполиса. 2021. Т. 2. № 4. С. 101–113.
2. Богданова И. Ф., Богданова Н. Ф. «Интернет вещей в научных исследованиях» // Социология науки и технологий. 2017. Том 8. № 1. С. 85–94.
3. Кваша, Н. В. Распределенная и цифровая энергетика как инновационные элементы четвертого энергоперехода / Н. В. Кваша, Е. Г. Бондарь // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки, 2021. Т. 14, № 6. С. 67-77. DOI 10.18721/JE.14605. EDN EQGOFV.
4. Кваша Н. В. Предпосылки и потенциальные эффекты развития распределенной энергетики в условиях цифровизации / Н. В. Кваша, Е. Г. Бондарь // Индустрия 5.0, цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы (ЭКОПРОМ-2021): Сборник трудов IV Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции и XIX сетевой конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2021 года. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. С. 303-306. DOI 10.18720/IEP/2021.3/86. EDN IYAXVA.
5. Климова Д. Н. Влияние интернета вещей на развитие экономики, науки, образования, социальной сферы / Д. Н. Климова, И. И. Копендох. – Текст: непосредственный // Молодой ученый, 2022. № 50 (445). С. 455-457. URL: https://moluch.ru/archive/445/97676/ (дата обращения 06.11.2024).

Lizorkin A., Kvasha N. **THE INFLUENCE OF THE INTERNET OF THINGS AND SELF-ORGANIZING NETWORKS ON THE DEVELOPMENT OF THE THEORY OF A SOCIETY OF SOCIAL ABUNDANCE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The article explores the impact of the Internet of Things (IoT) and self-organizing networks on the development of the theory of a society of social abundance. Key aspects are examined, such as resource management optimization, improved access to goods and services, and the reduction of social inequalities. The paper emphasizes how these technologies transform economic and social processes, fostering the creation of sustainable systems that ensure equal access to resources and a high quality of life for all members of society.

Key words: Internet of Things (IoT), Self-organizing networks, Society of social abundance, Sustainable development, Sharing economy.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ В БИЗНЕСЕ

К. А. Климов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В последние десятилетия цифровые платформы стали неотъемлемой частью бизнес-экосистемы, трансформируя способы взаимодействия компаний с клиентами и друг с другом. Эти онлайн-среды объединяют различные группы пользователей, включая потребителей, поставщиков и партнеров, создавая новые возможности для бизнеса. В данной статье мы рассмотрим основные преимущества использования цифровых платформ в бизнесе.

алгоритмы, Бизнес, ПО, Браузер, ИИ, Цифровая платформа, CRM

Цифровые платформы играют ключевую роль в трансформации бизнеса, предоставляя множество преимуществ, которые помогают компаниям адаптироваться к современным условиям рынка. Одним из основных аспектов их влияния является увеличение охвата аудитории. Благодаря цифровым платформам, таким как социальные сети, электронные торговые площадки и специализированные онлайн-сервисы, компании могут взаимодействовать с гораздо более широкой и разнообразной аудиторией [1].

Например, платформа Facebook* позволяет брендам напрямую общаться с миллиардами пользователей по всему миру, создавая возможности для таргетированной рекламы и персонализированного контента. На рисунке 1 показана Таргетированная реклама в Facebook*.

Это не только увеличивает узнаваемость бренда, но и способствует привлечению новых клиентов.

Следующим важным преимуществом цифровых платформ является снижение затрат. Цифровые платформы позволяют бизнесам оптимизировать свои операции и значительно сократить расходы на маркетинг и операционные процессы. Например, использование облачных технологий дает компаниям возможность избежать крупных капиталовложений в физическую инфраструктуру, такую как серверы и оборудование. Вместо этого они могут использовать облачные решения по мере необходимости, что позволяет снизить фиксированные затраты на IT-инфраструктуру.

* принадлежит компании Meta, признанной экстремистской организацией и запрещенной в РФ

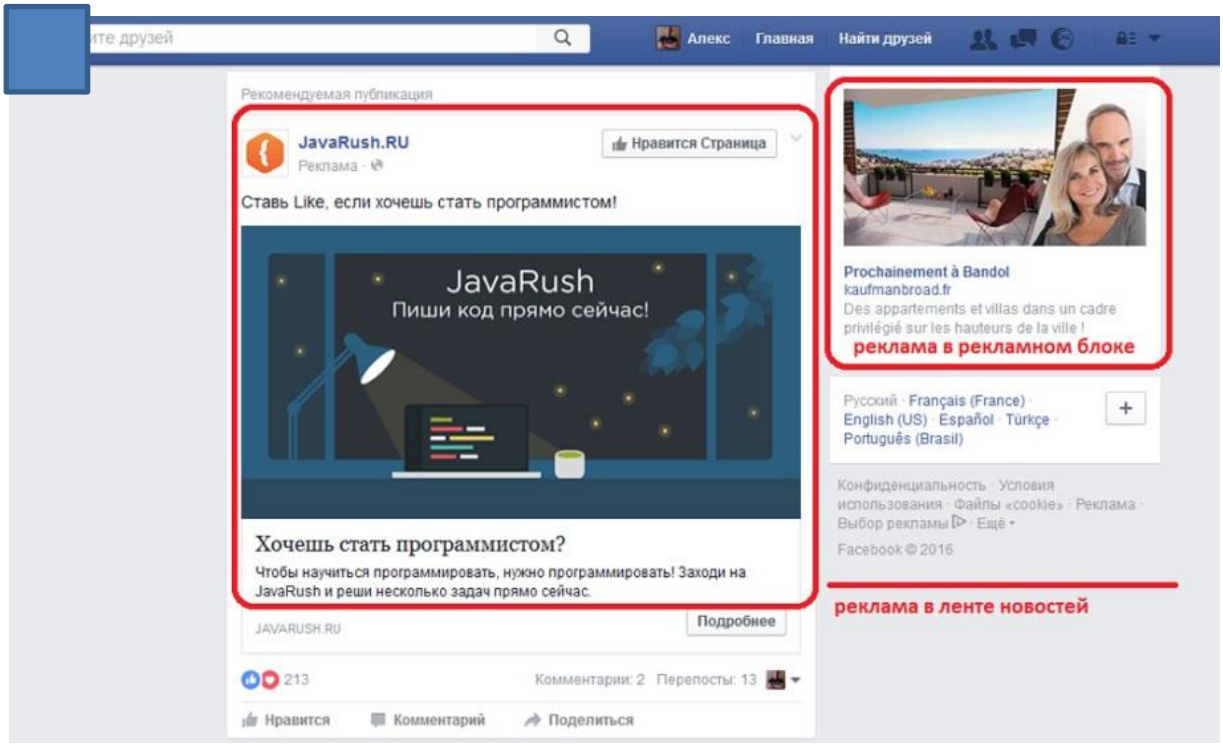


Рис. 1. Таргетированная реклама в Facebook*

Одним из ярких примеров является использование платформ для управления цепочками поставок, таких как SAP Integrated Business Planning или Oracle Supply Chain Management. Эти системы помогают компаниям оптимизировать процессы, минимизировать запасы и повышать эффективность логистики.

Исследования показывают, что компании, внедрившие цифровые логистические платформы, могут увеличить объем продаж, примерно, на 30 % [2].

Например, исследование McKinsey & Company указывает на то, что компании, использующие цифровые решения для управления цепочками поставок, могут достичь значительного сокращения времени выполнения заказов (В среднем, на одну треть), а также увеличить эффективность использования ресурсов, примерно, в два раза [3].

Наконец, цифровые платформы предоставляют доступ к данным и аналитике, что позволяет компаниям принимать более обоснованные и стратегически выверенные решения. С помощью современных аналитических инструментов бизнесы могут отслеживать поведение пользователей, анализировать эффективность рекламных кампаний и выявлять новые возможности для роста.

Например, платформы, такие как Google Analytics и Adobe Analytics, позволяют компаниям собирать данные о посещаемости сайта, поведении пользователей и конверсии. Эти данные помогают понять, какие маркетинговые стратегии работают

* принадлежит компании Meta, признанной экстремистской организацией и запрещенной в РФ

лучше всего, а какие требуют доработки. На рисунке 2 и 3 представлен Интерфейс Google Analytics Adobe Analytics.

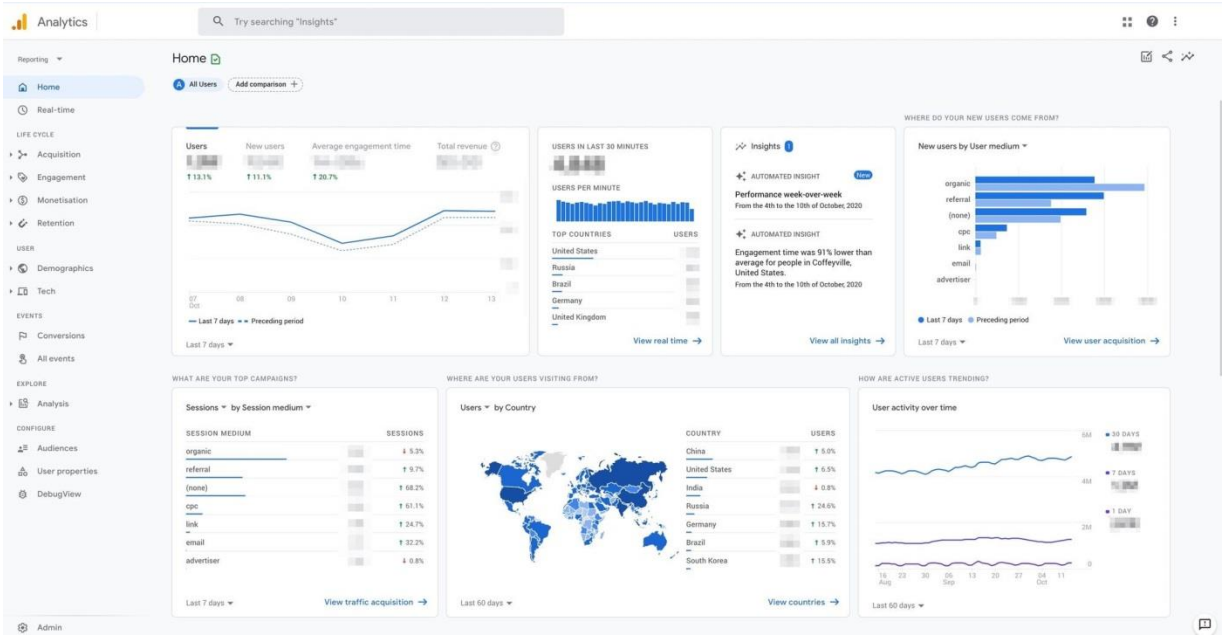


Рис. 2. Интерфейс Google Analytics

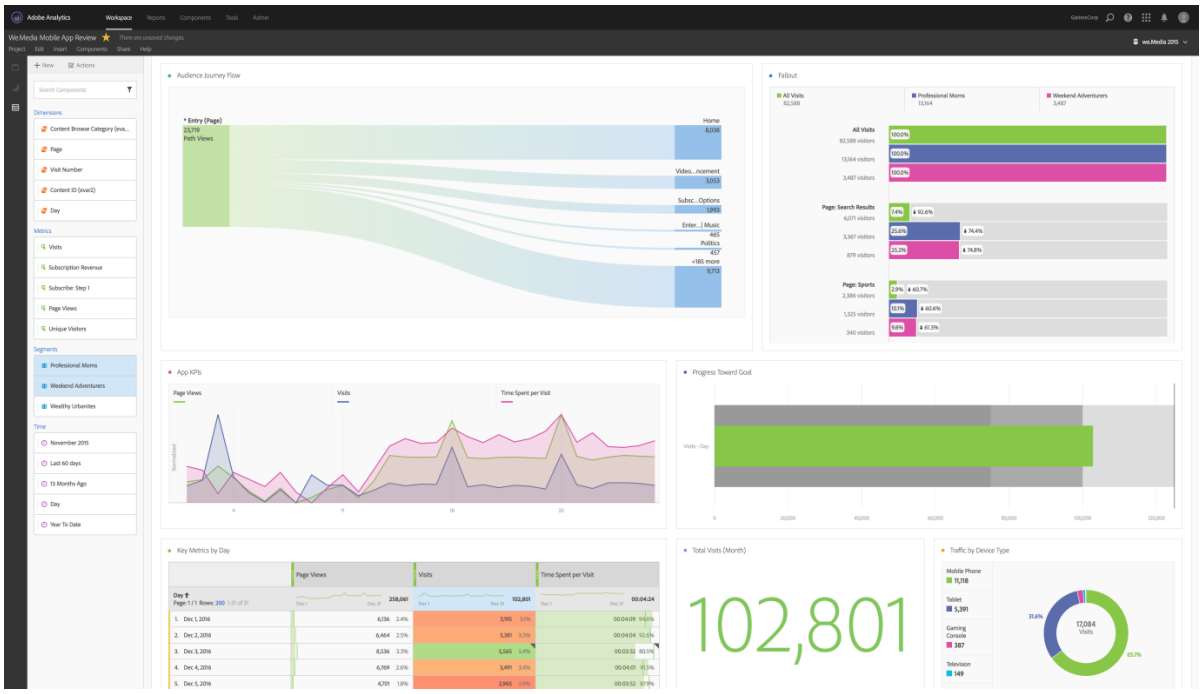


Рис. 3. Интерфейс Adobe Analytics

Компании могут использовать информацию о покупках клиентов для создания персонализированных предложений. Например, ритейлеры, такие как Amazon, применяют алгоритмы машинного обучения для анализа истории покупок и предпочтений пользователей. На основе этих данных они предлагают товары, которые могут заинтересовать конкретного клиента. Это не только улучшает пользовательский

опыт, но и значительно увеличивает вероятность конверсии – исследования показывают, что персонализированные рекомендации могут повысить продажи на 10-30 % [4].

Таким образом, цифровые платформы не только увеличивают охват аудитории, но и способствуют улучшению взаимодействия с клиентами, снижению затрат и более эффективному использованию данных. Эти преимущества делают цифровые платформы важным инструментом для достижения конкурентных преимуществ в современном бизнесе [5].

Список используемых источников

1. Макаров В. В., Слуцкий М. Г., Устриков Н. К. Проблемы и задачи цифровой трансформации экономики России // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 4–1 (43). С. 174–177.
2. Маркетинговое исследование Интернет-торговля в России 2024. https://datainsight.ru/eCommerce_2023
3. Плескевич В. Б. Вестник Евразийской науки // Управление операционной деятельностью на основе цифровых платформ. 2024, Том 16, № s5. https://esj.today/PDF/29FAVN524.pdf?ysclid=m3fyisihv2860590512
4. Рост продаж в 2025 году: практические инструменты и рекомендации. https://plan-c-strategy.com/rost-prodazh/
5. Верединский С. Ю., Макаров В. В., Слуцкий М. Г. Цифровые платформы для разработки и реализации инновационных проектов вуза // Журнал правовых и экономических исследований. 2021. № 1. С. 105–110.

Klimov K. **ADVANTAGES OF USING DIGITAL PLATFORMS IN BUSINESS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In recent decades, digital platforms have become an integral part of the business ecosystem, transforming the way companies interact with customers and with each other. These online environments bring together different user groups, including consumers, suppliers and partners, creating new business opportunities. In this article, we will look at the main advantages of using digital platforms in business.

Key words: Algorithms, Business, Software, Browser, AI, Digital Platform, CRM.

УДК 005.95/.96
ГРНТИ 82.01.00

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ ПО РАЗРАБОТКЕ СТАРТАПА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦЕНТРА УЛУЧШЕНИЯ КООРДИНАЦИИ ЛЮДЕЙ

Э. П. Кудинов, В. В. Куликов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная статья исследует вопрос управления проектом на этапе создания и разработки специализированного реабилитационного центра, который использует методику транслингвальной нейростимуляции для лечения пациентов. Авторы статьи рассматривают развитие медицинской реабилитации, где здоровье общества является фактором экономической активности населения. Медицинская реабилитация становится все более востребованной, где здоровье населения является важным фактором, обеспечивающим экономическую активность и трудоспособность. В статье предлагается создание специализированного реабилитационного центра, который будет использовать инновационную методику транслингвальной нейростимуляции. Авторы разрабатывают организационную структуру предполагаемого центра, включая различные подразделения и процессы, необходимые для достижения поставленных целей.

проект, реабилитационный центр, управление проектом, транслингвальная нейростимуляция, здоровье населения, социально-экономическое развитие, система здравоохранения, реабилитация, трудоспособность.

Общепризнано, что здоровье населения – важнейший фактор социально-экономического развития общества [1].

И одной из задач системы здравоохранения является сохранение и восстановление трудоспособности пациентов после перенесенных заболеваний, чем и занимается такая область медицины как реабилитация.

С ростом заболеваемости растет потребность в реабилитации, в том числе и реабилитации при неврологических заболеваниях и после травм головного мозга. Немалый вклад в увеличение количества травм головного мозга, требующих реабилитации и восстановления трудоспособности, внесла СВО.

Одной из прогрессивных методик реабилитации является транслингвальная нейростимуляция (ТЛНС), которая направлена на восстановление координации движений и двигательных навыков. В данной методике инновационным является сам метод стимуляции нервной системы. Он производится через рецепторы тройничного нерва на языке. Для осуществления нейростимуляции используется специальное устройство, которое крепится на шее пациента, а электроды размещаются на кончике языка.

ТЛНС может использоваться для восстановления двигательных функций после инсульта, ДЦП и других заболеваний, а также в лечении вестибулярных нарушений любой этиологии, в том числе и после травмы головного мозга, речевых рас-

стройств. Кроме того, данная методика позволяет улучшить координацию движений и ориентацию в пространстве и у здоровых людей, и может применяться у спортсменов, а также для лечения укачивания.

Принцип работы ТЛНС заключается в том, что миллионы электрических импульсов, подаваемых на рецепторы передней поверхности языка, преобразуются в нервные импульсы. Затем они активируют различные части мозга через языковые ветви лицевого и тройничного нервов, такие как ствол мозга, мозжечок, таламус, постцентральные нижнетеменные отделы коры головного мозга, а также спинной мозг через черепно-мозговые нервы. В результате такой стимуляции активируются процессы нейропластичности, что создает предпосылки для образования новых и изменения существующих нейронных связей. А само направление формирования этих связей определяют упражнения, выполняемые во время электростимуляции. Таким образом, стимуляция через язык является наиболее эффективным способом воздействия на ствол головного мозга и центральную нервную систему. В отличие от существующих методов нейростимуляции при ТЛНС не происходит прямого воздействия физического (магнитного, электрического) поля на головной мозг, что уменьшает побочные эффекты от процедуры.

Предлагаемый метод позволяет сократить время тренировок, необходимых для улучшения навыков, здоровья и использовать его для упражнений практически без использования специализированных тренажеров.

Применение ТЛНС в реабилитации позволяет значительно ускорить достижение положительных результатов при меньших финансовых вложениях. Это делает ТЛНС привлекательной методикой, которая может лечь в основу создания медицинского центра для реабилитации пациентов и тренировки здоровых людей.

Для наиболее эффективной работы задуманного медицинского центра необходимо с самого начала определить цели, задачи и структуру его организации.

Управление проектом, создания и разработки специализированного реабилитационного центра [2], состоит из следующих этапов:

– создание бизнес-плана;
– разработка организационной структуры;
– поиск помещения, соответствующего санитарным требованиям;
– ремонт помещения;
– рекламная кампания;
– получение лицензии на оказание услуг;
– поиск сотрудников;
– ввод в эксплуатацию помещения;
– осуществление работы реабилитационного центра;
– оценка качества проделанных работ, на основе финансовых показателей эффективности предприятия;
– завершение.

Структура реабилитационного центра будет следующая.

Директор – собственник центра. Он отвечает за развитие, работу с бухгалтерией, рекламным агентством, планированием дальнейшего развития медицинского центра.

Главный врач организует работу коллектива организации по оказанию и предоставлению качественных медицинских услуг населению.

Врач – специалист непосредственно ведет пациента, составляет план реабилитации, оценивает эффективность проводимых мероприятий.

Методист ЛФК – проводит занятия лечебной физкультурой.

Администратор отвечает за прием пациентов, оплату оказанных услуг, запись на последующие процедуры.

Таким образом привлечение частных инвестиций в сферу медицинской реабилитации и эффективное управление проектами создания медицинских реабилитационных центров позволяет ускорить достижение целей, поставленных президентом РФ В. В. Путиным в «Законе о социальной реабилитации инвалидов» от 25.12.2023 г. [3]. Важность междисциплинарного подхода в организации работы реабилитационного центра станет основой для достижения поставленных целей. Команда, состоящая из опытных специалистов, обеспечит качественное выполнение программ реабилитации, что в свою очередь будет способствовать повышению уровня здоровья пациентов.

Список используемых источников

1. СОВЕТ ФЕДЕРАЦИИ. URL: http://council.gov.ru/activity/analytics/analytical_bulletins/25623/
Управление инновациями и обеспечения качества в отрасли ИКТ: монография / В. В. Макаров; рец.: А. Е. Карлик, И. А. Брусакова; Федеральное агентство связи, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича". - СПб.: СПбГУТ, 2012. - 163 с.: ил. ISBN 978-5-89160-077
2. Федеральный закон от 25.12.2023 г. № 651-ФЗ. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50202

Kudinov E., Kulikov V. **MANAGING A STARTUP DEVELOPMENT PROJECT TO CREATE A CENTER FOR IMPROVING HUMAN COORDINATION.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article explores the issue of project management at the stage of creation and development of a specialized rehabilitation center that uses translingual neurostimulation techniques to treat patients. The authors of the article consider the development of medical rehabilitation, where the health of society is a factor of economic activity of the population. Medical rehabilitation is becoming more and more in demand, where the health of the population is an important factor ensuring economic activity and working capacity. The article proposes the creation of a specialized rehabilitation center that will use an innovative translingual neurostimulation technique. The authors develop the organizational structure of the proposed center, including the various departments and processes necessary to achieve the goals.

Key words: Project, rehabilitation center, project management, translingual neurostimulation, public health, socio-economic development, healthcare system, rehabilitation, ability to work.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Л. С. Лёвкина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Роль транспорта в повышении конкурентоспособности российской экономики очевидна. Без устойчивой работы транспортной системы, в первую очередь без опережающего развития транспортной инфраструктуры, новых эффективных схем доставки товаров– использования логистики– невозможно гарантировать доступность транспортных услуг для всех потребителей и снижение риска хозяйственной деятельности.

автоматизация, модель Cash-Flow, ИТ, транспортно-логистическое предприятие

В настоящее время в исследованиях экономических систем и их структуризации одним из актуальных направлений является построение транспортно-логистических подсистем. В их рамках выполняется конкретный набор управленческих функций по взаимодействию экономических субъектов, связанных с прогнозированием, планированием, контроллингом и реализацией доставки товаров от продавца к потребителю.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что сегодня воспроизводственные процессы в различных сферах хозяйственной деятельности приобретают иные более сложные формы, теряют целостность от регионального до глобального уровня, формируются новыми факторами, оказывающими значительное влияние на их развитие; трансформируется технология протекания воспроизводственных процессов, когда существенная роль отводится транспортно-логистическому звену, а также информатизации, которая практически полностью меняет механизмы реализации воспроизводственных процессов.

Целью является формирование транспортно-логистических системы действующего предприятия и принципов их построения, разработкой механизмов модернизации проекта с помощью модели Cash-Flow.

Планирование открытия деревообрабатывающего предприятия будет основано на постановке, конкретной цели создания, с выполнением всех законодательных баз, а также приоритетных для компании целей. Предприятие будет зарегистрировано как Общество с ограниченной ответственностью с режимом налогообложения УСН. Ставка налога 15 %, с расчетом на доходную часть после вычета всех расходов.

При выборе производства будет арендован земельный участок, на котором будет располагаться необходимое оборудование. Общая площадь составит 50 соток. На участке будет расположено небольшое производственное здание, которое совмещено с административным. Общая площадь – 500 кв. м. Обязательно потребуется подключение к трехфазной электросети, так как все станки будут работать от электричества.

Продукция будет доставляться собственным транспортом. Численность персонала, необходимого для производства, оценивается в 8 человек. Автоматизированные линии позволяют использовать ручной труд. Остальной персонал – канцелярский. Уборка и охрана будут переданы на аутсорсинг [1].

Реализация маркетинговых стратегий может быть поручена специалистам в области продвижения. Как правило, лучше всего поручить это дело компании, предлагающей услуги по продвижению бизнеса, поскольку данная область быстро развивается. При планировании большого объема продаж, функции и действия маркетолога целесообразно будет согласовывать с руководителем компании, для реализации более гибкого продвижения. Поэтому в проект, где будет разработан план модернизации лесоперерабатывающего предприятия, были внедрены следующие капиталовложения:

Специализированное программное обеспечения информатизации – создается с целью повышения эффективности и автоматизации работы организаций в определенных областях деятельности лесоперерабатывающего предприятия. Программный продукт будет разработан для улучшения управления процессами, обеспечения безопасности и конфиденциальности данных, оптимизации бизнес-процессов, улучшения взаимодействия с клиентами и улучшения общей производительности.

Компьютер будет задействован для постановки программного обеспечения, внедряемого для улучшения производительности предприятия. Программное обеспечение может развертываться на серверах предприятия, а затем распространяться на рабочие компьютеры и устройства сотрудников. Программы будут включать в себя модули для различных отделов и функций компании, такие как управление складом, задачами для сотрудников, навигацией и управлением финансовой части. Каждый компьютер, на котором установлено данное программное обеспечение, становится инструментом для повышения эффективности работы сотрудников и оптимизации бизнес-процессов на предприятии. Кроме того, компьютеры также могут быть в дальнейшем использованы для обучения сотрудников новому программному обеспечению, оказания технической поддержки и мониторинга работы системы. Правильная установка и настройка программного обеспечения на компьютеры поможет обеспечить стабильную работу бизнес-процессов и повысить общую производительность предприятия.

Разработка проекта для лесоперерабатывающего предприятия. Тщательно разработанный проект по внедрению системы поможет минимизировать риски, обеспечить эффективное использование новых технологий и добиться поставленных целей в срок и в рамках бюджета.

Данные внедрения произойдут в 5-м периоде нового, созданного проекта и будут амортизированы по следующей процентной ставке в квартал:

Специализированное ПО информатизации – 5 %;

Компьютер – 2,5 %;

Разработка проекта – 25 %.

Источником таких вложений могут быть как внутренние ресурсы предприятия, так и привлечение внешних капиталовложений.

Для снижения издержек на предприятии можно применить ряд стратегий и методов, направленных на оптимизацию процессов и уменьшение расходов. Определяется несколько эффективных подходов:

Проведение анализа текущих издержек: начать следует с детального изучения всех видов издержек на предприятии и их структуры. Это позволит выявить дисбалансы и области, где возможно снижение расходов.

Оптимизация производственных процессов: рационализация производственных процессов, внедрение современного оборудования и технологий, улучшение логистики и снижение потерь сырья и материалов помогут уменьшить издержки на предприятии [2].

Повышение эффективности использования ресурсов: контроль над расходованием энергии, воды, топлива и других ресурсов позволит существенно сократить издержки.

Внедрение системы управления издержками: внедрение системы учета и контроля издержек, установление бюджетов и мониторинг их выполнения позволит эффективно управлять расходами на предприятии.

Эффективное снижение издержек требует комплексного подхода, поэтому важно систематически проводить анализ и постоянно работать над оптимизацией всех аспектов деятельности предприятия [3].

Сравнение NPV нового и старого проектов позволяет определить, какой проект более выгоден с финансовой точки зрения. Выбирается проект с более высоким NPV, поскольку он будет иметь более высокую ожидаемую прибыльность в будущем.

На рисунке 1 показан график NPV проекта изменения стратегии.

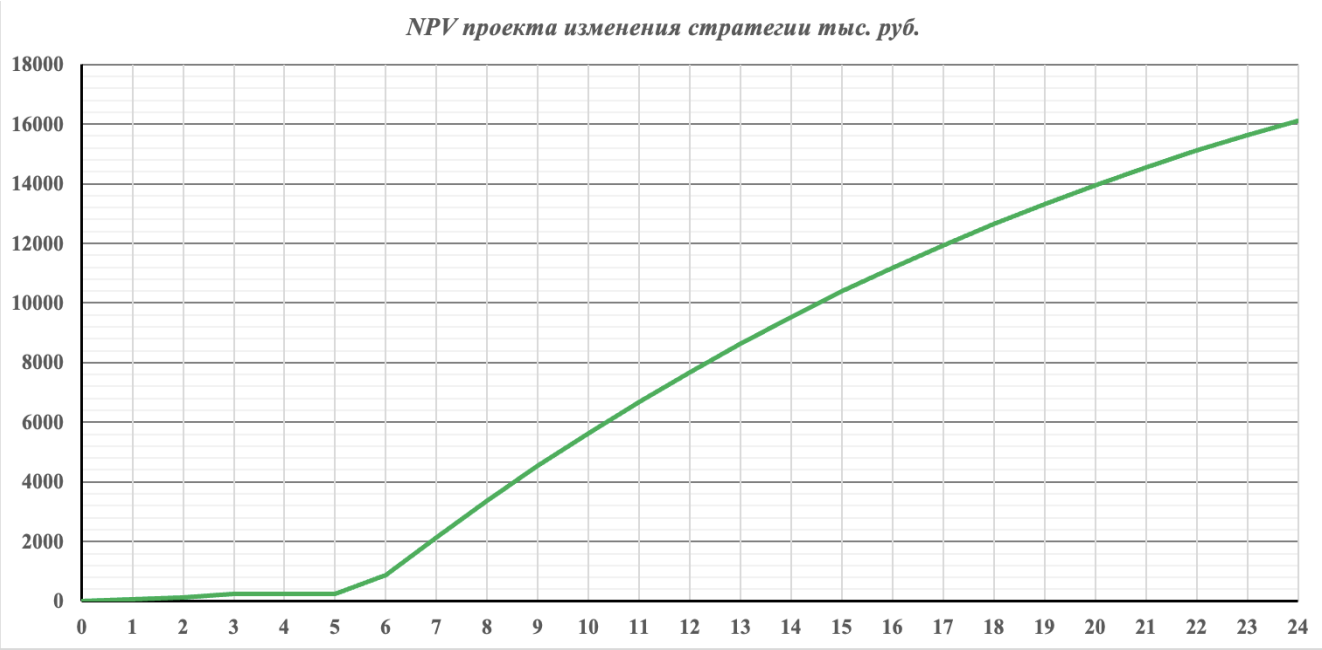


Рис 1. NPV проекта изменения стратегии

Из графика следует, что после 5-го периода проект начнет приносить существенную прибыть. Таким образом, положительный NPV подтверждает целесообразность инвестиций в изменение стратегии и оправдывает решение о его реализации.

Внедрение информатизации принесло положительные результаты и сократило срок окупаемости проекта. Это означает, что внедрение информационных технологий позволило увеличить доходы или сократить расходы компании, что сказалось на быстром возврате вложенных средств.

Следует обратить внимание на разность проектов до внедрения информатизации и после, чтобы подробнее проанализировать NPV каждого проекта.

В таблице 1 показана разность двух проектов до внедрения информатизации и после.

Разность, представленная в таблице, показала, что внедрение информатизации приводит к увеличению прибыли, рентабельности, NPV и других показателей, что свидетельствуют о положительном влиянии данного шага на деятельность компании.

Из приведенных таблиц видно, что после внедрения информатизации чистая прибыль увеличилась, а также улучшились показатели NPV с учетом инвестиций в основные средства и оборотные средства. Коэффициент внутренней экономической эффективности улучшился после внедрения информатизации, что является положительным показателем. В таблице 2 указана сравнительная характеристика по двум проектам.

ТАБЛИЦА 1. Разность двух проектов

NPV с учетом инвестиций в ОС и оборотные средства OLD, тыс. руб	NPV с учетом инвестиций в ОС и оборотные средства NEW, тыс. руб	NPV проекта изменения стратегии, тыс. руб
-36460	-36460	0
-52050	-51974	76
-57701	-57565	136
-56167	-55909	257
-47367	-47129	238
-36839	-36586	253
-27477	-26605	871
-18248	-16093	2155
-9153	-5770	3383
-190	4350	4540
8640	14283	5643
17339	24030	6691
25906	33595	7689
34343	42977	8635
42649	52180	9531
50826	61204	10379
58873	70055	11182
66792	78731	11939
74582	87234	12652
82245	95568	13324
89780	103736	13956
97188	111735	14547
104470	119570	15101
111625	127243	15618
118655	134757	16102

ТАБЛИЦА 2. Влияние на прибыльность и рискованность проекта

Сценарий	NPV(24) тыс. руб.	Срок окупаемости (квартал)	ITS	Min(MO) %	R %
До модернизации	118655	9,25	3,21	21,14	2,31
После модернизации	134757	8,57	3,08	20,56	1,87

Внедрение в проект позволило увеличить NPV(24) до 134757 тыс. рублей, сократился срок окупаемости до 8,57 кварталов, снизился показатель ITS до 3,08 %. Модернизация оказалась успешной и привела к увеличению доходности предприятия.

В целом, данные показатели свидетельствуют о том, что внедрение информатизации было рациональным шагом, который привел к улучшению финансовых показателей проекта.

Таким образом, можно сделать вывод, что информатизация имеет положительное влияние на эффективность работы компании и способствует более быстрой окупаемости проектов. Внедрение информационных технологий становится все более актуальным и значимым шагом для современных организаций.

Список используемых источников

1. Котов В. И. Инвестиционные проекты. Риск-анализ и оценка эффективности: учебное пособие для вузов / В. И. Котов. Санкт-Петербург: Лань, 2024. 180 с.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по строительству, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Косов В. В., Лившиц В. Н., Шахназаров А. Г. М.: ОАО «НПО». Изд-во «Экономика», 2000. 421 с.
3. Мазун И. И. Управление проектами: учебное пособие / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г Ольдерогге. Изд-во М.: Омега-I, 2021. 664 с.

Levkina L. **FORMATION OF AN INFORMATION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM OF AN ENTERPRISE.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The role of transport in increasing the competitiveness of the Russian economy is obvious. Without stable operation of the transport system, first of all, without the accelerated development of transport infrastructure, new effective schemes for the delivery of goods - the use of logistics - it is impossible to guarantee the availability of transport services for all consumers and reduce the risk of economic activity.

Key words: Automation, Cash-Flow model, IT, transport and logistics enterprise.

УДК 658.5.011
ГРНТИ 82.33.13

ШАБЛОНЫ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ, КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА БИЗНЕСА

А. В. Рабчевский
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье разбирается роль шаблонов бизнес-моделей, как инструмента для анализа бизнеса. Рассматриваются популярные шаблоны бизнес-моделей и чем они помогают в своих отраслях. Описывается результат от использования шаблонов в перспективе и проговаривается важность верного выбора.

бизнес-модели, шаблоны, управление, инструмент анализа, оптимизация

Бизнес-модель – это то, через что компания доносит свои парадигмы и через что строит свои цели [1]. Бизнес-модели очень важны для любого предприятия, нацеленного на результат, от них сильно зависит, какую позицию компания будет занимать на рынке и будет ли занимать вообще. Без них работа предприятия будет низкоэффективной и задействованной не на полную мощность.

Шаблон бизнес-модели – это описанная схема или инструмент, для качественной работы бизнеса, она представляет собой поля, для заполнения и ведения. Эти поля при правильном подходе помогают компании, указывая на сильные, слабые стороны и проводят анализ, также с различным шаблоном меняется и суть этих полей, они становятся персонализированными под задачи компании [2]. Шаблон делает работу моделей-бизнеса в несколько раз легче, это также сказывается и на самом бизнесе, он становится эффективнее.

Когда работа над бизнес-моделью заходит в тупик, на помощь приходят шаблоны, сейчас сложно представить предприятия, не использующие этот инструмент. Предприятия встречаются с проблемой в анализе используемой модели. Шаблоны структурируют полученные результаты и значения и способствуют лучшему использованию бизнеса.

Мир очень быстро меняется и вместе с ним игрокам, рынку компаний, технологии, бизнесу требуется подстраиваться под изменения, для успешной игры. Шаблоны дают возможность быстрее всего пересмотреть модель-бизнеса, находя возможности для усовершенствования или пересмотра текущей, это очень важно для обеспечения конкурентоспособности.

В бизнесе разные отделы, внутри компании могут представлять работу других отделов, а также в целом всего бизнеса – иначе, чем их коллеги. Для упрощения

коммуникаций создаются шаблоны. Они способствуют созданию общего видения и согласованностью между отделами, это улучшает рабочее взаимодействие.

Также связь между сотрудниками и бизнесом, может быть сложной из-за включения в быт профильной терминологии при обсуждении бизнес-модели. Шаблоны делают общее виденье, это помогает упростить и найти связь между отделами.

Для создания чего-то нового надо оценить это на уже существующей модели-бизнеса. Шаблоны дают возможность быстро оценить возможные изменения и их влияние на бизнес, также выявить слабые места и их потенциальные риски.

Для новых быстроразвивающиеся компаний, создание модели-бизнеса может оказывать сложность. Шаблоны же сосредотачивают силы компании на нужных участках бизнеса, позволяя создать успешную модель-бизнеса.

Модели-бизнеса и их шаблоны создают колоссальное влияние в плане стратегии компании, делая удобным, упорядоченным и проанализированным механизмы работы компании, это помогает делать компанию уникальной, сильной, чтобы побеждать или быть лидером, среди компаний [2]. Шаблоны настолько востребованы из-за в разных сферах, что это повело к созданию и модернизации теории и практики этих инструментов, создано много вариаций, статей, сайтов с уже готовыми и возможными для персонализации. Их настолько много, что каждый может подойти под множественные задачи организаций, каждый из них уникальный и борется за лидерство в своей отрасли.

В наше время уже готовые и прошедшие тестирование не на одной компании – шаблоны, демонстрируют, что они распадаются на множество классов, действующих на компании в своих сферах и удовлетворяющие их желание.

Самый популярный шаблон модели-бизнеса создан для демонстрации и статистики изменения сторон предприятия [3]. Он демонстрирует до десяти (не включительно) необходимых полей, в каждом из полей пишется полезная информация для конторы, которая дает огромные знания и перспективу в своем направлении.

Этот шаблон подходит для все типов компаний: с малым штатом сотрудников, средним, крупным (большим). А также для собранных команд для решения проблем и создания новых решений и реализации идей. Он делает возможность просмотра стратегии, и всего основного для чего он создан – просто «как на ладони», с его помощью можно смотреть и видеть свой продукт насквозь, а также его самые важные детали. Однако он не всегда подходит, есть решения и сферы, в которых требуются доработки.

Для других сфер существуют свои популярные шаблоны, которые вбирают в себя инновационные детали и решения, необходимы под задачи организации.

Опять же, существует один из самых популярных шаблонов для работающих с информацией о людях и их интересах, мельчайшей статистики изменений и колебаний. Он делает опыт с человеком – уникальным, демонстрируя поля, на которые необходимо уделить внимание для положительного опыта обоих сторон. Организации, у которых он есть, возводят жизнь людей, а также отношение к себе на другой,

положительный уровень, это позволяет им быть в топе, в ожесточенной борьбе бизнеса и оказывать сильное влияние на остальных.

Если требуется работа со сторонними, лояльными к нам компаниями, то и для этих целей есть свое решение. Шаблон, позволяющий показать лучших и доброжелательных к нам, приносящий большую пользу, а также продемонстрировать изменения от всех. Он для тех, кто трудится с крутыми схемами передвижений товаров и их отслеживанием или действующих от ожидания работы других организаций, он особенно необходим при долгосрочной перспективе.

Когда нужен шаблон для организаций, направленных не на выгоду [5], а для помогающих кейсов, для которых важна выгода для человека и мира, то и для этих целей найдется свое решение. Он направлен на упрощение действий и улучшение взаимодействий этого мира, также подходит для ускорений этих работ, для которых каждая секунда может кардинально поменять мир и человечество, если смотреть на будущее.

В моментах, когда нужно установить связь внутри команды находится и такой шаблон, он уделяет внимание самой команде, их культуре [6], позиции каждого члена команды. Он создан для сильных команд, но также может и сделать слабую команду – сильной, при тщательным его применении и использовании на необходимые стороны. Он считается очень хорошим для этих целей.

Большое количество уже созданных шаблонов, для разных подстанций и интересов. Они могут быть на различные темы и потребности. Например: для руководства командой и занесения целей на будущее, понимания людей и их чувств, из-за которых они совершают или не совершают действия и поступки. По данным, который есть сейчас, их существует около трехсот различных вариаций, но самом деле их может быть и намного больше о которых нам неизвестно, ведь они могут использоваться в закрытых канал связи компаний [7].

Шаблоны созданы для ориентированных целей компании и делают их достижение быстрым, качественным и верным. Такое большое количество показывает на сколько это важный инструмент и как важно его правильно подобрать для нынешних проблем, анализа возможных будущих и их предотвращения и многих других задач компаний.

И правда, это очень важная история, она может доставить хлопот, так как нужно правильно подобрать под свои потребности и решения. Ошибочно выбранный приведет к пустой трате времени, человеческих и обычных ресурсов. Не показать необходимых результатов использования. Важно тщательно подбирать под нужды компании, смотря на каждый слой и элемент, проецируя их на потребности предприятия. В дальнейших проектах я планирую рассмотреть, как же сделать тот самый реально полезный выбор для выбранных бизнесов и продемонстрировать пользу этого выбора, смотря на долгосрочную перспективу возможных изменений.

Хочу выделить, что работающее применение инструмента должно воздействовать на всю команду и каждый должен принять участие, а также постоянное изме-

нение на пути. Работа над улучшением и изменениями, а также дополнениями является чуть ли не важнейшим для поддержки компании и работы ее под быстроменяющиеся климатом от других компаний.

Организации и бизнес должны вносить коррективы для создания того самого, близкого к идеалу, рассматривающего все запросы в разное время для того, чтобы не отставать и от быстрорастущих новичков и крупных компаний.

Демонстрация количества существующих шаблонов показывает на сколько это важная тема с современном обществе для работы и правильного функционирования процессов компаний, они могут приносить большую пользу, при правильном выборе, а также приносить большие убытки при не правильном и не эффективном использовании и выборе. Они могут быть похожи друг на друга, это и является важным, при рассмотрении, какие элементы нам подойдут больше всего, а какие окажут негативное воздействие. Действительно верный выбор делается наиважнейшим пунктом в жизни компании и создает возможности для модернизации и улучшении способов и подходов, которые продемонстрируют эффективность в перспективе и окажут влияние на работе и позиции компании на рынке.

Список используемых источников

1. Модель-бизнеса // Unisender. URL: https://www.unisender.com/ru (дата обращения 14.11.2024).
2. WTF?: Гид по моделям-бизнеса будущего. Перевод с английского. Эксмо, 2019. 512 с.
3. Построение моделей-бизнеса: настольная книга стратега и новатора. Перевод с английского – 2 изд. Альпина Паблишер 2012. 288 с.
4. Doorneweert B. The Partnership Canvas / B. Doorneweert //Partnership Design. URL: https://value-chaingeneration.com/2014/10/17/the-partnership-canvas/ (дата обращения 14.11.2024).
5. An Adapted Business Model Canvas for Mission-Driven Organizations // Steve Blank. URL: https://steveblank.com/2016/02/23/the-mission-model-canvas-an-adapted-business-model-canvas-for-mission-driven-organizations/ (дата обращения 14.11.2024).
6. Understanding Team Canvas // Team Canvas. URL: https://theteamcanvas.com/learn (дата обращения 14.11.2024).
7. Exploratory Research Business Models Canvas: Digital Repository of Business Model Templates Canvas BM // European Research Studies Journal Volume XXVII, Special Issue 3, 2024, pp. 235-244.

Rabchevskiy A. **BUSINESS MODEL TEMPLATES AS A BUSINESS ANALYSIS TOOL.**

The Bonch-Bruevich Saint-Peterburg State University of Telecommunication

The article examines the role of business model templates as a tool for business analysis. Popular business analysis. Popular business model templates are considered and how they help in their industries. The result of using perspective patterns is described and the importance of making the right choice is discussed.

Key words: business models, templates, management, analysis tool, optimization.

УДК 004
ГРНТИ 28.17.31

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РАЗРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ В ЦИФРОВЫХ ПРОЕКТАХ В СФЕРЕ ТЕЛЕКОМА

К. А. Ургалкина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Доклад посвящен исследованию управлению процессом разработки требований в цифровых проектах в сфере телекома. В докладе рассмотрена роль управления требованиями в этапах жизненного цикла разработки ПО и процесс выявления требований. Рассмотрен цифровой продукт OSS/BSS как решение для управления телекоммуникационными операциями от компании-разработчика ПО для сферы телекома, фазы проекта внедрения для заказчика, процесс управления изменениями на всех этапах проекта и жизненный цикл требования.

управление требованиями, жизненный цикл, OSS, BSS

Требования являются первым и главным шагом в разработке любого ПО именно они позволяют получить наглядное представление о конечном продукте.

Понятие «Требования» было наиболее точно сформулировано Карлом Вигерсом в книге «Разработка Требований к Программному Обеспечению». Требования – это спецификация того, что должно быть реализовано в программном продукте.

Требования к ПО состоят из трех уровней – бизнес-требования, пользовательские и функциональные требования. Вдобавок в каждой системе есть свои нефункциональные требования [1].

Бизнес-требования описывают высокоуровневые цели организации или заказчиков системы.

Пользовательские требования описывают какие цели и задачи пользователи смогут решать с помощью системы.

Функциональные требования описывают функциональные возможности ПО, которые разработчики должны создать, чтобы пользователи могли выполнить свои задачи согласно бизнес-требованиям.

Нефункциональные требования определяют цели и атрибуты качества.

Выявлений требований является одним из сложных и подверженных ошибкам этапов разработки цифрового проекта, который требует активного общения и интенсивного взаимодействия как с заказчиком, так и со всеми членами команды.

Выявлений требований представляет собой структурированный подход сбора информации, направленный на достижения консенсуса среди всех заинтересованных сторон.

Процесс определения требований состоит из нескольких итераций, представленных на рисунке 1 и включает следующие этапы [1]:

1 этап: подготовка к выявлению;

2 этап: выявление;

3 этап: утверждение.



Рис.1. Процесс определения требований

Жизненный цикл разработки программного обеспечения представляет собой несколько фаз, через которые проходит любое ПО.

Разработка ПО состоит из 6 фаз, которые включают в себя:

1. Сбор и анализ требований
2. Планирование
3. Проектирование и дизайн
4. Разработка ПО
5. Тестирование
6. Внедрение и поддержка ПО

Стоит понимать, что выявление и разработка требований не прекращается после окончания первой фазы разработки ПО, а продолжается на протяжении всего проекта и формируется уже в качестве *запроса на изменение*.

Рынок телекоммуникационных компаний стремительно развивается вслед за потребителями услуг. Традиционный бизнес телекома постепенно уходит в прошлое, ставя перед компаниями новые задачи и открывая возможности для роста.

В условиях растущей конкуренции многие представители телеком индустрии осуществляют диверсификацию бизнеса, где помимо основного направления деятельности, начинают появляться дополнительные точки роста и источники получения выручки, которые включают в себя ряд услуг, ориентированных на потребителей и бизнес в результате чего образуются экосистемы.

По данным Министерства финансов на рисунке 2 представлено распределение долей на рынке телекоммуникационных услуг в России за 2020 год [2].

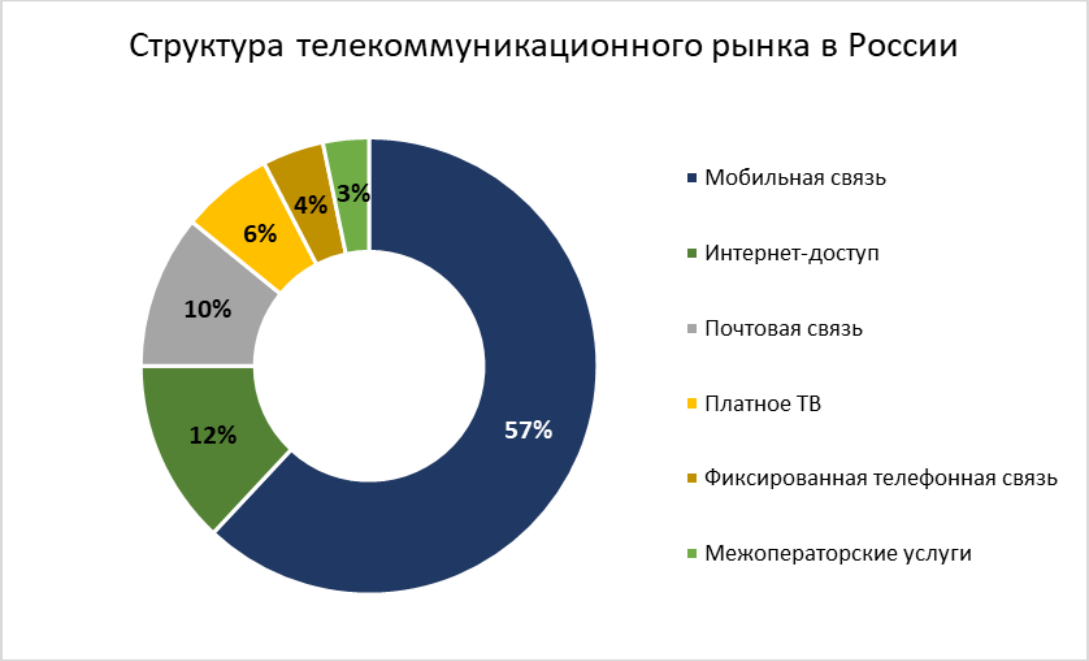


Рис. 2. Структура рынка телекоммуникаций в России за 2020 год

Как видно на диаграмме наибольшая доля на рынке телекоммуникационных услуг принадлежит мобильной связи. Заметна тенденция к увеличению количества дополнительных услуг для пользователей, причем многие из этих услуг находятся на стыке телекоммуникаций и информационных технологий. Все чаще говорят о цифровой трансформации отрасли, которая подразумевает изменение бизнес-моделей операторов и разработку дополнительных услуг.

Поставщики телекоммуникационных услуг в мире и России сталкиваются с необходимостью внедрения решений для усовершенствования своих бизнес-процессов и улучшения качества обслуживания клиентов.

Компания - разработчик ПО для сферы телекома занимается разработкой и внедрением комплексных BSS/OSS-систем для телекоммуникационной отрасли. Компания играет ключевую роль в цифровой трансформации операторов связи по всему миру, предоставляя им решения, которые позволяют повысить операционную эффективность, улучшить качество обслуживания клиентов и ускорить вывод новых услуг на рынок.

То есть основная функция таких решений, работающих в комплексе, заключается в том, чтобы услуги предоставлялись и учитывались. Эта задача функционально делится на несколько частей. За правильную работу сетевой инфраструктуры и оборудования (сети, подсети, коммутаторы, АТС, базовые станции и т.д.) отвечает OSS [6].

Взаимодействие с абонентами (учет предоставленных услуг по тарифам, контроль состояния счета, выставление счетов и т.д.) происходит во второй части системы – BSS.

Процесс внедрения проектов в компании – разработчика ПО для сферы телекома включает в себя 7 фаз представлены на рисунке 3, которые направлены на успешное интегрирование решений и технологий [3].

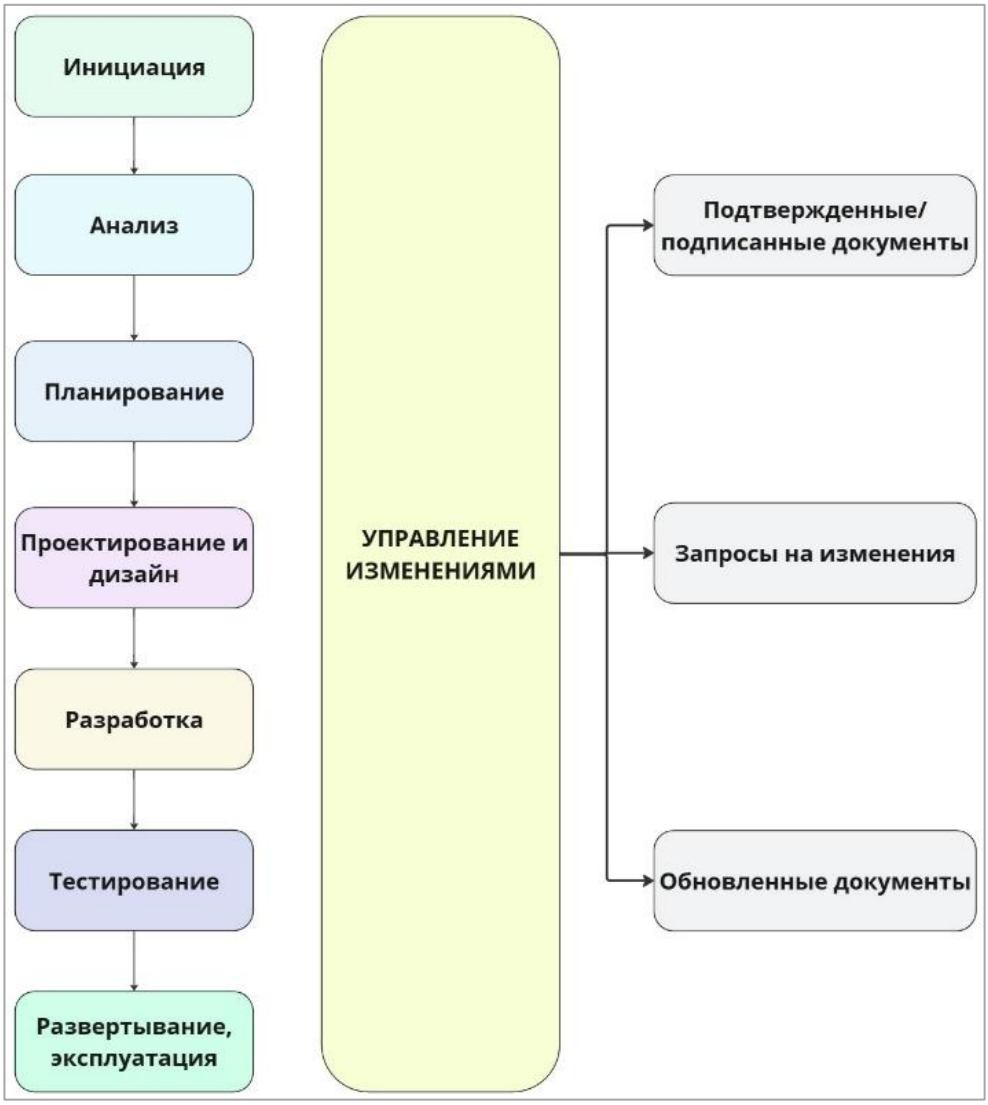


Рис. 3. Фазы проекта в компании – разработчика ПО для сферы телекома

Каждая фаза требует обязательное участие бизнес-аналитика и предполагает выполнение определенных задач для достижения всех целей.

Основная задача бизнес-аналитика на проекте – это сбор, формирование требований и их управление. Каждое требование имеет свой жизненный цикл, представленный на рисунке 4 [4].

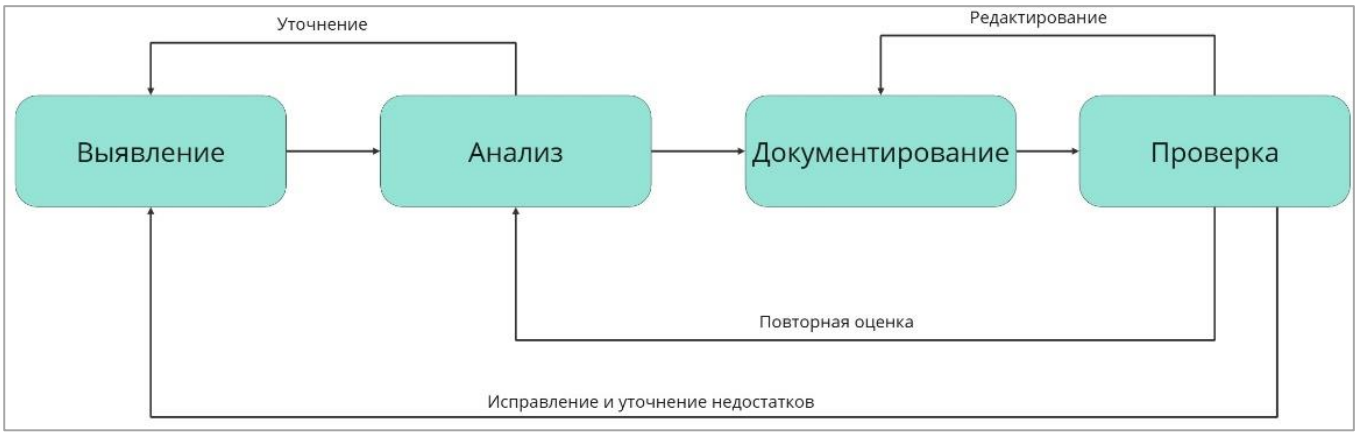


Рис. 4. Жизненный цикл требования

Все требования (бизнес-требования, функциональные и нефункциональные требования) попадают в матрицу отслеживания требований [5]. Анализ этапов проекта и жизненного цикла позволили смоделировать дерево документации, представленное на рисунке 5. В результате видно, что с самого начала проекта формируется дерево документов из технического задания и документации заказчика, полученные на фазе инициации.

Далее на фазе анализа команда бизнес-аналитиков начинает работу с полной документацией, после чего вся информация попадает в матрицу прослеживаемости, что позволяет обеспечить полноту требований, последить их изменения и вовремя выявить потенциальные пробелы или несоответствия между требованиями и реализацией, что позволит минимизировать риски.

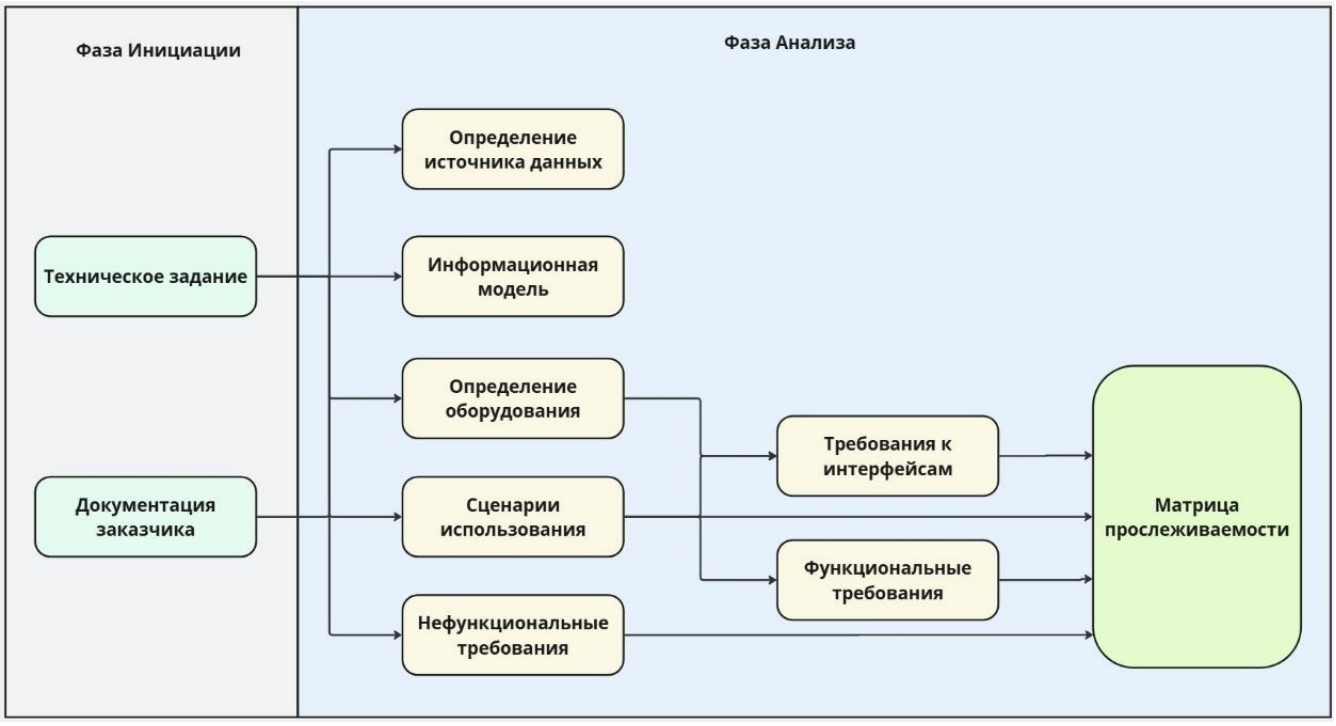


Рис. 5. Дерево документов

В результате анализа процесса управления требований в компании – разработчика ПО для сферы телекома было выявлено несоответствие требований пользователей в процессе разработки и внедрения решений, что приводит с несоответствием функционала системы реальным потребностям заказчика и задержкой сроков завершения проектов.

Выявленные проблемы:

1. Неэффективная приоритезация требований. В процессе разработки часто встречались требования, затрагивающие критическую часть проекта с наименьшим приоритетом, чем в действительности. В результате чего они были отложены, и фокус частично был смещен на менее важные функции, что привело к штрафу, увеличению сроку реализации проекта и итоговой стоимости.

2. Трудность быстрой и гибкой адаптации требований на изменение в бизнесе. Требования в телекоме часто меняются в процессе реализации, процесс управления требованиями не интегрирован с процессом разработки.

Предложения по возможным решениям проблем:

1. Проработка интеграции гибких методологий (Agile) в процесс разработки требований. Часть проектов в компании – разработчика ПО для сферы телекома ведется по Agile и часть по Waterfall.

При внедрении Agile важно интегрировать регулярные итерации с конечными пользователями, для быстрого выявления несоответствий и корректировке продукта.

2. Внедрение нового процесса приоритезации требований на основе реальной бизнес-ценности. Важно пересмотреть приоритезацию требований именно по их важности для бизнеса.

3. Разработка и использование прототипирования и MVP подхода для проверки требований. Разработка и создание MVP продукта поможет быстро протестировать гипотезы и требования на практике на ранних стадиях проекта.

Проблема несоответствия требований и реальных результатов бизнеса получаемых от внедрения цифровых проектов телекома может быть решена через внедрение гибких технологий в процесс управления требований для более тесной интеграции пользователей в процесс разработки, что позволит увеличить качество требования.

Важно придерживаться прозрачности, гибкости и поддерживать актуальность требований на всех этапах проекта, что в результате позволит улучшить внедряемый продукт и снизить риски, связанные с его внедрением.

Список используемых источников

1. Вигерс К., Битти Д. Разработка требований к программному обеспечению. 3-е изд. СПб: БХВ-Петербург, 2019.

2. Рынок телекоммуникаций РФ: тенденции развития и превращение представителей телекома в экосистемы // URL: https://delprof.ru/ (дата обращения 04.02.2024).
3. SDLC Жизненный цикл разработки ПО // URL: https://rt-solar.ru/ (дата обращения 09.03.2024).
4. Как стать настоящим аналитиком? Часть 2. Выявляем требования // URL: https://habr.com/ (дата обращения 09.09.2024).
5. Требования (Requirements) // URL: https://vladislaveremeev.gitbook.io/ (дата обращения 15.09.2024).
6. Пирогов В. Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование / В. Ю. Пирогов. СПб.: БХВ-Петербург, 2013.

Urgalkina K. **MANAGING THE REQUIREMENTS DEVELOPMENT PROCESS IN DIGITAL TELECOM PROJECTS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Requirements process management in digital telecom projects. The role of requirements management at the stages of the software development lifecycle and in the requirements definition process. A digital product as an OSS/BSS communication operations management solution from a telecommunications software company. The stages of the implementation project for the customer, the change management process at all stages of the project and the requirements lifecycle.

Key words: Requirements management, SDLC, OSS, BSS.

УДК 658.513.1
ГРНТИ 65.01.21

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА

А. Н. Шингарева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматривается бизнес-процесс взаимодействия клиент-менеджер и разработанная методика для повышения эффективности ведения проекта по автоматизации документооборота, с помощью которой сокращаем время выполнения задач сотрудников.

проект автоматизации, эффективность, документооборот, имитационное моделирование, BPMN

На сегодняшний день бизнес-процессы, связанные с взаимодействием менеджера и клиента, играют ключевую роль в формировании репутации компании, повышении уровня продаж и удержании клиентов. Эти процессы включают в себя последовательность действий и коммуникаций, которые направлены на выявление потребностей клиента, разработку предложений, согласование условий, заключение сделок и последующее сопровождение. Правильно выстроенное взаимодействие позволяет не только удовлетворить запросы клиента, но и сформировать долгосрочные и доверительные отношения, что в свою очередь положительно влияет на устойчивость бизнеса и ведения коммуникации в проектной деятельности.

Бизнес-процесс «Работа менеджера с клиентом» включает в себя несколько этапов взаимодействия менеджера с клиентом и внутренними сотрудниками компании, направленных на продажу или внедрение продукта системы.

Основные ресурсы и участники процесса:

1. Менеджер. Основной исполнитель процесса, отвечает за коммуникацию с клиентом и координацию всех этапов.

2. Аналитик. Участвует в обсуждении технических аспектов и подготовке коммерческого предложения.

3. Юрист. Вовлекается на этапе подготовки и согласования договора.

4. Клиент. Основной контрагент, чьи потребности и задачи являются центром всех этапов процесса.

В таблице 1 представлено описание этапов и результаты прохождения бизнес-процесса.

ТАБЛИЦА 1. Бизнес-процесс «Работа менеджера с клиентом»

№	Действие	Описание действия	Роль	Результат
1	Проконсультировать по услугам и ценам	На данном этапе Менеджер консультирует клиента по услугам, рассказывает о компании	Менеджер	Проведена консультация с клиентом по интересующим вопросам Клиента
2	Предложить демонстрацию системы	Если Клиента устраивают предлагаемые Услуги, Менеджер предлагает провести демонстрацию системы для более глубокого представления о системе совместно с Аналитиком	Менеджер	Предложена демонстрация системы, по итогам которой Клиент соглашается или отказывается от услуг компании
3	Оформить коммерческое предложение	Если Клиент знаком с системой и ему не нужна демонстрация, то Менеджер составляет коммерческое предложение	Менеджер	Оформлено коммерческое предложение
4	Отправить КП	Менеджер отправляет по информационным средствам КП	Менеджер	Отправлено по почте коммерческое письмо
5	Согласование времени	На данном этапе Менеджер согласовывает время встречи с Клиентом	Менеджер	Время проведения встречи согласовано
6	Подготовка к демонстрации	На данном этапе Аналитик подготавливает демонстрационную базу, согласно пожеланиям Клиента	Аналитик	Демонстрационная база готова к показу
7	Координирование демонстрации	Во время встречи Менеджер организовывает встречу в онлайн формате, отвечает на вопросы, касающиеся	Менеджер	Успешно проведена демонстрация системы совместно с Клиентом и Аналитиком
8	Проведение демонстрации	Аналитик рассказывает и показывает информационную систему, отвечает на вопросы Клиента	Аналитик	Успешно проведена демонстрация системы совместно с Клиентом и Менеджером
9	Запросить обратную связь от клиента	После проведения демонстрации Менеджер запрашивает обратную связь от Клиента, все ли его устраивает. По необходимости отвечает на дополнительные вопросы	Менеджер	Получена обратная запись от Клиента
10	Оформить КП	Если Клиента устраивает система, то оформляется КП с требованиями Клиента	Менеджер	Оформлено коммерческое предложение
11	Дать рекомендации по описанию услуг	Аналитик помогает оформить КП, уточняет время и риски будущего проекта	Аналитик	Сформированы рекомендации по описанию услуг и времени
12	Отправить КП	Менеджер отправляет по информационным средствам КП	Менеджер	Отправлено по почте коммерческое письмо
13	Оформить договор	Если Клиента устраивает КП, то Менеджер начинает оформлять Договор	Менеджер	Оформлено договор
14	Согласование договора с клиентом	На данном этапе Менеджер согласовывает Договор с Клиентом	Менеджер	Договор согласован с Клиентом
15	Внести правки в договор	При не согласовании Договора, Менеджер вносит правки согласно пожеланиям Клиента	Менеджер	В договор внесены правки от Клиента
16	Согласовать договор	На данном этапе Менеджер согласовывает Договор с Юристом	Юрист	Договор согласован со стороны Юриста
17	Внести правки от юриста	На данном этапе Менеджер вносит правки согласно требованиям юридического отдела	Менеджер	В договор внесены правки от Юриста

На рисунке 1 представлен бизнес-процесс «Работа менеджера с клиентом» в графическом виде с использованием стандарта BPMN, созданный с помощью инструментов Bizagi Process Modeler. Данный процесс описывает основные этапы взаимодействия менеджера с клиентом, включая получение запроса, консультацию, подготовку и оформление коммерческого предложения и договора.

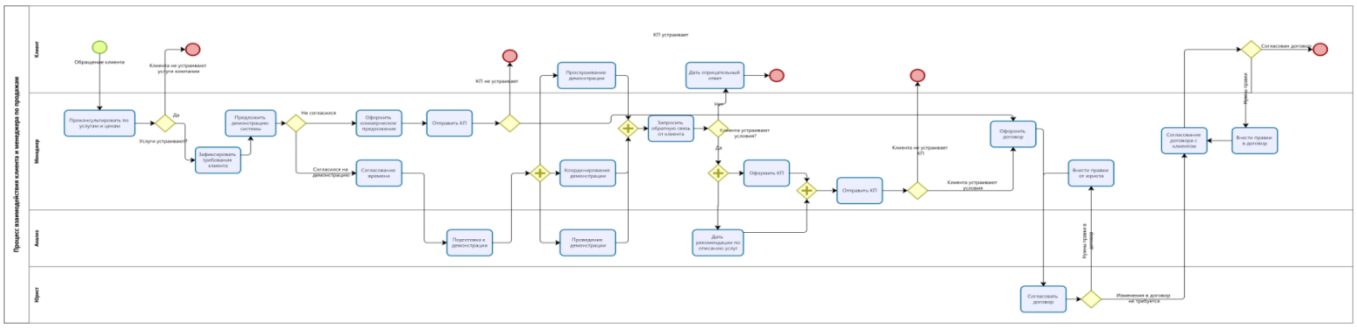


Рис. 1. BPMN-модель бизнес-процесса «Работа менеджера с клиентом»

Проанализировав построенную модель на весь жизненный цикл бизнес-процесса получаем, что на одного клиента уходит 30 часов, и это является не рациональным для повышения количества клиентов и качества работы менеджера.

Можно сделать вывод, для повышения качества работы и ускорения процесса взаимодействия менеджера с клиентом необходимо разработать нижеследующую методику.

Использовать карту выбора вопросов по продажам документооборота, который позволит минимизировать время общения с клиентом, получить более подходящие ответы на заданные вопросы. Это позволит менеджеру четко и быстро составлять коммерческое предложение и договор, тем самым снижая трудозатраты аналитика.

Цель внедрения новой методики – повысить эффективность проекта внедрения документооборота и сократить время работы менеджера для поиска новых клиентов.

Продажа услуг одна из первостепенных задач отдела по внедрению информационных систем, так как от результатов Менеджера зависит работа проектной команды. Для этого необходимо внедрить в деятельность Менеджера карту выбора, по которой Менеджер сможет задавать точные вопросы и фиксировать ответы. По итогам общения Менеджер сможет составлять требования к демонстрации или коммерческое предложение, зависит от пожеланий Клиента. В таблице 3 представлена карта выбора.

Карта выбора содержит в себе таблицу с вопросами и возможными ответами, от ответа зависит, какой логично задавать следующий вопрос. Таким образом, задавая вопросы в логичном формате, менеджер фиксирует все аспекты для представления о потребностях клиента, не пропуская нюансов, и с помощью зафиксированных ответов менеджер составляет коммерческое предложение или договор. В таблице 2 представлен формат вопрос/ответ, используемый менеджером.

ТАБЛИЦА 2. Пример карты выбора

		Выбор ответа			
	Вопросы				
1	Уточняем у Клиента какой перечень услуг его интересует	обследование	Спецификация 1	переходим к вопросу 5	Рассказываем о нашей компании и наших услуг
		проект	Спецификация 2		
		интеграция/синхронизация	Спецификация 3	переходим к вопросу 7	
		обучение	Спецификация 4	переходим к вопросу 6	
		конвертация	Спецификация 5	переходим к вопросу 9	
		обновление	Спецификация 6		
2	Уточняем у Клиента есть ли какая-то документация(например, техническое задание) для формирования КП	Если есть, то делаем запрос на предоставление документов/схем обменов данных		Предлагаем заполнить анкету	
3	Уточняем у Клиента к какому сектору относится их компания/учреждение. Крупная она или нет?	Государственное учреждение		Коммерческое предприятие	
		Если это крупное государственное учреждение, то предлагаем ДГУ.	В КП - ДГУ	Если это крупная коммерческая организация, то предлагаем КОРП	В КП - КОРП
		Если клиент не знает какую ему необходимо конфигурацию, то в таком случае предлагаем более дорогой вариант. Также выслать отличия версий	В КП - ДГУ	Если клиент не знает какую ему необходима конфигурация, то в таком случае предлагаем более дорогой вариант. Также выслать отличия версий	В КП - КОРП

Для расчета временного ресурса необходимо было провести имитационное моделирование, которое бы подтвердило сокращение времени работы менеджера. В таблице 3 приведены результаты проведенного моделирования в Bizagi Process Modeler.

ТАБЛИЦА 3. Время обработки задач для методики

№	Действие	Время без методики	Время с методикой	Разница
1	Проконсультировать по услугам и ценам	10-40 минут	10-20 минут	20 минут
2	Предложить демонстрацию системы	2-8 минут	2-8 минут	-
3	Оформить коммерческое предложение	3-6 часов	1-4 часа	2 часа
4	Отправить КП	10 минут	10 минут	-
5	Согласование времени	5-30 минут	5-30 минут	-
6	Подготовка к демонстрации	60-240 минут	60-240 минут	-
7	Координирование демонстрации	30 минут – 2 часа	30 минут – 2 часа	-
8	Проведение демонстрации	30 минут – 2 часа	30 минут – 2 часа	-
9	Запросить обратную связь от клиента	10 минут – 20 минут	10 минут – 20 минут	-
10	Оформить КП	3-6 часов	1-3 часа	3 часа
11	Дать рекомендации по описанию услуг	10 минут -1 час	10-30 минут	30 минут
12	Отправить КП	10 минут	10 минут	-
13	Оформить договор	5-8 часов	3-6 часов	2 часа
14	Согласование Договора с клиентом	30-60 минут	30-60 минут	-
15	Внести правки в договор	30 минут – 3 часа	30 минут – 3 часа	-
16	Согласовать договор	30-180 минут	30-180 минут	-
17	Внести правки от юриста	30-180 минут	30-180 минут	-

При оценке времени на весь жизненный процесс работы менеджера до подписания договора, временной ресурс сократился на 21 %, тем самым методика эффективна в использовании.

Таким образом, использование разработанной методики в проектах внедрения документооборота дает возможность снижения потери клиентов и времени прохождения бизнес-процесса, что успешно отражается в качестве работы сотрудников, в соблюдении сроков и бюджета, и тем самым повышая количество привлеченных клиентов в компанию по автоматизации документооборота.

Список используемых источников

1. Основы управления проектами: [учеб. пособие] / Л. Н. Боронина, З. В. Сенук. М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. 2-е изд., доп. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016 134 с.
2. BPM-система: виды, функции, задачи, структура. URL: https://sales-generator.ru/blog/bpm-sistema/#5 (дата обращения 25.02.2024)
3. Оценка эффективности проекта. URL: https://www.kck.ru/solutions/otsenka-effektivnosti-proekta (дата обращения 12.06.2024)

Shingareva A. **DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF DOCUMENT FLOW AUTOMATION PROJECTS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article describes the business process of client-manager interaction and the developed methodology for assessing the effectiveness of a project to automate document flow, with the help of which the time required to complete tasks by employees is reduced.

Key words: automation project, efficiency, document flow, simulation, BPMN

Экология и формирование информационного пространства

УДК 3179.433.748
ГРНТИ 87.03

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИИ ДУДЕРГОФСКИХ ВЫСОТ

А. К. Белая
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире проблема радиационной безопасности становится все более актуальной и требует постоянного внимания и изучения. Территория Дудергофских высот, расположенная на аномальной для Ленинградской области территории, представляет особый интерес для исследования радиационной обстановки. Данный регион имеет сложную историю воздействия радиации, что делает его объектом повышенного внимания для научных исследований.

радиационная обстановка, естественная радиация, Гатчинский район, Дудергофские высоты

Дудергофские высоты расположены к юго-западу от Санкт-Петербурга и резко контрастируют с окружающей равнинной местностью, представляя собой своего рода уникальное образование в геоморфологическом и геологическом отношении. Условия залегания, мощность и облик пород, слагающих Дудергофские высоты, аномальны для окружающей местности и уже несколько столетий служит предметом довольно оживленных дискуссий в научной среде. Основным предметом споров является то, что есть несколько версий происхождения этих гор, однако единого мнения на сей счет пока нет. На рисунке 1 представлена карта природных (естественных) источников радиации Ленинградской области [1].

В российских Нормах Радиационной Безопасности (НРБ-99/2009) предельный уровень содержания радона в воде, при котором уже требуется вмешательство и дополнительные исследования, установлен на уровне 60 Бк/л. Предельно допустимая норма радона в воде для питья – 120 Бк/л. Согласно проведенным исследованиям, первое место среди источников радиации в Ленинградской области занимают именно природные факторы (около 83 %).

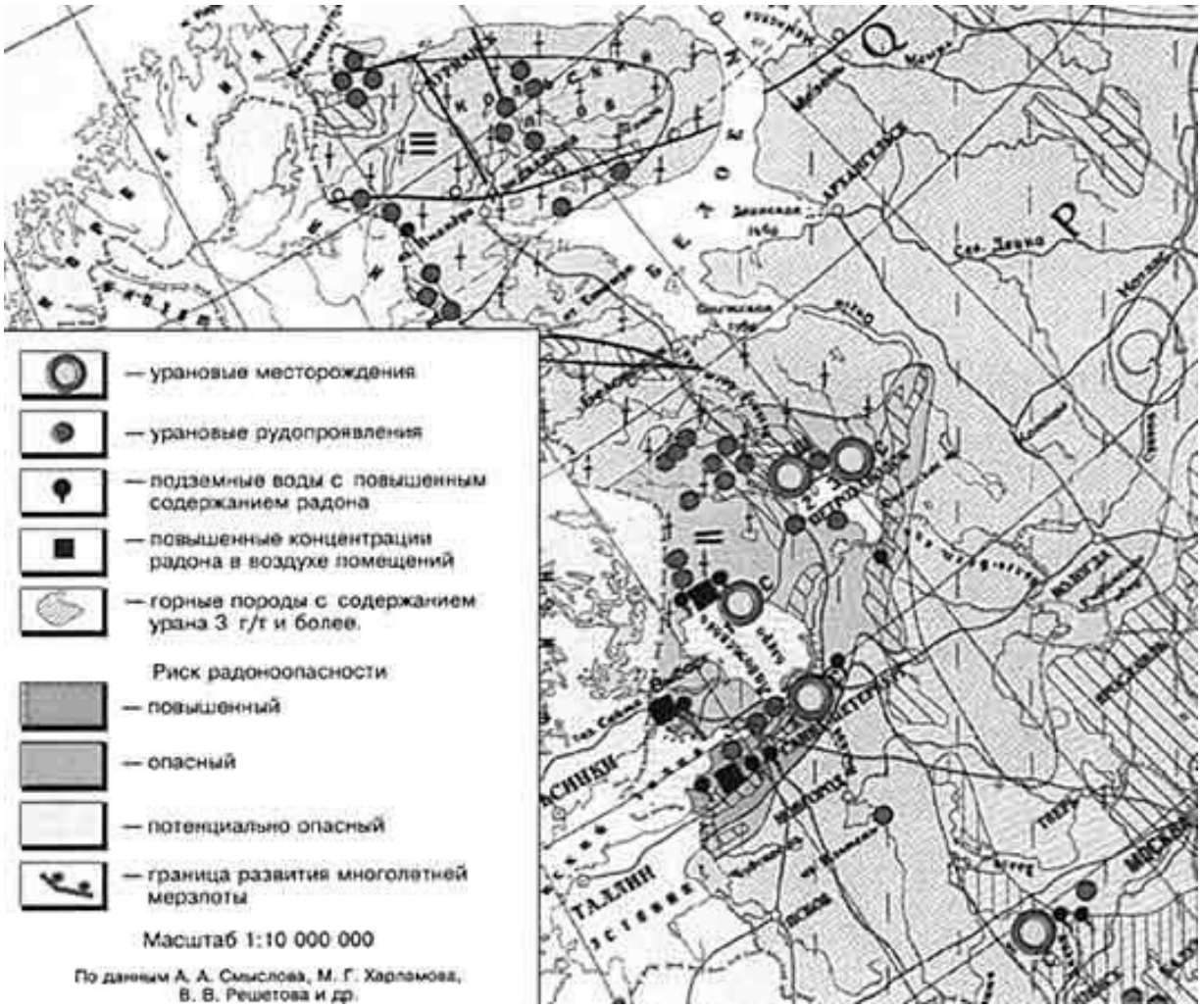


Рис. 1. Карта естественных источников радиации Ленинградской области

В первый день было проведено 8 поисковых измерений на разных точках поверхности грунта в районе Дудергофских высот. Были проведены радиометрические измерения в тех точках, где обнажена нижнеордовикская толща. Измерения производились осенью 2023 года, результаты которых отображены в таблице 1 [2].

ТАБЛИЦА 1. Результаты замеров МАД на каждой точке
с учетом статистической обработки результатов

Точка отбора	Показатель, мкЗв\ч
Точка № 1	1,09 ± 0,03
Точка № 2	0,77 ± 0,03
Точка № 3	0,47 ± 0,03
Точка № 4	0,18 ± 0,03
Точка № 5	0,38 ± 0,03
Точка № 6	0,45 ± 0,03
Точка № 7	0,53 ± 0,03
Точка № 8	0,55 ± 0,03

Следует также отметить, что замеры каждой точки производились не менее 20 раз. В точках наиболее высоких показателей радиационного фона были отобраны пробы грунта (а именно в точках № 1, № 2, № 3, № 7 и № 8). Дата, время отбора были также зафиксированы в первичных документах. Отобрав 5 проб с точек наибольшей радиоактивности и зафиксировав все данные в паспортах пробах и актах отбора проб, далее были отобраны пробы воды из водоема на территории Туттари-парка – парка активного отдыха, где превышен уровень природного радиационного фона, но несмотря на это там ежедневно отдыхают люди. Отобрав грунт и воду, на следующий день пробы были привезены в АО «Радиевый институт им. В. Г. Хлопина» где были подвержены лабораторным исследованиям. Перед началом анализов пробы необходимо подготовить, проделав ряд манипуляций. Пробы почвы необходимо просушить, особенно в таком влажном состоянии, в каком они были привезены. Сушка выполняется в сушильном шкафу на простой индукционной плите, в таре из стали. Почву необходимо постоянно помешивать лопаткой, и сушить до полного испарения влаги. Затем пробу в пакете отправляют на сверхточные весы. Необходимо учитывать также вес пакета – для этого сначала пакет взвешивается отдельно, а затем вычитается его вес от всего содержимого. Пакет, в который был упакован сухой остаток почвы, весил 15,44 грамм. Таким образом, из 500 грамм отобранного грунта остались значения, отображенные в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Вес отобранных проб грунта после подготовки

Проба (индекс, номер)	Вес, гр
ГП24-01	99,50
ГП24-02	79,77
ГП24-03	93,42
ГП24-04	106,54
ГП24-05	91,95

Суть исследования заключается в том, что гамма-частицы создают колебания (гамма-ритм), которые фиксирует гамма-детектор. Данные с детектора поступают в программу, отображаемую на компьютере, создавая спектр. Индивидуально разработанная программа «Гамма-спектр», существующая исключительно на площадке АО «Радиевый институт имени В. Г. Хлопина», зафиксировав следующие результаты, отраженные в таблице 3 [3].

ТАБЛИЦА 3. Результаты активности радионуклидов в пробах почв

Проба	Удельная активность радиоактивных нуклидов, Бк/кг							
	^{235}U	^{223}Ra(^{235}U)	^{227}Th(^{235}U)	^{234}mPa(^{238}U)	^{226}Ra(^{238}U)	^{232}Th	Cs^{137}	K^{40}
ГП24-01	56 ± 15	61 ± 15	59 ± 15	1080 ± 250	1250 ± 220	55 ± 15	<2	1160 ± 250
ГП24-02	48 ± 12	55 ± 16	47 ± 14	710 ± 200	620 ± 210	28 ± 14	1.5 ± 0.5	770 ± 150
ГП24-03	46 ± 14	53 ± 15	48 ± 12	870 ± 210	660 ± 200	30 ± 10	1.1 ± 0.4	820 ± 140
ГП24-04	38 ± 9	52 ± 10	37 ± 11	665 ± 180	600 ± 160	31 ± 8	1.8 ± 0.5	720 ± 110
Проба	Удельная активность радиоактивных нуклидов, Бк/кг							
ГП24-05	42 ± 12	53 ± 15	40 ± 12	700 ± 200	650 ± 200	27 ± 10	2.3 ± 0.8	690 ± 150
Среднее значение, Бк/кг	39,6	54,8	46,2	805	756	34,2	1,54	832

Усредним полученные данные:

1г ^{238}U = 12.43 кБк

1г ^{235}U = 80 кБк

1г ^{232}Th = 4.07 кБк

Исследование, которое длилось 4 часа для каждой пробы, установило, что пробы ГП24-01, ГП24-02, ГП24-03, ГП24-04 показали видимые колебания при ^{235}U (наиболее сильное, превышающее норму) и ^{234}mPa(^{238}U).

Первая проба (ГП24-01) была отобрана в месте, где был наиболее сильный фон (Точка № 1) – и именно там обнаружилось превышение нормы урана-238 и урана-235. В свою очередь, такие элементы как торий, изотопы протактиния, радон, цезий и калий, являющимися продуктами распада урана, и присутствуют в почве в пределах допустимой нормы в соответствии с СанПиН 2.6.1.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения», п.4.2.2. ОА радона в воде, рассчитанное с помощью соотношения:

$$Q_{\text{в}} = Q \times \left(\alpha + \frac{V_2}{V1}\right) \times \exp\left(\lambda_{\text{Rn}} \times t\right),$$

где Q – измеренная объемная активность радона в пробе, Бк·м$^{-3}$, V_2 – объем измерительной камеры, V_2 = 0,94 л; V_1 – объем отобранной пробы воды в пробоотборник; V_1 = 0,046 л, t – время, прошедшее от момента окончания отбора пробы воды до начала измерений, мин, $t = t_1 - t_2$; λ_{Rn} – постоянная распада ^{222}Rn, мин$^{-1}$; $\lambda = 1{,}26 \cdot 10^{-4}$ мин$^{-1}$, a - коэффициент растворимости радона в воде, $\alpha = 0.25$.

Измерение коэффициента растворимости от температуры в диапазоне температур изменяет результат расчета не более чем на 0.5 %.

Результаты измерений заносят в протокол.

Таким образом, Q = 414 Бк·м$^{-3}$[4].

Прибор показал измерение, значение которого равно 414 Бк/л при норме от 40 до 80.000 Бк/л.

В соответствии с «Методикой экспрессного измерения объемной активности радона-222 в воде» с помощью радиометра радона, настоящая рекомендация устанавливает методику выполнения измерений объемной активности радона –222 (ОАР) в воде в диапазоне от 6000 до 80000 Бк·м$^{-3}$. Работа прибора основана на электростатическом осаждении ионизированных дочерних продуктов распада радона в измерительной камере на поверхность полупроводникового детектора и последующей регистрации альфа-излучения RaA(^{218}Po).

Таким образом, с помощью прибора были установлены значения объемной активности радона в воде ниже допустимой нормы согласно НРБ 99/2009. Поскольку пробоотбор был выполнен в середине апреля и с поверхности воды, анализ можно считать недостаточным для окончательного результата. Необходимы более детальные измерения из грунтовых глубинных вод.

Сравнение полученных результатов с результатами в других исследованиях. Полученные исследования могут быть использованы для дальнейшего мониторинга водных объектов Гатчинского района. Учитывая геологические и геоморфолочиеские особенности территории Дудергофских высот, исторические аспекты данной территории (особенно в период Второй Мировой войны), а также изложенные научные исследования относительно естественного радиационного фона, можно выдвинуть несколько гипотез генезиса превышения уровня радиации на данной территории. Геологическое строение Дудергофских высот интересно и необычно и служит объектом множества дискуссий. Условия залегания пород, их мощность и облик аномальны для окружающей территории. На относительно малой территории можно найти почти все варианты отложений, формирующихся вблизи края ледника. Донная морена покрывает все исследуемое пространство. Восточной стороне Кирхгофа карьерами были вскрыты типичные флювиогляциальные осадки (галечники). Значительная масса эрратических глыб находятся вблизи вершин возвышенностей или же в долине между гор. При этом в нижней части северных и северо-западных склонов они практически отсутствуют, что необычно. А на Кирхгофской возвышенности сохранилась трогообразная долина, которая имеет субмеридиональное направление.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующее заключение и выводы: территория Дудергофских высот, на котором расположен парк активного отдыха «Туттари-парк», непригоден для рекреационной зоны. Стоит отметить, что исследования необходимо провести также среди населения путем опроса о наличии онколо-

гических заболеваний, заболеваний крови, эмфиземы и иных повреждениях организма. Можно сказать, что экологическое состояние Дудергофских высот отмечается как неблагоприятное. Относительное загрязнение водных объектов и сильное загрязнение почвы и воздуха говорят о негативных последствиях, которые сказываются как на окружающей среде, так и на жизни населения.

Список используемых источников

1. Официальный сайт «Дыши свободно. Экология городов и регионов». URL: http://www.dishisvobodno.ru/rad_eco_spb_reg.html (дата обращения 14.10.2024)
2. Климатическая карта // Учебный географический атлас Ленинградской области и Санкт-Петербурга / Ответственный редактор Вассерштorм Л. М. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 1997. 10 С.
3. Соломаха Г. А., Сочава А. А. / Волноводно-щелевые решетки с электронным управлением лучом // Научный форум с международным участием "Неделя науки СПбПУ". 2014. С. 8-17.
4. Официальный сайт «Экологические карты Санкт-Петербурга и Ленинградской области». URL: http://www.online.spb.ru/ecology/ecologymaps.php (дата обращения 14.10.2024 г.)

***Belaia A.* STUDY OF RADIATION SITUATION IN THE TERRITORY OF DUDERGOF HEIGHTS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

In the modern world, the problem of radiation safety is becoming increasingly urgent and requires constant attention and study. The territory of the Dudergof Heights, located on an anomalous territory for the Leningrad Region, is of particular interest for the study of the radiation situation. This region has a complex history of radiation exposure, which makes it an object of increased attention for scientific research.
Key words: Radiation situation, natural radiation, Gatchina district, Dudergof heights.

УДК 504.4.054
ГРНТИ 34.47.51

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЧЕРНОЙ РЕКИ В 2023 ГОДУ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

А. Д. Бобер
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Экотоксикологическое состояние водных объектов оказывает значительное воздействие на здоровье биологических систем и качество водных ресурсов. В данной статье представлен анализ экотоксикологического состояния Черной речки в разные времена года и определением концентраций токсических элементов с использованием спектрального анализа.

токсикология, спектральный анализ, отложения, пробы воды, стоки с дороги

Водные объекты, такие как реки, озера и моря, являются важными компонентами нашей окружающей среды и играют решающую роль в поддержании биоразнообразия и обеспечении человеческих потребностей в воде. Однако современные экосистемы водных объектов подвергаются разнообразным антропогенным воздействиям, которые могут оказывать негативное воздействие на их экотоксикологическое состояние [1, 2].

Целью исследования является выявление токсикантов в водном объекте оказывающих воздействие на экотоксикологическое состояние река Черная. Полученные результаты представляют интерес для понимания долгосрочных последствий экотоксикологических изменений в водных экосистемах и обеспечения их устойчивости.

Объекты и методы исследования

Черная речка – приток Большой Невки. Длина реки составляет 8,1 км, ширина до 20 метров (в нижнем течении). Исток – пересечение Байконурской улицы и Богатырского проспекта, устье – Большая Невка [3].

При проведении сезонного мониторинга экотоксикологического состояния Черная речка, метод биотестирование с использованием живых организмов показал наличие токсинов и загрязнителей:

1. В весенний период токсичность проб воды больше, чем в остальное время года;

2. Весенне-летного сезона достаточно для того, чтобы снизить показатели токсичности поверхностных вод и осадить или сорбировать загрязняющие вещества.

Отбор проб проводился весной, летом и осенью, по межгосударственному стандарту 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков» [4].

Анализ выполнялся по методике ФР.1.39.2015.19242 «Методика определения токсичности проб природных, питьевых, хозяйственно питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных, талых, технологических вод экспресс-методом с применением прибора серии «биотестер», с использованием одноклеточных пресноводных тест-объектов инфузорий – Paramecium caudatum [5].

Так же были взяты образцы донных отложений, для мониторинга хронического загрязнения по ГОСТ 17.1.5.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность» [6].

Результаты исследование токсикантов

Валовые концентрации Zn, Cd, Pb и Cu определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на приборе “Agilent 7700x”. Определение концентрации подвижных форм тяжелых металлов (Cd, Cu, Pb, Zn) в отобранных пробах ДО проводили на приборе АВА-3 [7].

При лабораторном анализе было выявлено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) тяжелых металлов в воде реки Черная речка. Например, концентрации меди в точках S1 и S2 весной превышали ПДК в 9 и 3 раза соответственно [8]. Для соединений цинка в точке S1 весной наблюдалось превышение в 2,2 раза. Максимальные концентрации тяжелых металлов зафиксированы в весенний период, что связано с паводком и интенсивным поверхностным стоком [9]. Летом и осенью концентрации снижаются, однако антропогенные факторы продолжают оказывать влияние, особенно в точке S1.

В ходе исследований корреляционный анализ показал связь между pH воды и концентрациями металлов. На станции S1 кислотность воды весной была ниже, а летом возрастала. Это связано с изменениями физико-химических условий, вызванных сезонными колебаниями и техногенным воздействием. Результаты представлены в табл. 3.

ТАБЛИЦА 1. Координаты и сезонные изменения pH в поверхностных водах Черной речки.

Координаты прибрежной зоны Черной речки

Точки отбора	Координаты	Сезон	pH
S1	59.986493940 с.ш. 30.30239025 в.д	Весна	7.2 ± 0.1
		Лето	6.7 ± 0.1
		Осень	7.3 ± 0.1
S2	59.98947930 с.ш. 30.29077427 в.д.	Весна	7.6 ± 0.1
		Лето	7.5 ± 0.1
		Осень	6.3 ± 0.1

ТАБЛИЦА 2. Содержание тяжелых металлов в поверхностном водном слое Черной речки в весенне-осенний периоды

Точка отбора	Элемент	Средняя концентрация весной, мкг/л	Средняя концентрация летом, мкг/л	Средняя концентрация осенью, мкг/л	ПДК, мкг/л
S1	Cd	0.23 3± 0.017	0.138 ± 0.035	0.058 ± 0.008	5
	Pb	4.46 ± 0.12	1.65 ± 0.09	0.763 ± 0.034	6
	Cu	9.0 ± 0.2	2.68 ± 0.05	1.96 ± 0.05	1
	Zn	22.6 ± 1.4	3.83 ± 0.22	2.61 ± 0.19	10
S2	Cd	0.201 ± 0.015	0.066 ± 0.009	0.042 ± 0.06	5
	Pb	4.08 ± 0.56	0.948 ± 0.115	0.256 ± 0.021	6
	Cu	9.02 ± 0.69	2.99 ± 0.02	3.66 ± 0.43	1
	Zn	9.39 ± 0.29	3.20 ± 0.48	0.604 ± 0.053	10

ТАБЛИЦА 3. Коэффициенты корреляции между концентрациями металлов в воде и pH в весенний, летний и осенний периоды на станциях S1, S2 (n = 12)

Токсикант	S1	S2
	Коэффициент корреляции	
Cd	-0.69	-0.78
Pb	0.97	0.87
Cu	-0.78	-0.97
Zn	-0.80	-0.81

Донные отложения (ДО) также характеризуются значительным содержанием тяжелых металлов, особенно в точке S1, подверженной влиянию строительных и промышленных стоков. Сезонная динамика показала, что летом, в связи с увеличением микробной активности, усиливается перераспределение металлов в пределах придонного слоя. Данные представлены в табл. 4 и 5.

ТАБЛИЦА 4. Медиана валового и фоновой концентрации тяжелых металлов (мг/кг) в донных отложениях, отобранных в весенний, летний периоды

Токсикант	S1 Концентраця, мг/кг		S2 Концентраця, мг/кг		Фоновые концентрации, мг/кг
	Весна	Лето	Весна	Лето	
Cd	136	90	6	20	7.4
Pb	364	164	22	49	41.5
Cu	6.91	4.49	0.12	0.21	0.17
Zn	55	43	16	22	17.0
Cd	0.3	15.8	0.02	0.05	0.01

ТАБЛИЦА 5. Концентрации % содержание лабильных форм тяжелых металлов в S1 и S2

Точка отбора	Элемент	Средняя концентрация весной, мг/кг	Средняя концентрация летом, мг/кг	% лабильных форм весной	% лабильных форм летом
S1	Cd	1.65 ± 0.04	0.993 ± 0.397	24	22
	Pb	7.05 ± 0.26	8.34 ± 0.15	13	19
	Cu	1.08 ± 0.26	0.674 ± 0.067	0.8	0.7
	Zn	186 ± 60	73.4 ± 17	51	45
S2	Cd	0.0169 ± 0.0002	0.00451 ± 0.00012	14	2
	Pb	0.596 ± 0.012	2.13 ± 0.03	4	10
	Cu	0.314 ± 0.016	1.93 ± 0.13	5	10
	Zn	0.711 ± 0.037	5.39 ± 0.42	3	11

Исследование подвижных форм тяжелых металлов, которые представляют наибольшую экологическую опасность, выявило их более высокую долю в зоне с антропогенным воздействием (S1).

Коэффициенты распределения тяжелых металлов между донными отложениями и водой увеличиваются к осени, что свидетельствует о возрастании поглощающей способности отложений. Это может быть связано с изменением гидрохимических условий и снижением температуры, замедляющим миграцию металлов, графики представлены на рис. 1.

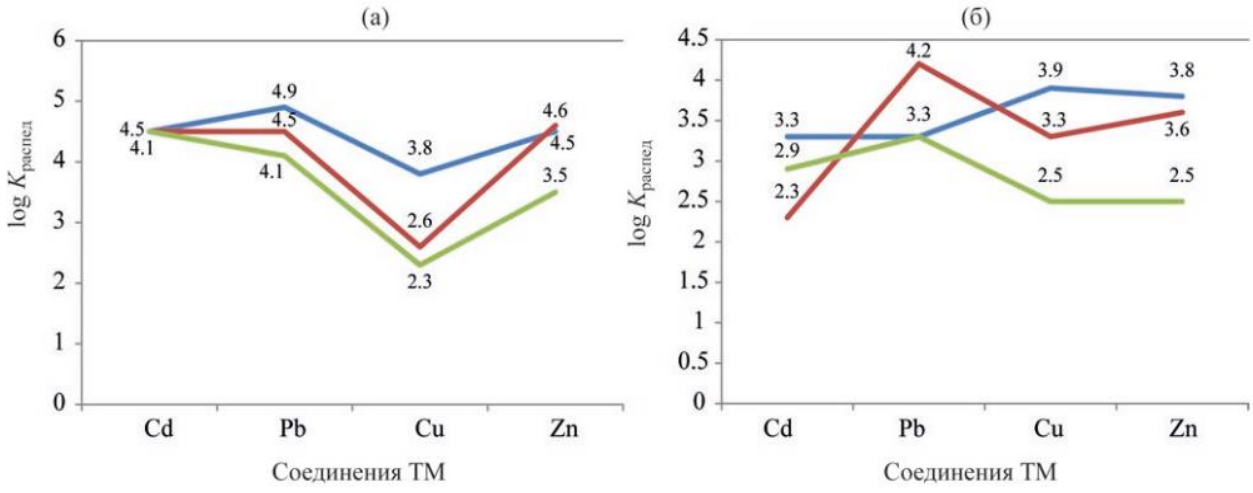


Рис. 1. Сезонные изменения коэффициентов распределения концентраций ТМ между донными отложениями и водой

Выводы

Исследование показало, что поверхность вод и донные отложения Черной речки подвержены значительному антропогенному воздействию, особенно в зоне истока (точка S1). В весенний период наблюдается максимальное превышение ПДК тяжелых металлов, что связано с паводковым стоком. Наибольшая загрязненность

выявлена для соединений меди, цинка и кадмия, при этом доля их подвижных форм выше в местах с интенсивным техногенным влиянием.

Список используемых источников

1. Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г. Общая гидрология: Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 463 с.
2. Фрумин Г. Т. Экологическая токсикология (экотоксикология). Курс лекций. СПб.: РГГМУ, 2013. 179 с
3. Бакаева Е. Н., Тарадайко М. Н. Экотоксичность поверхностных вод бассейна реки Северский Донец (Ростовская область) по результатам набора биотестов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. №4 (192). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekotoksichnost-poverhnostnyh-vod-basseyna-reki-severskiy-donets-rostovskaya-oblast-po-rezultatam-nabora-biotestov (дата обращения 24.10.2023).
4. ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков».
6. ГОСТ 17.1.5.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность».
7. Кудрявцева В. А., Попова Т. А., Шигаева Т. Д. Влияние сезонных и антропогенных факторов на изменение концентраций тяжелых металлов в городских водных системах // Экологическая химия 2024, 33 (4); 175–183.
8. Петров Д. С., Якушева А. М., Вестник СПбГУ. Науки о Земле, 2022, Т. 67, Вып. 3, с. 529.
9. Мостепан Е. В. Исследование влияния ливневых вод с автомобильных дорог с разной интенсивностью движения на загрязнение водных объектов // Вестник ХНАДУ. 2011. № 52.

Bober A. **ECOTOXICOLOGICAL STATE OF THE SURFACE WATERS OF THE CHERNAY RIVER IN 2023 BASED ON SPECTRAL ANALYSIS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The ecotoxicological condition of water bodies has a significant impact on the health of biological systems and the quality of water resources. This article presents an analysis of the ecotoxicological state of the Chernay River at different times of the year and the determination of concentrations of toxic elements using spectral analysis.

Key words: Toxicology, spectral analysis, sediments, water sample, Drains from the road.

УДК 55
ГРНТИ 87.01

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ГОРОДА ВЫБОРГ

В. Г. Кашникова, А. Н. Логиновская
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе определены основные источники ионизирующих излучений в городе Выборг, были проведены измерения мощности эквивалентной дозы поля гамма-излучения на территории Центрального района; на базе сделанных замеров построены карты радиоэкологического состояния территории Центрального района Выборга с применением ГИС-технологий.

радиация, ионизирующее излучение, радиоэкологическое состояние, геоинформационные технологии, картографирование

Под радиационным фоном принято понимать ионизирующие излучения от природных источников космического и земного происхождения, а также от искусственных радионуклидов, рассеянных в биосфере в результате деятельности человека [1].

Город Выборг расположен в области Балтийского щита, кристаллический фундамент которого представлен породами раннепротерозойского периода – гранитами рапакиви [2]. Для любых горных пород характерно содержание радиоактивных элементов в той или иной степени [1]. Уровень радиоактивности в этих породах определяется присутствием трех элементов: урана, тория и калия. Гранит является наиболее радиоактивным по сравнению с прочими породами, так как он имеет более значительные средние содержания урана и тория [3].

В строительстве зданий используются гранитные породы, которые также содержат естественные радиоактивные элементы [4]. Так, в Выборге граниты рапакиви применялись для облицовки зданий, строительства укреплений, замков и других сооружений и для изготовления брусчатки и укладки мостовых.

Кроме этого, территория Выборгского района характеризуется высокой степенью радоноопасности.

Автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) осуществляет непрерывный мониторинг в городе Выборг. Однако, учитывая наличие только одного поста наблюдений, расположенного по адресу ул. Советская, д. 12 [4], было проведено детальное исследование территории Центрального района с целью получения наиболее точных и подробных данных о мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, измеряемого в микрозивертах в час.

Для проведения замеров был использован дозиметр-радиометр РКС-107. Всего было взято 90 точек на территории Центрального района Выборга, в каждой из которой были проведены замеры мощности эквивалентной дозы. Обработка полученных результатов проводилась в геоинформационной системе ArcGIS, в сопутствующим ей программном обеспечении ArcMap в котором, на карту исследуемого района наносились точки, проведения замеров с координатной привязкой (рис.1).

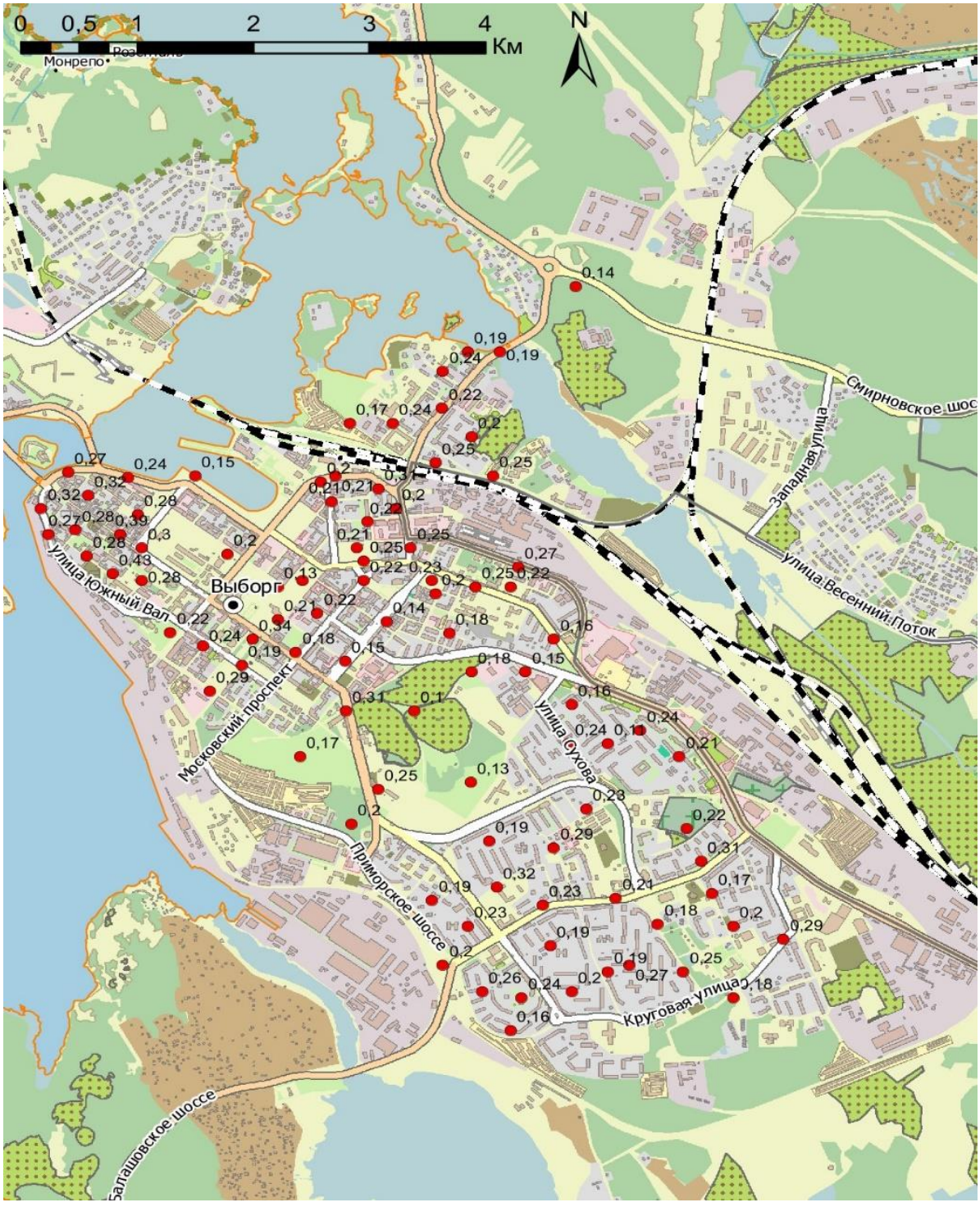


Рис. 1. Карта расположения точек замеров со значениями мощности эквивалентной дозы гамма-излучения мкЗв/ч в Центральном районе Выборга

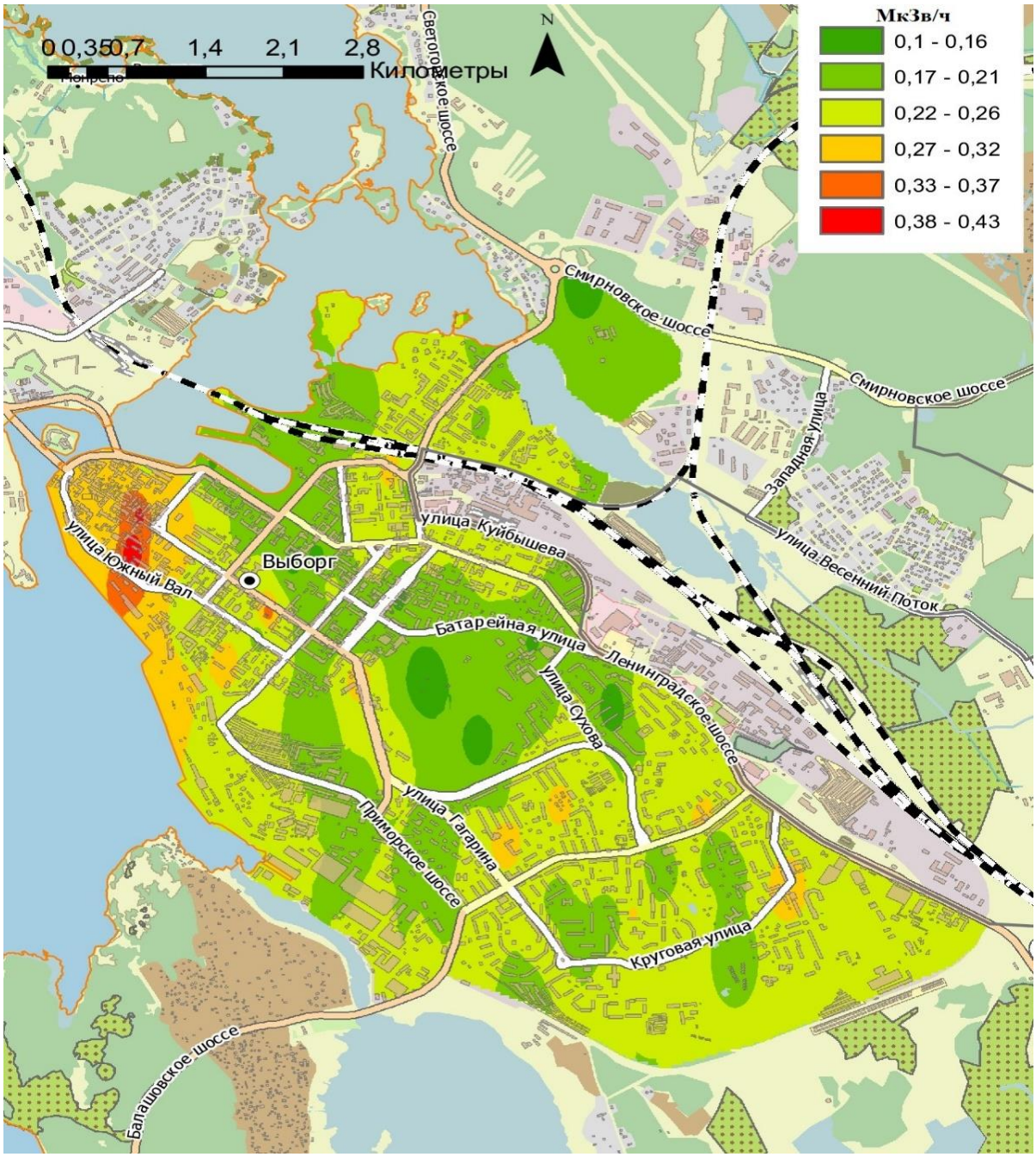


Рис.2. Карта с наложением интерполяции растра методом OBP с шагом 0,04-0,05 мкЗв/ч в Центральном районе Выборга

Из полученных замеров и составленных карт (рис. 1, 2), можно сделать вывод, что наибольшие показатели мощности эквивалентной дозы расположены на северо-западе района, точнее, возле Башни Ратуши (Выборгская ул., 15) – 0,43 мкЗв/ч, а также – 0,39 мкЗв/ч около Жилого дома И. Щусина (Крепостная ул., 15). Это обусловлено тем, что данная часть района была возведена в XV–XVII веках [5] с использованием гранитных материалов для облицовки зданий и мощения дорог, а особое внимание к вопросам радиационной безопасности при строительстве в России начали уделять только в конце XX века.

Наименьшие показатели представлены в Центральном парке культуры и отдыха имени Калинина на Батарейной горе (возвышенность около 30 метров над уровнем моря) – 0,1 и 0,13 мкЗв/ч. Средний показатель мощности эквивалентной дозы по району равен 0,24 мкЗв/ч.

Если обратиться к данным АСКРО, указанных в таблице 1 [4], то за последние 4 года можем заметить, что никаких аномальных скачков не наблюдается. Но стационарный датчик АСКРО расположен в зоне наименьших значений, полученных в результате замеров. Поэтому данные АСКРО не являются наиболее подробными относительно сделанных измерений, этим можно объяснить разницу средних и максимальных показателей, замеренных в 90 точках и данными АСКРО, получаемыми со стационарного датчика.

ТАБЛИЦА 1. Данные АСКРО по г. Выборг

Год	Среднее значение, мкЗв/ч	Максимальное значение, мкЗв/ч
2020	0,232	0,274
2021	0,234	0,275
2022	0,232	0,269
2023	0,235	0,277

В Российской Федерации утверждены Санитарные правила и нормативы – СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» и СП 2.6.1. 2612-1 «ОСПОРБ-99/2010» [7, 8], которые применяются для оценки опасности ионизирующего излучения от техногенных и природных источников.

Таким образом, в соответствии с рекомендациями российских нормативных документов, радиационный фон во всех точках района, а также средний уровень мощности эквивалентной дозы, полученный в результате замеров и по данным АСКРО, является допустимым и не представляет опасности для здоровья населения.

Список используемых источников

1. Бадрутдинов О. Р., Тюменев Р. С., Шуралев Э. А., Мукминов М. Н. Радиоактивность экосистем. Казань: Казан. ун-т, 2017. 201 с.
2. Беляев А. М., Рундквист Н. Д., Шапкина Ю. С. Состав и строение овоидов калиевого полевого шпата гранитов рапакиви Выборгского массива: Вестник ЛГУ, сер. 7, вып. 2, 1990.
3. Бекман И. Н. Прикладная радиохимия и радиационная безопасность: учебник и практикум для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2024. 386 с.
4. ФГУП "НИТИ им. А.П. Александрова" Автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) / ФГУП "НИТИ им. А.П. Александрова" // НИТИ РОСАТОМ: URL: https://niti.ru/ (дата обращения 12.10.2024).

5. Адаскина В. И., Вассель И. П., Закатилов Н. И. Выборг: Путеводитель: Риор. Ленинград: Лениздат, 1969. 136 с.
6. Гулимова Е. В., Младова Т. А. Экологическая безопасность строительных материалов и изделий: учеб. пособие [для вузов]: Комсомол.-на-Амуре гос. техн. ун-т. - Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2008. 106 с.
7. СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009" (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 7 июля 2009 г. N 47) // Информационно-правовой портал «ГАРАНТ». URL: https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/ (дата обращения 14.10.2024)
8. ОСПОРБ-99/2010 (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. N 40) // Информационно-правовой портал «ГАРАНТ». URL: https://base.garant.ru/12177986/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/ (дата обращения 15.10.2024)

Kashnikova V., Loginovskaya A. **MAPPING OF THE RADIOECOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE CENTRAL AREA OF VYBORG.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The study identified the main sources of ionizing radiation in the city of Vyborg and measured the equivalent dose rate of the gamma radiation field in the Central Area. Based on these measurements, maps of the radioecological state of the Central Area were created using GIS technologies.

Key words: radiation, ionizing radiation, radioecological environment, geoinformation technologies, mapping.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.33.29

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ГОРОДЕ МАХАЧКАЛА

М. С. Моралес-Кудлай
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматривается динамика средних годовых и сезонных температур атмосферного воздуха в городе Махачкала Республики Дагестан, для проведения анализа используются данные за 1960-2023 годы. Метеорологические данные получены с местных метеостанций и в ходе анализа используются методы статистической обработки климатических рядов. Результаты изучения данного вопроса важны для понимания климатических изменений в рассматриваемом регионе и могут быть использованы при разработке стратегий к изменяющимся климатическим условиям.

климат, атмосферный воздух, город Махачкала, разработка стратегий адаптации, глобальное потепление

Глобальные климатические изменения являются одной из наиболее актуальных мировых проблем, оказывающих влияние на различные отрасли человеческой жизни от влияния на природные условия до социально-экономических мировых систем. Изменение температуры атмосферного воздуха является одним из ключевых индикаторов глобального потепления и климатических изменений.

Город Махачкала Республики Дагестан расположен на побережье Каспийского моря в условиях горного рельефа Кавказа. В данной статье будет рассмотрена динамика изменения атмосферного воздуха в городе Махачкала, что является важной составляющей для практического применения городскими властями в ходе планирования деятельности, а также влияния на области сельского хозяйства и здравоохранения города.

Выбранный период с 1960 по 2023 годы находится в актуальной памяти, и в то же время вдвое превышает минимальный период климатических обобщений. С точки зрения оценки значимости и возможных перспектив современных климатических изменений, важно не только констатировать общую тенденцию, но и выявить характер ее временной изменчивости и распределение изменений по сезонам и месяцам.

Для выявления характера временной изменчивости и распределения изменений по сезонам и месяцам были построены и проанализированы графики изменения

среднегодовых, среднемесячных температур. Использовались линии полиномиального тренда 3-й степени для лучшего отображения нелинейных тенденций в данных.

Махачкала является третьим по численности населения среди городов Северо-Кавказского региона и крупнейшим городом Северо-Кавказского федерального округа. Рассматриваемый город характеризуется умеренно континентальным климатом. По метеорологическим данным [1], среднегодовая температура в Махачкале составляет 12,3°С. Для сравнения использованы данные ближайших метеостанций, расположенных в городах Каспийск и Избербаш, находящихся на расстоянии 15 км и 60 км от города Махачкала соответственно. Карта расположения метеостанций представлена на рис. 1.



Рис. 1. Расположение метеостанций Махачкалы и прилегающих территорий

Данные средней температуры воздуха по месяцам представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Средняя месячная температура воздуха в Махачкале

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя	-0.4	0.1	3.4	9.2	16.3	21.5	24.7	24.2	19.3	13.6	7.0	2.3	11.8
Ср. макс.	2.4	3.1	6.8	13.3	20.7	25.8	28.7	28.1	23.0	16.9	9.9	5.1	15.3
Ср. миним.	-3.0	-2.5	0.6	6.0	12.3	17.5	20.7	20.4	16.0	10.4	4.3	-0.2	8.5
Абс. макс.	16	21	26	26	35	36	36	37	35	27	25	20	37
Абс. миним.	-25	-20	-14	-5	0	7	11	8	1	-4	-20	-26	-26
Средняя температура наиболее холодных суток – 20.5, расчетная температура самой холодной пятидневки –14°С													

По метеорологическим данным таблицы 1 самым теплым месяцем в году в Махачкале является июль, средняя месячная температура которого составляет +24,8 °С, самым холодным месяцем является январь со среднемесячной температурой -0,4 °С.

На рис. 2 показана динамика средних температур в январе за период с 1960 по 2022 годы в городе Махачкала.

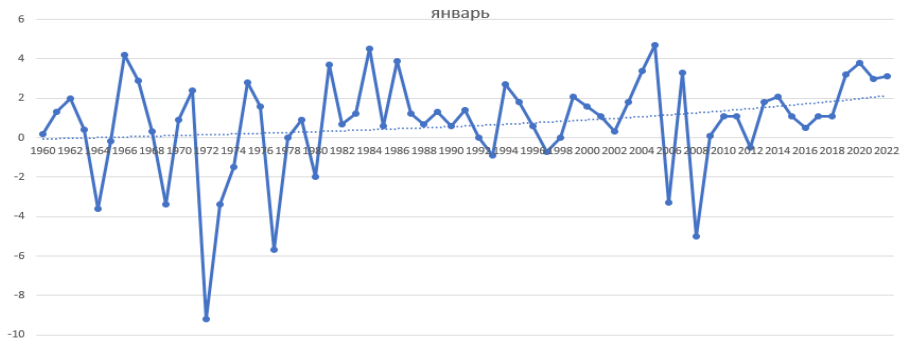


Рис. 2. Динамика температуры в январе в Махачкале за период с 1960-2022 гг.

В ходе анализа среднемесячных температур января за рассматриваемый период можно сделать вывод о том, что температура колебалась как выше, так и ниже нуля, что демонстрирует наличие как относительно теплых лет, так и холодных для Махачкалы в январе. Так, в 1960-е годы отмечено заметное похолодание с минимальными значениями температуры в январе -9,5°С, напротив в 1980-х годах зафиксировано увеличение температуры до 5°С, что для рассматриваемого периода является существенным потеплением [2].

С начала периода 1990-х годов зафиксирована общая тенденция к повышению температур в январе, линия тренда показывает легкий восходящий тренд, свидетельствующий о постепенном повышении температуры. Период с 2010 года по 2022 демонстрирует более стабильные температурные значения. Таким образом, динамика изменения температуры в январе свидетельствует о том, что зимние температуры становятся менее суровыми с течением времени, а количество дней с отрицательной температурой сокращается.

На рис. 3 показана динамика средних температур июня в Махачкале за период с 1960 по 2022 годы.

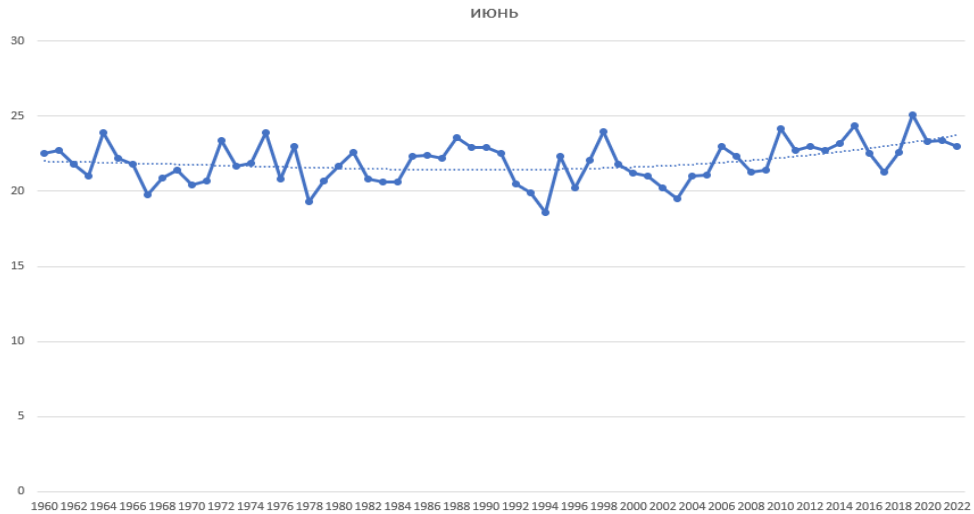


Рис. 3. Динамика температуры в июне в Махачкале за период с 1960-2022 гг.

Метеорологические данные показывают, что средние температуры в июне колеблются в диапазоне от 20°C до 25°C. В целом наблюдаются стабильные значения температуры в июне, что говорит о том, что летние температуры в регионе являются предсказуемыми. В период с 2010 года зафиксировано повышение температур.

На рис. 4 показана динамика среднегодовой температуры в Махачкале за период с 1960 по 2022 годы. Среднегодовая температура в регионе колебалась от 10 °C до 15 °C, что указывает на наличие заметных изменений температуры в рассматриваемом периоде.

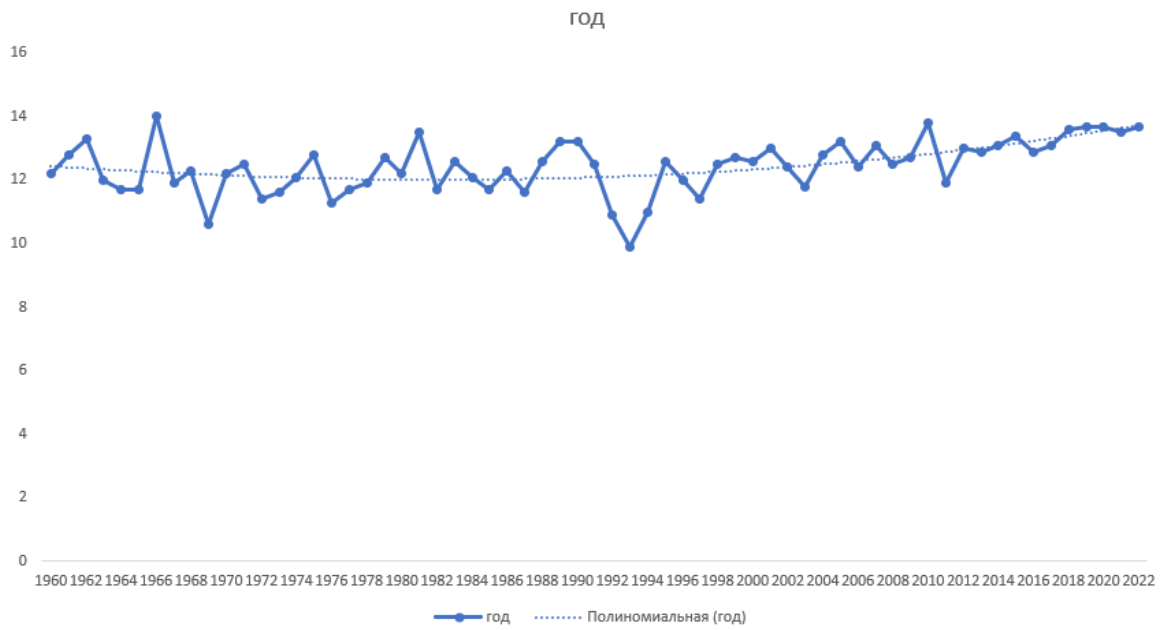


Рис. 4. Динамика среднегодовой температуры в Махачкале за период с 1960-2022 гг.

С начала 2000-х годов на графике зафиксирован устойчивый рост среднегодовой температуры в. Махачкале, что соответствует мировой тенденции потепления. В целом, подобный рост среднегодой температуры обусловлен как антропогенными факторами, так и естественными изменениями [3].

Подводя итог исследования, можно сделать вывод, что проведенный анализ динамики температурных показателей в городе Махачкала за период с 1960 по 2023 годы выявил существенные изменения в климатических условиях региона. Наблюдается общая тенденция к повышению среднегодовых температур, особенно было заметно увеличение температур в зимний период, где средние температуры демонстрируют восходящую линию тренда. Летние месяцы показывают повышение температур в настоящее время, но в целом являются более стабильными по отношению к зимним. Подобные изменения климата в регионе имеют значительные последствия для населения [4].

Анализ данных температур подчеркивает необходимость разработки стратегий адаптации к изменению температур, что включает в себя модернизацию инфраструктуры, а также оптимизацию использования водных и энергетических ресурсов

и повышение осведомленности населения города Махачкалы о изменении климатических условий.

Список используемых источников

1. Климатические данные для Махачкалы. meteoblue. URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Махачкала_Россия_532096 (дата обращения 07.11.2024).
2. Батова В. М. Колебания климата Северного Кавказа за последнее столетие // Эколого-географические проблемы Северного Кавказа и Нижнего Дона. Ростов-н/Д: Изд. РГУ, 1990. С. 84-95.
3. Дадашев А. М. Климатические особенности Махачкалинской зоны Дагестана по данным гидрометеонаблюдений. Мониторинг. Наука и технологии. Вып. 4. Махачкала, 2013. С. 27-34.
4. Погода и климат. Исторические данные погоды в России. Доступно по ссылке: http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ru (дата обращения 07.11.2024).

Morales-Kudlai M. **MODERN DYNAMICS OF AIR TEMPERATURE INDICATORS IN THE CITY OF MAKHACHKALA.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This article examines the dynamics of average annual and seasonal atmospheric air temperatures in the city of Makhachkala in the Republic of Dagestan. Data for the years 1960-2023 are used for the analysis. Meteorological data were obtained from local weather stations and methods of statistical processing of climate series are used during the analysis. The results of studying this issue are important for understanding climate change in the region under consideration and can be used in developing strategies for changing climatic conditions.

Key words: climate, atmospheric air, Makhachkala city, development of adaptation strategies, global warming.

УДК 504.06
ГРНТИ 87.53.13

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

М. А. Петров
Санкт-Петербургский государственный университет связи имени профессора М. А. Бонч-Бруевича

Синтетические полимерные материалы, оставаясь в почве, могут серьезно сказываться на ее биодинамике, вследствие их слабой биодеградируемости. Введение таких отходов приводит к нарастающему загрязнению почвенного слоя, сохраняющемуся на протяжении многих лет и даже десятилетий, что влечет за собой уменьшение количества и разнообразия почвенных микроорганизмов. Это, в свою очередь, негативно отражается на плодородности почвы и нарушает ее ключевые экосистемные функции. В рамках проведенного исследования было исследовано базальное дыхание почвы, засоренной тремя типами полимерных отходов, и за два года ученые пришли к выводам о вредном влиянии токсичных полимерных отходов на биологическую активность почвы.

полимерные отходы, биологическая активность почв, базальное дыхание почв

Контаминация грунтов полимерными материалами является значимой экологической задачей для глобального сообщества. Использование синтетических полимеров в изготовлении упаковочных материалов и множества продуктов жизнедеятельности приводит к их накоплению в почве, поскольку эти материалы устойчивы к процессам биодеградации. Это, в свою очередь, снижает плодородие земли и оказывает вредное влияние на экосистему, включая растения и животных.

Такое загрязнение часто вызвано неправильным утилизированием пластиковых изделий, а также неэффективностью инфраструктуры для переработки отходов.

Пластиковые отходы серьезно угрожают экосистемам Земли и здоровью населения, ведущие к нарушению баланса природы. Эта проблема тесно переплетается с другими экологическими вызовами, способна нанести длительный и необратимый вред. Объемы пластиковых отходов достигли таких масштабов, что их предложили использовать как маркеры антропоцена в геологической истории Земли.

Контаминация пластиковыми отходами океанов и речных бассейнов уже не первый год рассматривается как значимая экологическая проблема. Однако, наряду с водными экосистемами, насущной становится проблема загрязнения суши и, в частности, аграрных угодий. Пластиковые отходы, попадая в почву через различные каналы, сталкиваются с процессами почвенной детоксикации [1, 2].

В Российской Федерации широкое распространение получили оксобиоразлагаемые полимеры, характеризующиеся включением в их состав активаторов окислительного распада, что способствует ускоренной биодеградации под влиянием ультрафиолетового излучения, повышенных температур и кислорода атмосферы [3].

В рамках научной работы было осуществлено исследование, включающее эксперимент с использованием фертильной почвы, которая была искусственно контаминирована тремя различными видами полимерных материалов: пакетом, изготовленным из полиэтилена, биоразлагаемым пакетом на основе кукурузного крахмала, а также поливинилхлоридом в форме жидкого стекла. В течение двухлетнего периода производился регулярный полив и аэрация данной почвы для имитации натуральных условий среды. Для сравнительного анализа использовались пробы неконтаминированной фертильной почвы, выступающие в роли контрольной группы.

Определение интенсивности почвенного дыхания осуществлялись с помощью титриметрического метода и метода абсорбции CO_2. Этот подход базируется на захвате CO_2, выделяемого почвой, с использованием щелочного раствора в течение суток. Затем, для вычисления концентрации непоглощенной щелочи применяли титрование серной кислотой с добавлением индикатора фенолфталеина [4].

В 2023 году были получены первые данные базального дыхания [5]. Спустя 2 года с момента заложения опыта, были сняты новые показатели биологического дыхания. Через два года после начала исследования, нами были получены обновленные данные биологического дыхания.

Перед началом экспериментальной работы важно определить процент содержания воды в исследуемом материале и вычислить корректирующий коэффициент (k), позволяющий нормировать результаты к условиям сухой почвы. Затем, экспериментаторы переходят к изучению базального дыхания почв – ключевого этапа исследования. Организуют работу, используя 24 стеклянные контейнеры, в каждом из которых размещают по чашке Петри (с диаметром 35 мм и высотой 12 мм), заполненной увлажненной почвой, и емкость с разведенным щелочным раствором. Для обеспечения достоверности результатов, на каждый тип образца устанавливают по 6 повторений. Системы герметизируют на 24 часа, после чего проводят подготовку к титрованию: готовят бюретку, а также таблицу для фиксации результатов анализа. Процесс титрования включает добавление индикатора фенолфталеин в раствор щелочи перед взаимодействием с 0,02 N раствором серной кислоты, чтобы точно зафиксировать момент окончания реакции по изменению цвета с розового до бесцветного. Сначала проверяют четыре контрольных образца без почвы для учета фонового уровня CO_2, которое в них отсутствует, подтверждая нулевой уровень базального дыхания. На основе измеренного объема затраченной кислоты далее рассчитывают активность микроорганизмов в почве, используя формулу 1

$$CO_2 = \frac{(a-b)\cdot n\cdot 22\cdot 100}{k\cdot m} \quad (1)$$

где a – представляет объем H_2SO_4, использованного при титровании щелочного раствора в пробном измерении, соответствующий арифметическому среднему объемов из нескольких параллельных тестов, выраженный в миллилитрах;

b – объем серной кислоты (H_2SO_4), использованный для титрования анализируемого щелочного раствора, мл;

n – концентрация серной кислоты, выраженная в нормальных единицах.

k – коэффициент, используемый для приведения массы влажного образца к массе того же образца после высушивания при температуре 100-105°C;

22 – величина мг-экв CO_2;

m – масса влажной навески, г;

100 – нормирование к 100 г сухого вещества почвы.

Дыхание почвы, выраженное через эмиссию углекислого газа, служит основным индикатором ее биологической активности. Этот процесс отражает распад органических материалов и возвращение CO_2 обратно в атмосферу, занимая ключевую роль в циркуляции углерода, обеспечивая завершающую стадию в цепи питания планеты, благодаря работе аэробных гетеротрофных микроорганизмов почвы. Активность этих микроорганизмов напрямую влияет на объем производства CO_2.

Для каждого образца вычисляем арифметическое среднее всех измерений и заносим результаты в таблицу 1.

ТАБЛИЦА 1. Базальное дыхание образцов плодородной почвы, содержащей различные виды пластика

Образец	CO2 мг CO2/100 г сухой почвы Среднее значение ± 0,5	
	2023 год	2024 год
Контроль	9,7	9,9
Биоразлагаемый пакет	5,5	12,2
Кукурузный пакет	0	16,2
ПВХ	3,0	12,8

Исследование показало, что после двух лет воздействия синтетических полимерных отходов микрофлора адаптировалась к измененным условиям, успешно колонизируя все три типа загрязнений. Заслуживает отдельного упоминания эксперимент с биоразлагаемыми кукурузными пакетами, которые вначале являлись самыми токсичными и не вызывали активности микробного сообщества. Однако через три года наблюдений зафиксирован переход микроорганизмов к активной фазе разложения данного вида полимерного материала, где уровень метаболической активности,

выраженной через биологическое дыхание, превысил показатели в неконтаминированном образце.

Пример поливинилхлорида (ПВХ) не обладает четко обозначенным периодом биодеградации, но на основании теоретических исследований, доступных в научных публикациях и интернет-источниках, предполагается, что его разложение может занять до 500 лет. В эксперименте, измеряющем активность микроорганизмов в почве, ПВХ продемонстрировал улучшение показателей в сравнении с предыдущим годом. Однако, учитывая длительный процесс его деградации, в сравнении с материалами, способными к биоразложению, заметных изменений в визуальном аспекте обнаружить не удалось. В настоящее время для утилизации поливинилхлорида чаще всего применяют методы, такие как пиролиз или переработка с получением вторичного сырья.

В отношении визуальной оценки образцов почв, содержащих различные виды полимерных добавок (см. рисунок 1), наблюдается, что частицы материала Polymeteria изменили свои первоначальные характеристики: они потускнели и показывают признаки деструктуризации ткани (см. рисунок 1, а). Оболочка из кукурузного полимера практически исчезла на фоне процесса биодеградации (см. рисунок 1, б). Отдельные сегменты ПВХ потеряли глянцевое свойство, приобрели матовость, а также заметно изменили окрас, приняв желтоватый тон в сравнении с их исходным состоянием (см. рисунок 1, в).

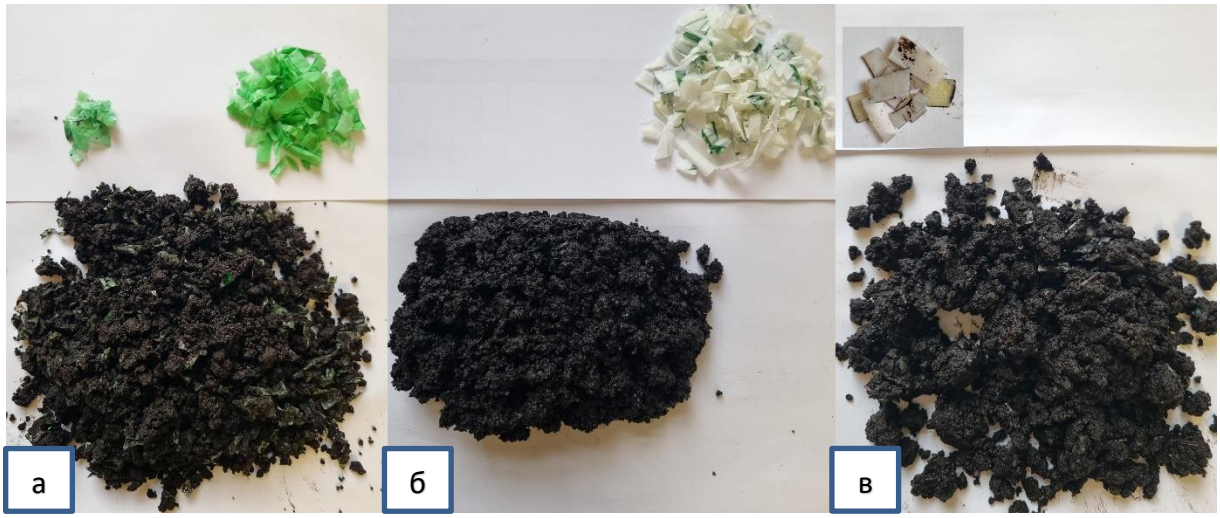


Рис. 1. Образцы почвы с различными полимерными отходами (а – кусочки пакета Polymeteria; б – кукурузный пакет; в – кусочки ПВХ)

Исследование базального метаболизма дыхания в анализируемых пробах выявило, что все виды полимерных отходов улучшили возможности почвы к самоочищению и скорректировали ее на присутствие полимерного загрязнения. В то же время, целесообразно продлить экспериментальное исследование из-за полимера Polymeteria, анонсированного как полностью биоразлагаемый материал, не приводящий к образованию микропластика. Спустя два года экспериментирования цель

исследования не достигнута, что ставит под вопрос продолжение работы в данном направлении с целью детального изучения воздействия полимерных отбросов на почвенные показатели плодородия, включая содержание ключевых минеральных компонентов и ферментативную активность почвы.

Список используемых источников

1. Сушко С. В., Ананьева Н. Д., Иващенко К. В., Васенев В. И., Саржанов Д. А. Микробное дыхание почвы в полевых и лабораторных условиях. / Агрофизика. №4. 2016. С. 17-23.
2. Леонов В. Д., Тиунов А. В. Взаимодействие беспозвоночных и синтетических полимеров в почве. / Экология. 2020. №6. С. 403-416.
3. Терехова В. А., Воронина Л. П., Николаева О. В., Бардина Т. В., Калмацкая О. А., Кирюшина А. П., Учанов П. В., Креславский В. Д., Васильева Г. К. Применение фитотестирования для решения задач экологического почвоведения // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2016. 41 с.
4. ГОСТ 17.4.4.02-2017: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации, 30 ноября 2017 г. N 52 // Госстандарт, 2017. 10 с.
5. Петров М. А. Влияние полимерных отходов на биологическую активность почв. / Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ2023). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; материалы конф.: в 2 т. Т. 1. 2023. С. 305–309.

Petrov M. **ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF POLYMER WASTE ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS.**

The Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications

Synthetic polymer materials remaining in the soil can seriously affect its biodynamics due to their weak biodegradability. The introduction of such waste leads to an increasing contamination of the soil layer, which persists for many years and even decades, which leads to a decrease in the number and diversity of soil microorganisms. This, in turn, negatively affects soil fertility and disrupts its key ecosystem functions. As part of the study, the basal respiration of soil clogged with three types of polymer waste was investigated, and in two years, scientists came to conclusions about the harmful effects of toxic polymer waste on the biological activity of the soil.

Key words: polymer waste, soil, plastic pollution, biological activity of soils, basal respiration of soil.

УДК 504.3/5:628.4
ГРНТИ 87.03.17

ПРОБЛЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ СВАЛОК И ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Е. Н. Попова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе рассмотрены основные трудности, с которыми могут столкнуться изыскательские организации в процессе обследования территорий, занятых полигонами и свалками твердых коммунальных отходов, в том числе несанкционированных. Рассмотренные аспекты позволят разработчикам нормативной документации расширять перечни обязательных обследований при проведении инженерных изысканий.

рекультивация, полигоны ТКО, проектирование, изыскания, свалки

Инженерно-экологические изыскания являются важным этапом при разработке проектов рекультивации или ликвидации свалок и полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО). Полученные при обследовании данные позволяют оценить экологическое состояние территории, а также они являются важными исходными данными для разработки проектной документации, в частности тома по воздействию на окружающую среду. Как показывает практика, обычно проведение таких изысканий связано с рядом трудностей, особенно если проходит обследование несанкционированных свалок.

При проведении инженерно-экологических изысканий для рекультивации полигонов ТКО необходимо учитывать требования Инструкции по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов (1996 г.), ТСН 11-301-2005 «Положение о порядке проведения работ по рекультивации несанкционированных свалок в городе Москве» [1] и самый главный нормативный документ для экологов-изыскателей – СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» [2].

Одна из основных проблем – выполнение газогеохимических исследований, гидрогеологических наблюдений и исследований подземных вод. Проведение этих исследований обосновано составом отходов, которые сложены на полигоне или свалке. В случае, если в составе свалочного грунта присутствуют органические отходы, такие исследования будут являться обязательными, поскольку при разложении органической части отходов образуется свалочный (био) газ, состоящий преимущественно из метана (CH_4) и углекислого газа (CO_2), а также фильтрат – едкая

жидкость, в состав которой могут входить тяжелые металлы, ядовитые вещества и др.

Газогеохимические исследования показывают объемную долю того или иного газа в отбираемых пробах свалочного газа (обычно замеряются доли CH_4, CO_2, H_2, O_2). В зависимости от объемной доли компонента определяется газогеохимическая опасность грунтов, от безопасной до пожаро- и взрывоопасной (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. Оценка степени газогеохимической опасности грунтов

Степень газогеохимической опасности грунтов	Объемная доля компонента, % об.			
	CH4	CO2	H2	O2
Безопасные	<0,1	<0,1	<0,1	≥18
Потенциально опасные	0,1-1,0	1,0-5,0	0,1-1,0	<18
Газогеохимически опасные	>1	>5	>1	<18
Пожаро- и взрывоопасные	≥5	–	≥4	–

При изыскании одного объекта, причем довольно небольшого, например, полигона площадью около 2 га, исследования могут показывать различные данные в зависимости от точки опробования, так как на полигонах чаще всего отходы складируются по типам (рисунок 1).

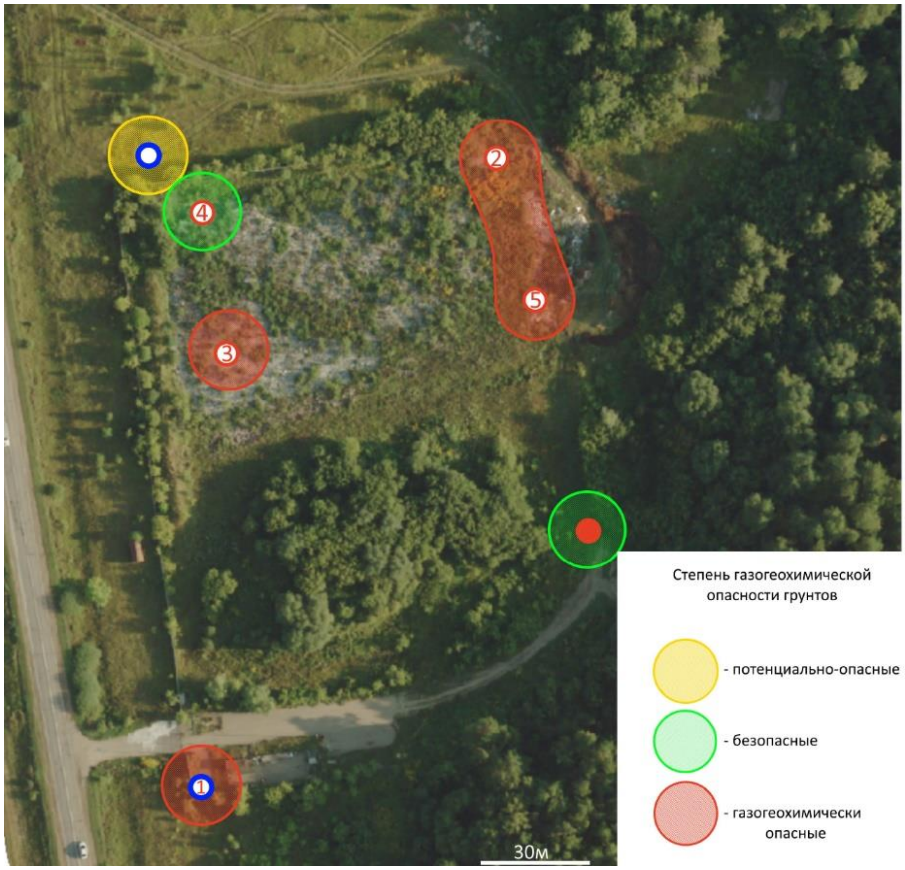


Рис. 1. Схема газогеохимической опасности грунтов на полигоне в пгт Лебяжье Кировской области

Основной трудностью при проведении газогеохимических исследований является непосредственно оценка состава биогаза, поскольку он зависит от нескольких моментов:

– климатические и геологические условия влияют на количественный и качественный состав биогаза;

– морфологические и химические характеристики отходов определяют условия складирования и влажность;

– плотность отходов влияет на интенсивность выделения биогаза [3].

Проведение газогеохимических исследований позволяет принять оптимальные решения по удалению биогаза во время рекультивации, а также оценить риски возможного возгорания массы отходов при аварийной ситуации.

Заметной проблемой также является определение объема накопленных на свалках отходов, особенно если отходы навалены в техногенные карьеры или естественные выемки, например, овраги. В отличие от определения объема мусора на полигонах, на которые чаще всего есть проектная и рабочая документация, из которой можно узнать объем котлована, информации о несанкционированных свалках нет. Примерное дно карьера или естественной выемки можно определить только методом бурения, но в любом случае такие данные остаются довольно условными. Объем будет зависеть от того, как инженеры геодезисты и геологи примут отметку дна отходов.

В практике встречаются объекты, где исходные данные сильно не совпадают с полученными в ходе инженерных изысканий. Например, при обследовании объекта накопленного вреда «Несанкционированная свалка р.п. Колышлей Колышлейского района (Пензенская область)» путем бурения и составления 3D-модели местности, в которой разделили поверхности отходов и подстилающих грунтов, примерный объем отходов составил 125 тыс. м^3, однако согласно исходным данным, предоставленным Администрацией Колышлейского района (заказчиком работ), объем составляет 2000 тыс. м^3. Разница между исходными и исходными данными составляет около 16 раз, что является довольно принципиальным для принятия проектных решений и их стоимости. Однако полученные данные все же могут подвергаться каким-то сомнениям и при реализации одобренного проекта финальная сумма затрат может оказаться больше или меньше в зависимости от выбранного пути рекультивации.

Важным аспектом в принятии решений также является качественный состав отходов на свалках. В зависимости от состава отходов в проектные решения могут добавляться, например, сортировочные линии с магнитами для того, чтобы выделить металлические составляющие, которые нельзя складировать на полигонах, но можно сдать на переработку.

Однако отбор проб отходов на свалках для определения их состава никак не регламентируется, к тому же состав свалочного грунта на свалках, в частности в небольших населенных пунктах, очень разнообразен, от строительных отходов до пищевых остатков. При отборе свалочных масс приходится закладывать несколько пробных площадок и с каждой из них собирать усредненную пробу, в которой состав был бы максимально репрезентативным для исследуемого участка [4].

Отбор проб для определения фонового уровня загрязнения почвы должен производиться за пределами местного антропогенного воздействия.

Таким образом, проведение инженерных изысканий на свалках и полигонах для проектов рекультивации требует комплексного подхода, использования современного оборудования и учета специфических требований. Только так можно обеспечить качественное выполнение работ и успешную реализацию проектов по восстановлению территорий.

Список используемых источников

1. ТСН 11-301-2005 «Положение о порядке проведения работ по рекультивации несанкционированных свалок в городе Москве».
2. СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ».
3. Газогеохимические исследования полигонов и свалок бытовых отходов. 2024. URL: https://www.rrec.ru/activity/geo/wastedumps.php?print=Y (дата обращения 15.08.2024).
4. Стурман В. И. Проблемы инженерных изысканий на объектах размещения твердых коммунальных и промышленных отходов при прохождении государственной экологической экспертизы // Инженерные изыскания, 2021. Том XV, № 1–2, с. 42–53, https://doi.org/10.25296/1997-8650-2021-15-1-2-42-53.

Popova E. **PROBLEMS OF CONDUCTING ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SURVEYS FOR THE DEVELOPMENT OF PROJECTS FOR THE RECLAMATION OF LANDFILLS AND SOLID WASTE SITES.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The work examines the main difficulties that survey organizations may encounter in the process of surveying territories occupied by landfills and dumps of solid household waste, including unauthorized ones. The considered aspects will allow developers of regulatory documentation to expand the lists of mandatory inspections when conducting engineering surveys.

Key words: reclamation, solid waste landfills, design, surveys, landfills.

УДК 504.03
ГРНТИ 87.01.80

ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ С ОРГАНАМИ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОТРАСЛИ

К. С. Соболева, В. И. Стурман
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. М. А. Бонч-Бруевича

Рассмотрены проблемы сбора необходимых для изыскательских организаций материалов в органах государственного управления природопользованием. Представлены данные о распространенности ответов, не удовлетворяющих изыскательские организации в разрезе регионов, ведомств и по годам. Представлены предложения о путях решения существующих проблем в рамках цифровизации отрасли.

инженерно-экологические изыскания, нормативная база изыскательских работ, природопользование, управление природопользованием, цифровизация

Свод правил по инженерно-экологическим изысканиям (ИЭИ) для строительства СП 502.1328500.2021 содержит (приложение Б) перечень уполномоченных министерств и ведомств, государственных органов, профильных организаций и перечень запросов для получения официальной информации о природных и природно-антропогенных условиях района, включающий 16 видов организаций-адресатов и 53 наименования запрашиваемой информации. Вследствие этого переписка изыскательских организаций с государственными органами стала существенной составной частью предполевого этапа ИЭИ, а штаты крупных организаций стали пополняться «специалистами по ведению переписки».

Проблемы взаимодействия изыскательских организаций с государственными органами включают не только возросшую с вступлением в силу СП 502.1328500.2021 бюрократическую нагрузку, но также качество и сроки получаемых ответов, и намечающуюся тенденцию к подмене полевых работ сбором справок. В целях количественной оценки содержания, степени остроты, структуры и динамики состояния указанных проблем было проанализировано содержание ответов государственных органов на запросы изыскательских организаций по 30 объектам ИЭИ, в т.ч. в 24 случаях изыскания были выполнены по объектам строительства поисковых и эксплуатационных скважин на нефть в регионах Восточной и Западной Сибири и в 6 случаях для проектов рекультивации объектов накопленного ущерба окружающей среде, в северной половине Европейской территории России. Ответы государственных органов подразделялись на следующие категории:

– ответ по существу, когда в письме содержится вся запрашиваемая информация;

– ответ в основном по существу, когда в письме содержится большая часть информации, но по некоторым позициям – отсылка в другое ведомство, на интернет-портал или к нормативно-техническому документу (НТД);

– ответ неполный, когда в письме не хватает существенной части запрошенных данных;

– ответ не вполне по существу, когда в письме содержится небольшая часть запрашиваемой информации, а по большинству позиций – отсылка в другое ведомство, на интернет-портал или к НТД;

– ответ не по существу, когда в письме имеется только отсылка в другое ведомство, на интернет-портал или к НТД.

Первые две категории рассматривались как ответы, удовлетворяющие изыскательские организации, остальные – как неудовлетворяющие. Всего было получено 295 ответов, в т.ч. 242 удовлетворяющих (82 %) и 53 неудовлетворяющих (18 %). Распределение неудовлетворяющих ответов по регионам представлено на рис. 1. При этом максимум, относящийся к Ханты-Мансийскому автономному округу, не вполне репрезентативен, поскольку по этому региону был получен всего один комплект ответов.

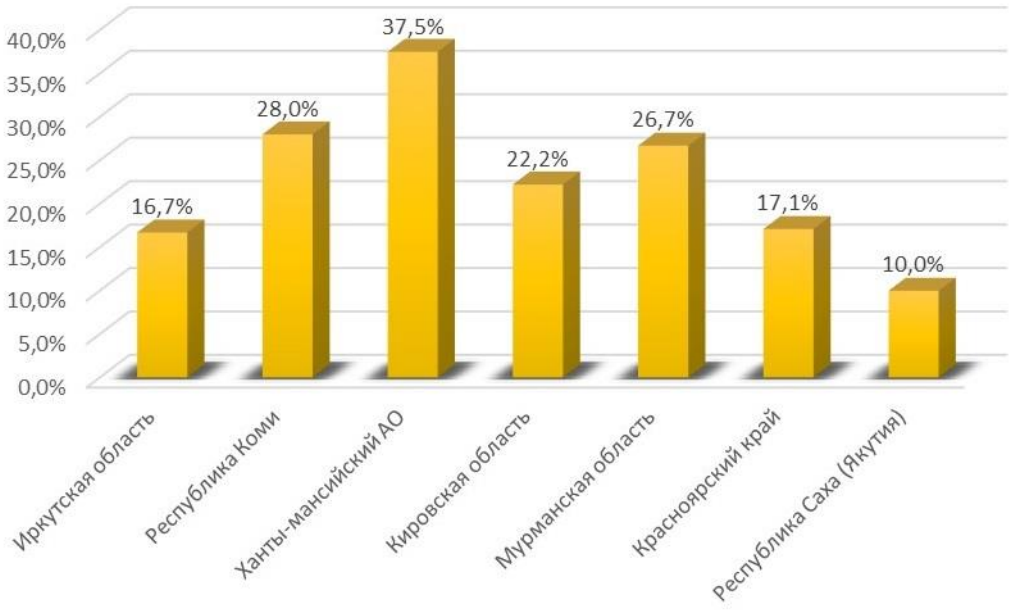


Рис. 1. Распределение неудовлетворяющих ответов по регионам

Распределение удовлетворяющих и неудовлетворяющих ответов показано на рис. 2. При этом 2021 г. не вполне репрезентативен, поскольку к этому году относится всего один комплект ответов. Однако из графика видно, что общая ситуация с качеством ответов определенной динамики не имеет. В результате, поскольку требования экспертных органов постепенно растут, изыскательским организациям при-

ходится прикладывать все большие усилия для сбора необходимой информации, а продолжительность предполевого этапа все более растягивается.

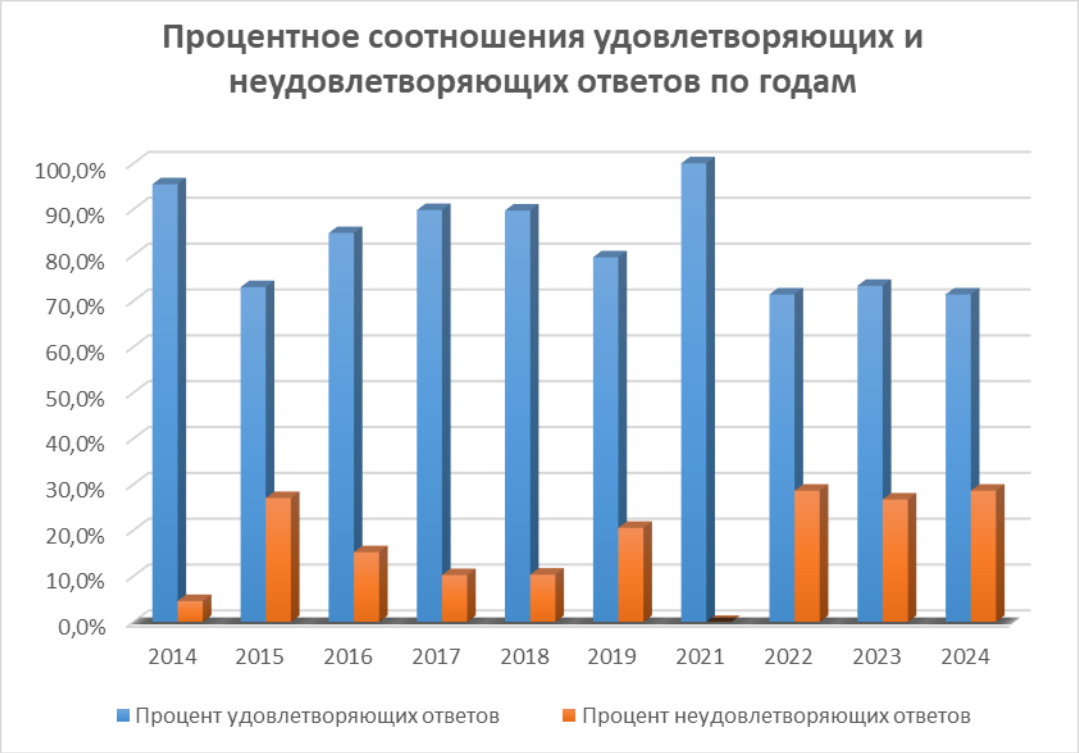


Рис. 2. Распределение удовлетворяющих и неудовлетворяющих ответов по годам

На рис. 3 представлено распределение удовлетворяющих и неудовлетворяющих ответов в зависимости от содержаний запросов. Как видно из него, не выявлено проблем в том, что касается приаэродромных территорий, скотомогильников и фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, т. е. в случаях, когда содержание запроса предельно понятно, а профильное ведомство располагает исчерпывающей информацией. Значительно сложнее обстоят дела в случаях, когда у изыскателей нет четкого понимания, в каком именно государственном органе следует запрашивать ту или иную информацию, а функции государственных органов и организаций не вполне однозначно распределены.

Другой стороной проблем взаимодействия изыскательских организаций с государственными органами является тенденция к подмене полевых работ сбором справок и т.п. В экспертной практике автора был случай, когда проектно-изыскательская организация мотивировала непредставление карты местообитаний животных отсутствием необходимых исходных данных в литературных источниках и сети Интернет, в то время как пп. 5.23.3, 5.22.4 СП 502.1325800.2021 (и аналогично пп. 5.22, 5.22.3, 5.22.4 в отношении растений) однозначно определяют роль изыскательской организации как производителя, а не потребителя информации о местообитаниях охраняемых видов.



Рис. 3. Распределение удовлетворяющих и неудовлетворяющих ответов в зависимости от содержаний запросов

Сроки ожидания ответов обычно составляют до 15 рабочих дней, иногда увеличиваясь до месяца. Однако нередко после 2-3 недель ожидания изыскатель получает отсылку в другое ведомство или на интернет-портал. По тем запросам, где поступил некорректный ответ или вообще не поступил, нужно написать повторные письма и снова ждать ответ. Таким образом сбор фондовых материалов может занять у эколога до 2 месяцев, а это весомый срок в рамках выполнения проекта.

Перспективы улучшения ситуации обычно связывают с цифровой трансформацией органов государственного управления природопользованием. Хорошим примером является реестр ООПТ федерального значения, на который можно ссылаться при выполнении инженерно-экологических изысканий [1]. До этого в течение многих лет в ответ на данный запрос приходил 30-страничный перечень ООПТ по всей территории РФ, а изыскателю молчаливо предлагалось самому определить, не попадает ли проектируемый объект в ту или иную ООПТ. К сожалению, указанный перечень не содержит картографических материалов, так что в данном случае электронный ресурс ускорил получение информации, но не повысил ее качество. На сайте Росприроднадзора [2] размещен государственный реестр объектов размещения отходов. Можно создать подобные реестры для сведений о существующих, проектируемых и перспективных ООПТ и зон охраны ООПТ; о территориях традиционного природопользования; об округах санитарной (горно-санитарной) охраны курортов, о лечебно-оздоровительных местностях, курортах и природно-лечебных ресурсов; о поверхностных источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения и ЗСО; о подземных источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения и их ЗСО; о

лесах, имеющих защитный статус, резервных лесах, особо защитных участках лесов, лесопарковых зеленых поясах; о несанкционированных свалках, полигонах и местах захоронения опасных отходов производства. В настоящее время появилась возможность автоматизировать рассылку запросов можно с помощью приложения «Ecolog Assistant» [3], позволяющего полностью вести документацию по ИЭИ, от рассылки запросов (из базы в более чем 400 инстанций в 47 регионах РФ) до автоматического создания технического отчета [4]. Процесс при этом ускоряется и облегчается, но качество получаемых ответов на запросы остается неизменным. При этом, по опросным данным [4], рассылка запросов и неполнота сведений об ограничениях природопользования входят в число ведущих проблем, которыми сталкивается эколог-изыскатель.

Один из возможных путей решения проблемы создание единого цифрового портала с информацией о степени изученности территории, картографическими материалами и другими данными. Однако хорошо известно, что чем сложнее структура информационной базы, тем тяжелее она администрируется. Тем не менее процесс цифровизации идет в настоящее время довольно активно, хотя универсальным средством решения проблем взаимодействия изыскательских организаций с государственными органами не является.

Список используемых источников

1. Письмо МПР РФ от 04.02.2020 N 09-1/1137-СБ «О предоставлении информации для инженерно-экологических изысканий». Текст: электронный. URL: https://docs.cntd.ru/document/565030195 (дата обращения:13.07.2024).
2. Росприроднадзор Государственный реестр объектов размещения отходов. URL: https://rpn.gov.ru/activity/regulation/kadastr/groro/ (дата обращения:13.07.2024).
3. Колесникова М. В. Создание единой платформы для разработки экологической составляющей проекта и взаимодействия в системе «эколог – изыскатель – проектировщик – заказчик» на базе веб-приложения Ecolog Assistant // Материалы XVI Общероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации», г. Москва, 1–3 декабря 2021 г. С. 183–187.
4. Ecolog-assistant. URL: https://ecolog-assistant.ru/blog/letters (дата обращения:13.07.2024).

Sturman V., Soboleva K. **PROBLEMS OF INTERACTION OF SURVEY ORGANIZATIONS WITH STATE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT BODIES AND DIGITALIZATION OF THE INDUSTRY.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The problems of collecting materials necessary for survey organizations in the state environmental management bodies are considered. Data on the prevalence of responses that do not satisfy survey organizations by region, department, and year are presented. Proposals on ways to solve existing problems within the framework of digitalization of the industry are presented.

Key words: engineering and environmental surveys, regulatory framework for survey work, environmental management, environmental management, digitalization.

УДК 504.055:504.064
ГРНТИ 87.55.33

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ТИПОЛОГИЯ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

В. И. Стурман
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Представлены сводные данные о распространенности аномальных значений электромагнитных полей на изученных урбанизированных территории. Установлено, что аномалии могут быть обусловлены проводами и кабелями воздушной или наземной прокладки. Указаны признаки тех и других.

электромагнитное загрязнение, картографирование электромагнитных полей, аномалии, урбанизированные территории

Кафедрой ЭБТ СПбГУТ с 2017 г. ведутся исследования электромагнитных полей промышленной частоты в центральных частях крупнейших городов России, в пределах некоторых менее крупных городов в целом, и (силами студентов, в рамках ВКР), по районам Санкт-Петербурга. Измерения выполняются, как правило, прибором Gigahertz Solutions ME 3830 B M/E Analyser (канадская фирма, производитель Германия). В настоящее время исследования выполнены в 13 городах; по их результатам [1, 2] выявлены следующие основные особенности:

– значения напряженности электрического поля, сопоставимые с гигиеническими нормативами согласно СанПиН 1.2.3685-21 [3] или превышающие их, наблюдаются только в непосредственной близости от высоковольтных линий электропередачи, тогда как на удалении от них обычно не превышают 3-5 в/м;

– повсеместное распространение магнитных полей от совокупности источников на урбанизированных территориях (электромагнитный смог), при зависимости величин магнитной индукции от характера использования и застройки территорий;

– наличие в пределах урбанизированных территорий аномально повышенных значений напряженности электрического поля и магнитной индукции, обусловленных локальными источниками;

– изменчивость электрических и магнитных полей, в зависимости от энергопотребления и нагрузки линий электропередачи, а также погодных условий, влияющих на электрофизические свойства воздуха;

– зависимость пространственного распределения магнитных полей и в т.ч. их аномалий от планировочных особенностей городов.

Краткие сведения об основных результатах выполненных исследований представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Краткие результаты исследований электромагнитных полей промышленной частоты в городах России

Города и годы исследования	Число точек измерения	Средние значения		Превышения ПДУ напряженности, % % от числа точек	Превышения магнитной индукции 200 нТл, % % от числа точек	Аномальные значения магнитной ин-дукции, % % от числа точек
		Напряженности электрического поля, в/м	Магнитной индукции, нТл			
Астрахань, 2023	161	6	273	-	23,6	12,4
Белгород, 2017	103	41	66	1,9	5,8	10,8
Великий Новгород, 2023	123	22	27	0,8	2,4	5,7
Ижевск, 2019	217	14	37	-	4,6	6,0
Казань, 2017	117	37	86	1,7	8,5	7,8
Калининград, 2019	163	14	50	0,6	4,3	12,2
Москва, 2018	203	21	94	-	12,4	10,8
Петрозаводск, 2017	146	44	70	2,7	6,8	11,0
Пушкин (Санкт-Петербург), 2019	160	16	37	0,6	2,5	5,0
Ржев, 2024	350	2	12	-	4,0	3,1
Санкт-Петербург, 2017-2018	330	94	163	9,1	33,6	13,9
Саратов, 2024	177	18	114	-	15,8	13,6
Ульяновск, 2024	138	30	101	1,4	12,8	11,0

Примечание: превышения ПДУ напряженности электрического поля фиксировались в пределах СЗЗ и охранных зон высоковольтных линий электропередачи.

Исследования 2023 г. в г. Астрахань и 2024 г. в гг. Саратов и Ульяновск позволили по-новому взглянуть на такое явление, как аномальные значения магнитной индукции. Ранее в качестве основного фактора их образования рассматривались недостаточно экранированные кабели подземной прокладки, и как исключение – разнообразные локальные источники. Аномалии определяются для соответствующих типов использования и застройки земель статистически, по отклонению значений от соответствующих средних на две (аномалия по 2-сигмовому пределу) или три (ано-

малия по 3-сигмовому пределу) величины среднего квадратического отклонения. Во всех 3 городах были отмечены довольно многочисленные проявления прямой зависимости значений магнитной индукции в зависимости от наличия или отсутствия в непосредственной близости от места измерения проводов или кабелей. В Астрахани были выявлены только аномалии, обусловленные непосредственно наблюдаемыми проводами и кабелями, в отличие от отсутствующих в этом городе аномалий, выявляемых у поверхности земли и обусловленных кабелями подземной прокладки. В Астрахани, при близком залегании грунтовых вод, причем минерализованных, таковые отсутствовали. В Саратове же и Ульяновске примерно одинаково часто наблюдались как аномалии воздушного происхождения, обусловленные проводами и другими источниками, так и аномалии грунтового происхождения, обусловленные кабелями подземной прокладки. Итого причинами аномалий могут быть:

– кабели подземной прокладки, выявляемые по существенному увеличению показателей вблизи поверхности земли;

– провода и кабели воздушной прокладки, роль которых выявляются по существенному снижению показателей при удалении от них;

– неустановленные при измерениях факторы, которыми с наибольшей вероятностью могут быть мощные электроприборы и оборудование в близрасположенных зданиях.

Соответственно, аномалии могут быть подразделены на воздушные, являющиеся частью электромагнитной обстановки территории, и грунтовые, проявляющиеся сугубо локально и не включенные в интерполяцию при построении изолинейной карты. Аномалии разного происхождения и степени выраженности обозначаются на карте значками разных видов.

Список используемых источников

1. Стурман В. И., Логиновская А. Н. Техногенные электромагнитные поля на городских территориях и подходы к их картографированию // Известия РАН. Серия географическая, 2022, том 86. С. 255–267.
2. Стурман В. И. Электромагнитные поля промышленной частоты в центральной части Астрахани, в сравнении с другими городами России // Куражсковские чтения. Материалы III Международной научно-практической конференции. Астрахань, 2024. С. 168-172.
3. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021. 469 с.

Sturman V. **THE PREVALENCE AND TYPOLOGY OF ABNORMAL VALUES OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF INDUSTRIAL FREQUENCY IN URBANIZED AREAS.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Summary data on the prevalence of abnormal values of electromagnetic fields in the studied urbanized territories are presented. It has been established that anomalies can be caused by wires and cables of air or ground laying. The signs of both are indicated.

Key words: electromagnetic pollution, mapping of electromagnetic fields, anomalies, urbanized areas.

УДК 504.75.05
ГРНТИ 39.01.05

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИЙ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОКРУГОВ № 65 И № 68 ПРИМОРСКОГО РАЙОНА Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Е. С. Сычева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На основании проведенной оценки воздействия звукового давления на территориях муниципальных округов № 65 и № 68 Приморского района г. Санкт-Петербурга выполнена разработка мероприятий, направленных на снижение шумового загрязнения и определена их эффективность.

акустическое воздействие, шумозащитный экран, шумозащитные мероприятия, расчет шума

Одна из болезненных и актуальных экологических проблем для Санкт-Петербурга – шумовое загрязнение. Исследование территорий муниципальных округов № 65 и № 68 Приморского района показали, что вблизи фасадов жилых домов, прилегающих к ЗСД, наблюдаются превышения нормативных значений уровня шума.

На рис. 1 представлена карта с фактическими уровнями акустического давления, снятыми при помощи шумомера DT-8851.

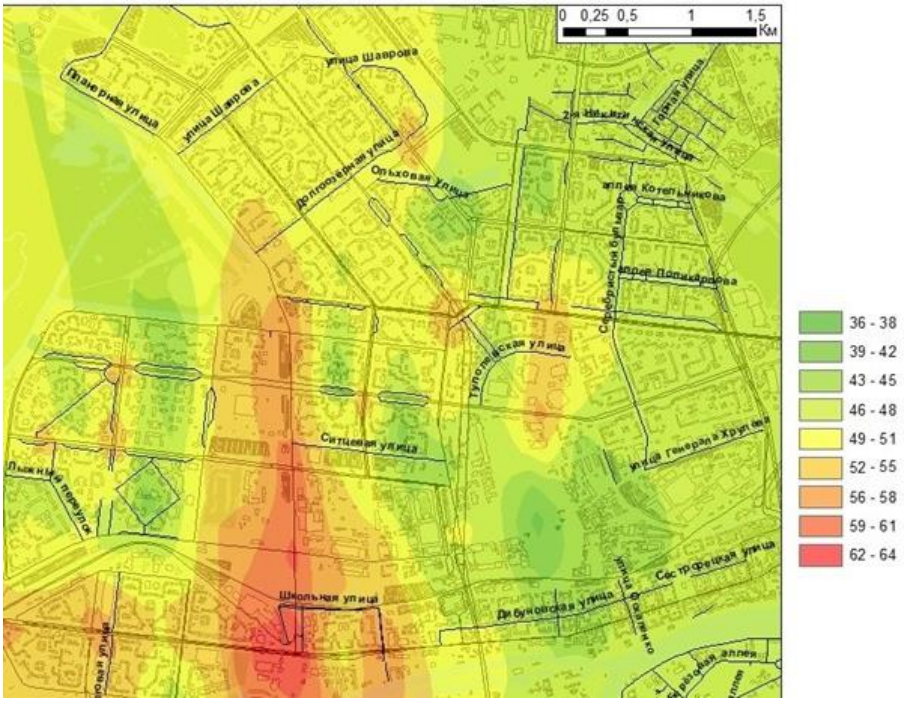


Рис. 1. Карта с наложением интерполяции растра методом ОВР, дБА

Наибольший показатель уровня шума находится вблизи с ЗСД на пересечении Приморского шоссе, Планерной улицы и улицы Савушкина и составляет от 59 до 64 дБА.

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [1], в качестве нормативного уровня на территории жилой застройки днем приняты эквивалентные уровни звука, равные 55 дБА и максимальные уровни звука, равные 70 дБА, для жилых помещений приняты эквивалентные уровни звука, равные 40 дБА и максимальные уровни звука, равные 55 дБА днем. Замеры в ночное время не проводились.

Фактические уровни шума превышают эквивалентные уровни звука до 9 дБА при наличии шумозащитных экранов на исследуемой территории, в связи с чем требуется проведение дополнительных шумозащитных мероприятий, таких как шумозащитное остекление и приточные шумозащитные устройства для обеспечения снижения шума внутри жилых помещений.

Рассмотрена возможность установки приточных шумозащитных устройств (ПШУ), при условии, что звукоизоляция закрытого окна превышает или равна 24 дБА. При превышении у фасада свыше 24 дБА рассматривается установка оконных блоков с двойным остеклением со спаренными створками, с форточной створкой совместно с установкой клапанов проветривания. Изоляция воздушного шума транспортного потока определялась исходя из требуемого снижения уровня шума внутри жилого помещения. Класс проектируемых оконных блоков выбирался согласно ГОСТ 23166-2024 [2].

Класс шумозащитного остекления, с учетом изоляции транспортного шума клапаном проветривания, представлен в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Класс шумозащитного остекления

$R_{Атранс}$, дБА	Класс окна по ГОСТ 23166-2024
Более 36	А
34-36	Б
31-33	В
30-28	Г
25-27	Д

Результаты расчетов суммарных уровней звука в жилых помещениях от всех источников шума в установленных расчетных точках при наличии шумозащитного экрана и с учетом применения дополнительных шумозащитных мероприятий, таких

как шумозащитное остекление и приточные шумозащитные устройства, представлены для жилого помещения по адресу ул. Савушкина, дом 115 корп. 1 в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Уровни шума в жилом помещении с учетом шумозащитного остекления и шумозащитных экранов

Расчетная точка	Уровни в РТ, дБА		Наличие проектируемого остекления	Нормативные значения, дБА		Превышения, дБА	
	Lэкв.	Lмакс		Lэкв.	Lмакс	Lэкв.	Lмакс
РТ-1	31	50	+	40	55	Нет	Нет
РТ-2	31	50	+	40	55	Нет	Нет
РТ-3	33	54	+	40	55	Нет	Нет

На основании проведенного анализа можно утверждать, что с реализацией комплекса шумозащитных мероприятий санитарные нормативы будут соблюдены.

Можно сделать вывод о том, что средний уровень шумового загрязнения на исследуемой территории является приемлемым и не несет опасности здоровью населения, однако необходимо предусмотреть шумозащитные мероприятия, направленные на снижение уровней шума от автотранспорта.

Основным шумозащитным мероприятием является установка шумозащитного экрана, однако, даже при его наличии не обеспечивается снижение уровней шума до нормативных значений. Снижение уровня шума до предельно допустимых значений достигается путем комплексного подхода. Помимо использования шумозащитных окон и систем вентиляции с функцией шумоподавления, необходимо рассмотреть такие варианты, как ограничение скоростного режима движения транспорта и создание зеленых насаждений вдоль дорог, выполняющих функцию акустических барьеров.

Список используемых источников

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. ГОСТ 23166-2024. Блоки оконные и балконные. Общие технические условия.

Sycheva E. **ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF MEASURES AIMED AT REDUCING NOISE POLLUTION (USING THE EXAMPLE OF TERRITORIES OF MUNICIPAL DISTRICTS NO. 65 AND NO. 68 IN PRIMORSKY DISTRICT, ST. PETERSBURG).**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Based on the assessment of sound pressure impact in the courtyard areas of municipal districts No. 65 and No. 68 in Primorsky District of St. Petersburg, measures to reduce noise pollution have been developed and their effectiveness has been determined.

Key words: Acoustic impact, noise protection screen, noise reduction measures, noise calculation.

УДК 504.055
ГРНТИ 87.55.33

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ЛОМОНОСОВ

М. Е. Упоров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной научной статье произведена количественная оценка воздействующих факторов (в частности метеорологических) на электрические и магнитные поля радиочастоного диапазона в центральной части города Ломоносов. Изучение этой проблемы имеет большую актуальность с точки зрения их влияния на городскую экосистему. Исследования позволяют оценить, насколько существенное воздействие оказывают вышки базовых станций сотовой связи (БССС) на окружающую среду при изменяющихся погодных условиях, таких как температура и влажность воздуха. Это позволит заинтересованным организациям более точно определять уровни излучения в конкретные периоды времени в соответствии с международными стандартами, производить контроль с возможностью изменения уровней излучения и в будущем ориентироваться на эти данные, чтобы рационально располагать новые вышки БССС с компромиссом по качеству этой связи и безвредности для окружающей среды. По результатам анализа, построены таблица корреляции изменения значений плотности потока энергии на частоте 2 ГГц на основе различных метеорологических условий, произведено сравнение этих значений с предельно допустимыми уровнями в диапазоне 0,3-300 ГГц для населения.

электромагнитные поля, базовые станции сотовой связи, плотность потока энергии (ППЭ), радиочастотный диапазон, корреляция, метеорологические условия, Санкт-Петербург, Ломоносов

Электромагнитное загрязнение является одним из негативных факторов, отрицательно сказывающихся на состоянии окружающей среды. Для учета состояния этих физических излучений принято рассматривать электромагнитные поля, как с точки зрения пространственной изменчивости, так и со стороны временной динамики. Последняя методика характеризует изменения уровней и характеристик электромагнитного излучения с течением времени, по средствам различных факторов, в конкретном случае метеорологических: температуры и относительной влажности воздуха. Принцип исследования, основанный на мониторинге электромагнитных излучений, требует постоянного проведения измерений в конкретных, заранее опреде-

ленных точках, по единой методике. В моем случае, измерения проводились в центральной части города Ломоносов, вблизи вышек БССС [1, 2].

Данная работа является актуальной по нескольким причинам. В первую очередь, в открытых источниках информации нет детальных данных ни по пространственному распределению, ни по временной динамике электромагнитных полей (ЭМП) любого диапазона на территории города Ломоносов. Это причина открывает большие возможности для исследования указанного района. Немаловажной причиной анализа территории города является рост технологий, позволяющих осуществлять беспроводную передачу данных. К ним относятся технологии 4G, и только внедряемые в современный мир – 5G. Экологическое сообщество не имеет полной информации о влиянии этих технологий на человека и остальные экосистемы, что представляет потенциальные риски на эти объекты. Поэтому, важно понимать, как ЭМП изменяются в пространстве и времени. Также необходимо знать, как характеристики излучений (частота, длина волны) способствуют этому, и какое влияние оказывают ЭМП на экосистемы. Эти знания помогут государственным органам установить достоверный допустимый уровень воздействия излучений в санитарных нормах и правилах, и использовать его при проектировании новых объектов на городских территориях в будущем, так как развитие беспроводных источников только ускорится [3, 4].

В начале исследования был проведен анализ местности с целью выявления вышек БССС для их последующих измерений. В ходе этой работы было выбрано 4 вышки БССС, располагающихся в основной части города (рис. 1). В период с марта 2024 года по ноябрь 2024 года, совершались практические выходы для измерения показателей плотности потока энергии (ППЭ) в радиочастотном диапазоне (РЧ). Первичные данные, к которым относятся номер замера, дата, время, температура и относительная влажность воздуха, расстояние от вышки БССС и само значение, изначально заносились в полевой дневник, а затем в программу на базе Microsoft – Excel для последующей обработки (рис. 2). Мониторинг ЭМП осуществлялся при помощи прибора МЕГЕОН 07300, который позволяет измерить уровень электромагнитного излучения по трем осям (X, Y, Z) в диапазоне от 50 МГц до 3,5 ГГц (в нашем случае 2 ГГц). Измерения проводились на высоте 1,8 м от уровня земли, и в трех точках, непосредственно у вышки БССС, в 50 метрах и в 100 метрах от нее. На данный момент проведено порядка 40 измерений, что позволяет произвести первичную математическую обработку результатов с использованием корреляционного анализа.



Рис. 1. Исследуемые вышки БССС

БССС (Победы/Полигонный)					
Дата	Время	Температура (°C)	Влажность (%)	Расстояние	ППЭ (мкВт/см^2)
04.03.2024	12:00	1	71	0 метров	0,604
14.03.2024	21:00	5	74	0 метров	1,656
22.03.2024	11:00	3	93	0 метров	2,471
28.03.2024	21:30	7	68	0 метров	0,775
07.04.2024	19:30	9	76	0 метров	0,361
11.04.2024	19:30	9	60	0 метров	0,951
25.04.2024	13:30	4	93	0 метров	0,243
26.04.2024	20:30	6	82	0 метров	3,773
01.05.2024	19:30	9	73	0 метров	0,912
10.05.2024	10:30	6	92	0 метров	0,856
22.05.2024	12:00	17	44	0 метров	1,901
30.05.2024	12:00	21	71	0 метров	0,929
01.06.2024	21:00	24	56	0 метров	1,864
04.06.2024	11:30	22	70	0 метров	1,545
08.06.2024	22:00	14	67	0 метров	1,593
12.06.2024	15:30	16	71	0 метров	0,171
22.06.2024	18:00	19	56	0 метров	0,986
25.06.2024	10:00	19	73	0 метров	1,477
04.07.2024	22:00	19	77	0 метров	0,462
09.07.2024	13:00	20	60	0 метров	0,260
11.07.2024	19:30	24	57	0 метров	1,008
14.07.2024	21:00	20	95	0 метров	3,499
25.07.2024	21:00	25	59	0 метров	0,333
28.07.2024	11:30	22	69	0 метров	0,156
29.07.2024	12:00	23	71	0 метров	0,015
15.08.2024	14:00	22	82	0 метров	2,831

Рис. 2. Фрагмент данных в Microsoft – Excel

В условиях воздушной среды, проводящей электричество в виде электромагнитных волн, ее диэлектрические свойства зависят от различного рода характеристик. В частности, это касается влияющей на электрическое сопротивление влажности, а также температуры. На основе анализа взаимосвязи между характеристиками ЭМП и метеорологическими характеристиками в момент измерения, при различных вариантах формирования выборок были проведены расчеты корреляционных связей [2]. Для анализа временной динамики ЭМП РЧ диапазона, результаты измерений были разбиты на несколько таблиц, сформированных по исследуемому объекту и расстоянию от него, на котором проходило измерение. С помощью инструмента анализ данных - корреляция, были рассчитаны 24 взаимозависимости ЭМП от метеорологических условий, конкретно температуры и влажности воздуха. Метеорологические характеристики принимались по данным интернет-сервисов *Rp5* и *Gismeteo*. Результаты представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Корреляционная зависимость ЭМП от метеоусловий

БССС №1 (ул. Федюнинского 27Б)		
	Температура воздуха	Влажность воздуха
0 метров	-0,366	0,270
50 метров	-0,272	0,130
100 метров	0,143	0,232
БССС №2 (ул. Михайловская 51)		
	Температура воздуха	Влажность воздуха
0 метров	0,103	0,125
50 метров	-0,044	-0,018
100 метров	0,209	-0,029
БССС №3 (Ораниенбаумский пр. 20)		
	Температура воздуха	Влажность воздуха
0 метров	0,123	-0,043
50 метров	0,220	-0,070
100 метров	0,425	0,103
БССС №4 (ул. Победы / Полигонный пер.)		
	Температура воздуха	Влажность воздуха
0 метров	0,048	0,246
50 метров	0,264	-0,125
100 метров	0,348	0,071

Взаимосвязь между метеорологическими условиями и ЭМП представляет собой сложный и многоаспектный процесс. Одним из важных аспектов этой взаимо-

связи является то, как атмосфера изменяет свойства электромагнитных волн. При более высоких температурах молекулы воздуха движутся быстрее, что увеличивает вероятность столкновений молекул с электромагнитными волнами. Это приводит к большему поглощению ЭМП. Также, температура влияет и на плотность воздуха. При повышении температуры воздух становится менее плотным, снижая поглощение ЭМП. Тем самым, видно, что в ходе исследования, образуется и прямая, и обратная корреляция ЭМП РЧ от температуры воздуха. Это объясняется тем, что корреляционная зависимость посчитана без учета сезонности, и имеет большую выборку по теплому сезону. При дальнейшей работе стоит разграничить сезонность, произвести измерения ЭМП в холодный сезон и сравнить результаты [2, 3].

Влага в воздухе тоже значительно влияет на распространение радиоволн. В РЧ диапазоне, волны с большей вероятностью поглощаются молекулами воды, что приводит к значительному снижению ППЭ. Влажный воздух или его высокая слоистость рассеивает радиоволны, что приводит к уменьшению их дальности распространения и влияет на чистоту сигнала. Это, особенно, заметно в непогоду. На основе данных, заметно, что в непосредственной близи от источника излучения, чаще всего происходит прямая корреляционная зависимость. Это объясняется тем, что перед фиксацией результата, сигнал не успевает рассеяться в воздухе, и при любой влажности, а в условиях нашего города, она чаще всего высокая, не искажается. При увеличении расстояния, радиоволны сталкиваются с явлениями дифракции и интерференции, свойство которых объясняет гашение сигнала и обосновывает уменьшение прямой корреляционной зависимости. Как и при исследовании взаимосвязи температуры воздуха с полями, при взаимосвязи относительной влажности воздуха и ЭМП, также стоит разграничить сезонность, произвести измерения ЭМП в холодный сезон и получить более наглядные результаты корреляционной зависимости исследуемых объектов [2, 4].

Также стоит сказать, что на основании СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» [5], для населения предельно-допустимым уровнем ППЭ ЭМП РЧ является значение до 10 мкВт/см^2. Все значения находятся в границах нормы. В центральной части города Ломоносов, превышений предельных допустимых уровней не выявлено.

Электромагнитное загрязнение представляет собой серьезную экологическую проблему, требующую внимания и исследования, особенно в условиях развития технологий беспроводной передачи данных, таких как 4G и предстоящий 5G. Данная работа подчеркивает важность мониторинга ЭМП, учитывая временную динамику этих излучений в условиях города Ломоносов, где отсутствуют детальные данные по этому вопросу.

На основе анализа результатов, проведенных с помощью математической корреляции, можно сказать, что ППЭ ЭМП зависит от температуры и относительной влажности воздуха, которые приводят к более сильному поглощению и рассеиванию радиоволн. Однако на исследование влияет множество аспектов. Для детальных результатов, требуется увеличение выборки измерений, более глубокий анализ этих данных и большая изученность физических факторов электромагнитного излучения. Эти исследования не только помогут оценить текущую ситуацию, но и станут основой для безопасного проектирования новых объектов и инфраструктуры в условиях растущего использования беспроводных технологий.

Список используемых источников

1. Бузов А. Л., Сподобаев Ю. М. Электромагнитная экология. Основные понятия и нормативная база. М.: Радио и связь, 1999. 78 с.

2. Стурман В. И. Пространственное распределение электрических и магнитных полей в условиях городской среды // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции. Т. 1. М.: РУДН, 2019. С. 336-340.

3. Калыгин В. Г. Промышленная экология: учеб. пособие. М.: Издательский центр "Академия", 2017. 368 с.

4. Тихонов М. Н., Довгуша В. В., Довгуша Л. В. Механизм влияния естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности // Экологическая экспертиза. 2013. № 6. С. 48–65.

5. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.8/2.2.4. 1383-03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов": постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 09.06.2003 № 135 // Госстандарт, 2003. 24 с.

Uporov M. **THE DYNAMICS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF THE RADIO FREQUENCY RANGE IN THE CENTRAL PART OF THE CITY OF LOMONOSOV.**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

This scientific article provides a quantitative assessment of the factors affecting (in particular, meteorological) the electric and magnetic fields of the radio frequency range in the central part of the city of Lomonosov. The study of this problem is of great relevance in terms of their impact on the urban ecosystem. Research allows us to assess the significant impact of cellular base station (CBS) towers on the environment under changing weather conditions such as temperature and humidity. This will allow interested organizations to more accurately determine radiation levels in specific periods of time in accordance with international standards, monitor with the ability to change radiation levels and in the future be guided by these data in order to rationally locate new CBS towers with a compromise on the quality of this communication and harmlessness to the environment. Based on the analysis, a table of the correlation of changes in the values of the energy flux density at a frequency of 2 GHz based on various meteorological conditions were constructed, these values were compared with the maximum permissible levels in the range of 0.3-300 GHz for the population.

Key words: electromagnetic fields, cellular base stations, energy flux density (EFD), radio frequency range, correlation, meteorological conditions, Saint Petersburg, Lomonosov.

АВТОРЫ СТАТЕЙ

АБИЕВА Мадина Тагировна	студент группы ЗР-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АЛЕКСАНДРОВА Мария Романовна	студент группы РМ-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АЛЕКСЕЕНКО Ирина Альбертовна	кандидат педагогических наук, доцент кафедры социально-политических наук, преподаватель факультета социальных технологий и экономики данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АЛЬ-НАМИ Башер Али	кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АНДРЕЕВА Дарья Алексеевна	студент группы ИКТЗ-16 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АНДРЕЕВА Татьяна Алексеевна	доцент, кандидат физико-математических наук, преподаватель Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АРЕШИН Ярослав Дмитриевич	магистрант группы ИКМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

АРТАМОНОВ Артем Сергеевич	магистрант группы РТ-32М Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АСТАФЬЕВА-РУМЯНЦЕВА Ирина Евгеньевна	кандидат философских наук, доцент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АСТРЕЙКО Кирилл Сергеевич	магистрант группы ИКТФ-36м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
АХРАМЕЕВА Ксения Андреевна	кандидат технических наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БАЖЕНОВА Полина Андреевна	магистрант группы БИМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БАЛЯСНИКОВА Александра Дмитриевна	студент группы РСО-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БАТАЛИН Никита Сергеевич	студент группы 2215А-24 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БАУЛИНА Диана Леонидовна	студент группы ИКТС-23 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БЕКЕР Иван Александрович	студент группы ИКТС-21 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БЕЛАЯ Анна Константиновна	магистрант группы ЭП-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

БЕЛЯЕВ Андрей Валентинович	магистрант группы РСО-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БЕРЕЗКИН Александр Александрович	кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БЛИНОВ Глеб Сергеевич	студент группы ИБС-91 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БОБЕР Александр Дмитриевич	магистрант группы ЭП-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БОЛДЫРЕВ Егор Алексеевич	магистрант группы ФП-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БОНДАРЕНКО Игорь Борисович	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационно управляющих систем, заместитель декана по научной работе Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БОРИСОВ Алексей Александрович	магистрант группы ИКТМ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БОЧАРОВ Дмитрий Николаевич	магистрант группы ИСТ-341м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
БЫЛИНА Мария Сергеевна	кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой оптических и квантовых линий связи, преподаватель базовой кафедры высокоскоростных магистральных транспортных DWDM-систем компании Т8 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

БЫСТРОВ Роман Владиленович — магистрант группы РСО-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВАГАНОВ Александр Валерьевич — старший преподаватель кафедры систем автоматизации и робототехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВАРЫГИН Александр Андреевич — магистрант группы Р-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВЕРЛИКОВ Никита Владимирович — магистрант группы ФП-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВИЛКОВА Юлия Дмитриевна — магистрант группы РСО-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВИННИК Евгений Дмитриевич — магистрант группы Р-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВИНОГРАДОВ Пётр Юрьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры беспроводных технологий и систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВОЗГРИН Георгий Владимирович — магистрант группы ИСТ-441м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВОИНКОВ Егор Борисович — магистрант группы ИКТМ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВОЛКОВ Роман Алексеевич	магистрант группы БИМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ВОЛОШИНОВ Денис Вячеславович	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ВОРОНКОВ Игорь Сергеевич	магистрант группы ФП-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ВОСКРЕСЕНСКИЙ Евгений Алексеевич	студент группы РД-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ГАВРИКОВ Илья Игоревич	магистрант группы ФП-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ГАМАЗКОВ Кирилл Романович	студент группы РМ-12 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ГЕРАЩЕНКО Людмила Ивановна	доктор социологических наук, профессор кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ГМЫРИН Владимир Владимирович	магистрант группы РТ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ГОЛОВКИНА Мария Яковлевна	магистрант группы РСМ-31з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ГОЛУБИН Матвей Вячеславович	магистрант группы РСО-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ГОНЧАРОВА Ярослава Игоревна — магистрант группы БИ-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ГУЛЯЕВ Руслан Сергеевич — магистрант группы ФП-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ГУНИНА Елена Викторовна — кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информатики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ДЕМИДОВ Алексей Александрович — магистрант группы ИСТ-441м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ДОБРАЯ Олеся Павловна — магистрант группы Р-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ДОВГАЛЕВ Федор Владимирович — магистрант группы БИМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ДОРОФЕЕВ Иван Николаевич — магистрант группы ИСТ-441м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ДУБИН Илья Игоревич — студент группы ИКТС-01 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ДЮБОВ Андрей Сергеевич — кандидат технических наук, доцент кафедры оптических и квантовых систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ДЮДИН Антон Иванович — магистрант группы Р-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЕГОРОВ Даниил Романович	магистрант группы РСО-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЕГОРОВА Марина Александровна	кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры Управления и моделирования в социально-экономических системах Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЕЛАГИН Василий Сергеевич	кандидат технических наук, и. о. декана факультета инфокоммуникационных сетей и систем, доцент кафедры инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЕЛИСЕЕВА Елизавета Вадимовна	студент группы РСМ-22з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЕНИКЕЕВА Екатерина Михайловна	ассистент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, аспирант 3 курса Санкт-Петербургского государственного университета
ЖИГЛОВА Наталия Сергеевна	студент группы ИКТЗ-16 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЗАЙДУЛЛИН Рустем Рамилевич	магистрант группы ИКТС-33м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЗАНОЗИН Егор Витальевич	магистрант группы Р-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЗАРУБИН Иван Максимович	магистрант группы РК-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЗЛОБИН Олег Николаевич — магистрант группы ИСТ-441м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЗУЕВ Дмитрий Павлович — студент группы ИКТЗ-15 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ИВАНОВ Григорий Александрович — студент группы БИМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ИВАНОВА Любовь Алексеевна — студент группы ИКТО-28 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, слушатель базовой кафедры высокоскоростных магистральных транспортных DWDM-систем компании Т8

ИСАКОВ Михаил Владимирович — магистрант группы РТ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КАДАЦКАЯ Таисия Денисовна — студент группы РСО-21 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КВАША Надежда Владимировна — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КИНДЕЕВ Никита Дмитриевич — магистрант группы РСО-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КИРЬЯНОВА Виктория Валерьевна — магистрант группы ИКТФ-36м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КИСЕЛЕВ Федор Дмитриевич — кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории квантовых ком-

	муникаций национального исследовательского университета ИТМО
КИСЛЯКОВ Сергей Викторович	кандидат технических наук, доцент кафедры инфокоммуникационных систем, преподаватель базовой кафедры инновационных технологий телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
КЛИМОВ Кирилл Александрович	магистрант группы БИ-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
КОВЦУР Максим Михайлович	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационной безопасности компьютерных сетей Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
КОЗЛОВА Алёна Игоревна	студент группы ИКПИ-25 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
КОЛЕСНИКОВ Олег Игоревич	магистрант группы ИСМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
КОЛПАКОВ Станислав Владиславович	магистрант группы ИКТФ-46м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
КОЛЫБЕЛЬНИКОВ Николай Юрьевич	студент группы ИКТС-03 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
КОЛЯДА Иван Александрович	магистрант группы ИСТ-311м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КОНИЧЕВ Дмитрий Альбертович — магистрант группы ИКТМ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КОПЫЛОВА Юлия Владимировна — студент группы РСМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КОРОБЕЙНИКОВ Александр Николаевич — магистрант группы ФП-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КОРОВИН Константин Олегович — кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КОРОТИН Владимир Евгеньевич — кандидат технологических наук, доцент, доцент кафедры беспроводных технологий и системы Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КОТЕНЕВА Екатерина Владимировна — магистрант группы РК-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КОТЛЯРОВА Анна Андреевна — старший преподаватель кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КРИВОНОСОВА Наталья Викторовна — преподаватель Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КРУПЕНИН Кирилл Геннадьевич — магистрант группы РСО-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КУДИНОВ Эдуард Павлович — магистрант группы БИ-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КУДРЯВЦЕВ Павел Александрович — магистрант группы ИСТ-311м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КУДРЯШОВ Сергей Юрьевич — магистрант группы ИКТС-33м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КУКУНИН Дмитрий Сергеевич — кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КУЛАКОВ Евгений Михайлович — магистрант группы РСО-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

КУЛЬНАЗАРОВА Анастасия Витальевна — доцент, кандидат политических наук, заместитель декана факультета социальных технологий и экономики данных по воспитательной работе Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЛЕВИЦКИЙ Владимир Владимирович — студент группы ИКТО-28 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЛЁВКИНА Лилия Сергеевна — магистрант группы БИМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЛЕДЕВИЧ Михаил Олегович — магистрант группы ИСТ-441м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЛЕТУЧИЙ Василий Алексеевич — аспирант кафедры систем автоматизации и робототехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЛИЗОРКИН Александр Викторович — студент группы ИКМ-43з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЛИТВИНОВ Владислав Леонидович — кандидат технических наук, доцент, и. о. декана Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЛОШКАРЕВ Владимир Андреевич — магистрант группы ИКТМ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МАКАРОВ Алексей Алексеевич — магистрант группы ФП-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МАКОЛКИНА Мария Александровна — доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МАРЧАКОВ Артём Сергеевич — магистрант группы ИСТ-441м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МАТРИПУЛА Татьяна Сергеевна — студент группы ИКБ-12 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МАХМУТОВА Нурия Фаритовна — магистрант группы ИКТБ-47м, Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МЕЛЬНИКОВ Максим Владиславович — магистрант группы ИСТ-331м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МИНОЧЕНКОВ Никита Сергеевич — студент группы ИБС-91 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МИНЯЕВ Андрей Анатольевич — кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности компьютерных сетей Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МИТЕНЕВ Егор Антонович — студент группы РМ-41 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МИХАЙЛОВ Роман Алексеевич — магистрант группы Р-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МИШКИНА Диана Олеговна — магистрант группы БИМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МОЖАЙСКИЙ Данила Андреевич — магистрант группы ИКТМ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

МОРАЛЕС-КУДЛАЙ Мария Сергеевна — магистрант группы ЭП-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

НЕСТЕРОВА Арина Анатольевна — магистрант группы РСО-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

НЕФЕДОВ Демид Ильич — магистрант группы ИСТ-431м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

НОВИКОВ Александр Александрович — студент группы ИКТС-03 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ОЛЕХНОВИЧ Роман Владимирович — магистрант группы РСО-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПАВЛОВ
Александр Сергеевич
студент группы РД-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПЕРЕВЕРЗЕВА
Галина Александровна
студент группы ИКВТ-22 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПЕРМЯКОВ
Андрей Александрович
студент группы 233А-23 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПЕСТОВ
Игорь Евгеньевич
кандидат технических наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПЕТРОВ
Павел Сергеевич
студент группы ИКТС-03 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПЕТРОВ
Тимофей Евгеньевич
студент группы ИКТО-27 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПЕТРОВА
Мария Витальевна
студент группы ИКТЗ-16 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПЕТРОВСКАЯ
Полина Эдуардовна
магистрант группы ИСМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПЛАТОНОВ
Алексей Евгеньевич
студент группы ИБС-01 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПОДАЙКО
Светлана Викторовна
студент группы ИКТС-02 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПОПОВА
Елизавета Николаевна
магистрант группы ЭП-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПОТКИН
Ярослав Борисович
магистрант группы РТ-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ПРИЛУЦКАЯ
Ульяна Ивановна
магистрант группы Р-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

РАБЧЕВСКИЙ
Артем Владиславович
магистрант группы БИ-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

РАДИОНОВСКИЙ
Даниил Андреевич
студент группы ИБС-01 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

РАКОВСКИЙ
Олег Владимирович
кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

РЕЗНИКОВ
Богдан Константинович
старший преподаватель кафедры оптических и квантовых систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича.ru

РОГОВА
Мария Сергеевна
студент группы РД-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

РОМАНОВА
Екатерина Александровна
магистрант группы РТ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

РУФОВ
Максим Алексеевич
студент группы ИКТС-03 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

РЫБАЛКО Андрей Вадимович — магистрант группы ИСТ-341м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

РЯБЦЕВ Степан Михайлович — студент группы ИКБ-13 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

САВКИН Александр Эльшанович — магистрант группы РТ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

САЛИТА Андрей Сергеевич — студент группы 236А-23 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

САХАРОВ Дмитрий Владимирович — кандидат технических наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

СЕДЫШЕВ Эрнест Юрьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры электроники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

СЕМИНДЕЕВ Кирилл Игоревич — магистрант группы РТ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

СЕРДЮК Елизавета Владимировна — студент группы ЗР-12 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

СЕРЕДКИН Павел Вадимович — магистрант группы ИСТ-431м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

СЕРИКОВА Мария Петровна — магистрант группы ИКТМ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

СЕРТАКОВ Андрей Владимирович	аспирант кафедры радиотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СКОРЫХ Марк Андреевич	старший преподаватель кафедры информационной безопасности компьютерных сетей Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СМИРНОВ Даниил Николевич	ассистент кафедры информационной безопасности компьютерных сетей, ассистент Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СМИРНОВ Дементий Петрович	магистрант группы РТ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СМИРНОВА Дина Андреевна	магистрант группы ФП-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СМОРОДИН Геннадий Николаевич	кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СОБАШНИКОВА Анжелика Юрьевна	студент группы ИКТЗ-16 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СОБОЛЕВА Кристина Сергеевна	магистрант группы ЭП-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СОМКОВ Александр Сергеевич	студент группы РД-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СОТНИКОВ Александр Дмитриевич	профессор, доктор технических наук, доцент кафедры бизнес-информатики Санкт-Петербургского

	государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
Старицын Н. Е.	магистрант группы РК-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СТАСЬКОВ Антон Дмитриевич	студент группы ИКТВ-25 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СТАЦЕНКО Евгений Александрович	магистрант группы РСО-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СТЕПУРОВА Ульяна Игоревна	магистрант группы РСО-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СТЕРЛИКОВ Артём Дмитриевич	магистрант группы ИКТС-43м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СТРИЖКИНА Анастасия Михайловна	магистрант группы РТ-42м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СТУРМАН Владимир Ицхакович	доктор географических наук, профессор, профессор кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СУЕТИН Алексей Юрьевич	аспирант кафедры высшей математики Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СУРКОВ Глеб Александрович	магистрант группы Р-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

СУХОМЛИНОВ Даниил Игоревич	магистрант группы ИКТС-33м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СУХОТЕРИНА Анастасия Дмитриевна	магистрант группы РК-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СЫСОЕВ Владислав Дмитриевич	студент группы К-631 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
СЫЧЁВА Екатерина Сергеевна	магистрант группы ЭБМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ТАГАРОВ Илья Саянович	магистрант группы РТ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ТЕРЯЕВ Михаил Алексеевич	студент группы ИКТБ-48 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
УПОРОВ Михаил Евгеньевич	магистрант группы ЭП-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
УРГАЛКИНА Кристина Алексеевна	магистрант группы БИМ21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ФАЗЫЛОВ Данис Альбертович	магистрант группы РТ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ФАЙЗУЛЛИН Радмир Ильдарович	студент группы ИСМ-31з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ФЕДОРОВ Павел Олегович	аспирант кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ФИЛИППОВ Феликс Васильевич	кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ФОМЧЕНКОВ Никита Юрьевич	магистрант группы ИКТФ-36м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЦВЕТКОВ Дмитрий Алексеевич	магистрант группы ИКМ-32з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЦЫГОНЯЕВА Александра Юрьевна	кандидат философских наук, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЧЕНСКИЙ Александр Александрович	магистрант группы ИКПИ-392м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЧЕРАНЁВ Илья Олегович	магистрант группы РСО-41м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЧЕРКАШИН Артем Игоревич	ассистент кафедры информационной безопасности компьютерных сетей Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЧЕРНЫШОВ Александр Сергеевич	аспирант кафедры систем автоматизации и робототехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЧЕРНЫШОВ Артем Геннадьевич	кандидат технических наук, доцент кафедры беспроводных технологий и систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЧИНЯЕВ Вадим Андреевич	магистрант группы ИСТ-441м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЧИЧКО Тимофей Андреевич	магистрант группы Р-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЧУМАКОВ Игорь Владимирович	магистрант группы ИКТБ-48м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ЧУХАРЕВ Илья Александрович	магистрант группы ИСТ-311м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ШАЙНОРОВ Артем Денисович	магистрант группы РСО-41М Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ШАНЕНКО Даниил Евгеньевич	магистрант группы ИСМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ШАРИФОВ Роман Геннадьевич	студент группы ИКТЗ-15 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ШЕВЧЕНКО Александр Александрович	кандидат технических наук, доцент кафедры защищенных систем связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ШЕВЯКОВА Наталья Сергеевна	магистрант группы РСМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
ШЕЛОМЕНЦЕВ Егор Сергеевич	магистрант группы ИКТФ-36м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШЕПЕЛЕВ Артем Максимович — студент группы ИБС-91 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШЕРЕМЕТ Денис Николаевич — магистрант группы ИСТ-331м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШИНГАРЕВА Алёна Николаевна — магистрант группы БИМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШИЯН Андрей Анатольевич — кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информатики и компьютерного дизайна Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШМАЛЮК Евгения Анатольевна — студент группы РМ-11 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШОЙТОВ Иван Алексеевич — магистрант группы РТ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШОКОДЬКО Алексей Алексеевич — магистрант группы ИСТ-331м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШТУРМАН Александр Сергеевич — магистрант группы ИСТ-331м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ШУТМАН Денис Валерьевич — кандидат политических наук, доцент, декан факультета социальных технологий и экономики данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЩИГАРЦОВ Виктор Михайлович — магистрант группы Р-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ЯРЕМЕНКО Денис Игоревич — магистрант группы ИКТФ-36м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

V ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МАГИСТРАНТОВ И ИХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В МАГИСТРАТУРЕ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ (ПКМ-2024)

Материалы конференции

Научное издание

Вёрстка
М. О. Мотыгина, М. С. Шулындина
Корректура
Д. Н. Яшугин
Дизайн логотипа Г. И. Юрьев
Подписано в печать 01.03.2025
Объём 46,31 усл.-печ. л.

Объединенная редакция рецензируемых научных изданий СПбГУТ
193232 СПб., пр. Большевиков, 22, корп. 1