ISSN 2221-7975

# ТРУДЫ

СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФИЛИАЛА
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ»

РОСТОВ-НА-ДОНУ
2018

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного
Знамени федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

# ТРУДЫ

## СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФИЛИАЛА МОСКОВСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ

Подготовлены по результатам
Международной научно-практической конференции
«ИНФОКОМ-2018»
19 – 20 апреля 2018 года

**Ростов-на-Дону**
**2018**

УДК 621.396.1

ББК 32
Т 78

Т 78 Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2018, 664с.

Сборник зарегистрирован в международном центре ISSN (**ISSN 2221-7975)** и включен в перечень журналов РИНЦ

Сборник размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.skf-mtusi.ru

В настоящий сборник включены статьи, подготовленные по результатам работы XI-ой Международной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2018», которая проходила 19-20 апреля 2018 г. в СКФ МТУСИ. Сборник объединяет статьи по актуальным научным направлениям создания, совершенствования, перспективного развития современных технологий обработки и передачи информации, а также инфокоммуникационных технологий в сфере менеджмента, экономики, и образования.

Материалы статей, представленных в сборнике, даны в авторской редакции.

Сборник рассчитан на научных сотрудников, аспирантов, студентов и специалистов, работающих в области современных технологий связи, информационных технологий обработки информации, инфокоммуникационных технологий в образовании и в сфере экономики предприятий связи.

Составление, дизайн, редакционная верстка сборника: Рыбалко И.П., Сафронов А.И
© СКФ МТУСИ, 2018

Подписано в печать 01.06.2018
Формат 60x84/8. Печать офсетная. Тираж 50 экз.
Полиграфический центр «Университет» СКФ МТУСИ,
Ростов-на-Дону, 344002, ул. Серафимовича, 62

## СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ№1
## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

**Е.А. Акимочев, В.Г. Орлов** Производственно-вещательный комплекс радиостанции FM диапозона «Радио 1» ..... **15**

**А.М. Бабычев, Н.В. Будылдина** Контроль перегрузки на основе нечеткой логики ..... **20**

**Н.Ю. Батурина, И.В. Калиенко, К.А. Кашуба, Н.И. Абрамова** Анализ влияния акустических свойств громкоговорителя на амплитудно-частотную характеристику электронного устройства ..... **25**

**М.Н. Беленькая, Е.С. Зайцев, В.А. Акопян, Д.Я. Кошепаров** Обзор методов анализа сетевого трафика средствами DPI ..... **30**

**И.В. Белоусов, Е.И. Ким, П.С. Шевчук** Совершенствование системы авиационной безопасности в аэропорту «Платов» на основе применения системы интеллектуального видеоанализа ..... **36**

**И.В. Белоусов, В.Е. Сенникова, П.С. Шевчук** Совершенствование методики использования рентгенографического сканера "Контур" для обнаружения опасных и запрещенных к проносу предметов ..... **42**

**М.В. Белубекян, В.Г. Гараков** Отражение электромагнитной волны от границы упругой среды из пьезоактивного материала ..... **48**

**М.В. Белубекян, А.А. Папян** Полубесконечный волновод из пьезоупругого материла класса 6ММ ..... **55**

**В.В. Богинская, И.В. Калиенко, И.А. Осипенко** Связь физических характеристик твердых растворов типа $A^3B^5$ в зависимости от химико-технологических реакций их приготовления ..... **61**

**Б.П. Борисов, В.С. Волков, К.А. Шимельфених** Новые особенности, перспективы развития и практическое применение интерфейса USB в инфокоммуникационных технологиях ..... **66**

**Б.П. Борисов, В.С. Волков, К.А. Шимельфених** Эволюция развития устройств хранения данных ..... **74**

**А.В. Бородин, П.В. Явтушенко** Использование поликристаллических материалов для создания пьезоэлектрических трансформаторов ..... **78**

**В.А. Бутенко, С.С. Махров** Обзор методов распознавания человеческих лиц ..... **82**

**Д.А. Власов, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский** Особенности использования soket-технологии в клиент-серверной системе ..... **94**

**Д.А. Власов, А.Н. Чикалов** Способы передачи параметров в процедуре ..... **98**

**И.Н. Герасимов, Е.А. Коломиец** Декомпозиционный метод синтеза многозначных логических сетей ..... **102**

**Е.И. Гниломёдов, И.И. Шестаков** Когнитивный анализ обработки рефлектограмм разветвленной волоконно-оптической линии связи ..... **108**

**В.А. Данилов, Л.В. Данилова** Вероятностные характеристики модуля радиус-вектора точки с коррелированными негауссовскими компонентами ..... **117**

**В.А. Данилов, Ю.В. Жабинский, А.С. Усик** Вероятностные характеристики суммы произвольного числа случайно-модулированных колебаний и коррелированного гауссовского шума ..... **122**

**М.А. Дерканосов, А.Н. Чикалов** Поиск данных в больших массивах информации ..... **127**

**В.В. Евстафьев, Н.В. Руденко, В.А. Семенов, Д.Л. Сумин** Особенности оценки характеристик надежности сетей связи ..... **134**

**В.В. Евстафьев, Н.В. Руденко, В.А. Семенов, Д.Л. Сумин** Совершенствование процессов эксплуатации в сетях связи следующего поколения ..... **138**

**А.В. Елисеев, А.Г. Жуковский, И.В. Дорохин, Э.Э. Мамедов** Анализ видов и систем авиационного наблюдения ..... **145**

**А.В. Елисеев, А.Г. Жуковский, И.В. Дорохин, Э.Э. Мамедов** Оценка потенциальных характеристик бистатического радара для решения задачи мониторинга носителей источников радиоизлучения ..... **152**

**В.В. Ершов, Н.В. Руденко, К.А. Решетникова, Р.И. Русанов** Оценка эффективности источников энергии в составе системы электроснабжения базовой станции сотовой связи **161**

**В.А. Жильцов, И.Н. Яремко** Исследование и оптимизация трафика в сетях MPLS ..... **166**

**Н.Б. Жмайлова, И.В. Щербань** Методика выбора базисной вейвлет-функции из условия максимума совместной энтропии фурье- и вейвлет- трансформант сигнала ..... **173**

**М.В. Загинайло, Д.В. Маршаков** Статистическая оценка выходных результатов искусственной нейронной сети при задаче распознавания образов ..... **178**

**А.П. Зверев, И.П. Рыбалко** Программно-аппаратный способ предотвращения столкновения беспилотных летательных аппаратов с наземными объектами ..... **183**

**Б.Г. Ибрагимов, Н.Д. Гахраманова** Исследование функциональной надежности систем телекоммуникации на базе программно-конфигурируемой сети ..... **190**

**Б.Г. Ибрагимов, Я.С. Исаев** Анализ эффективности звена мультисервисных сетей связи будущего поколения на базе архитектурной концепции SDN ..... **196**

**О.В. Игнатьева, О.Л. Игнатьев** Квантовый параллелизм и алгоритм Дойча ..... **205**

**Е.В. Игначкова, Д.В. Колбасин, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский** Сетевая виртуализация корпоративной ЛВС ..... **212**

**С.А. Качнов, Н.В. Болдырихин, И.С. Гирин** Анализ способов кэширования страниц веб-сайтов ..... **215**

**С.А. Качнов, Н.В. Болдырихин** Сравнительный анализ систем управления контентом ..... **217**

**М.О. Киреев, Е.В. Глушак** Исследование беспроводных сенсорных сетей на основе Bluetooth ..... **222**

**В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, Г.А. Артозей, Ю.Ю. Янкина** Сравнение списочного и генетического подхода при решении однородной минимаксной задачи с неоднородностями ..... **225**

**В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, А.П. Кузин, Д.А. Жуковский** Исследование базовых параметров генетического алгоритма при использовании его как точного решения неоднородной минимаксной задачи ..... **229**

**В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, В.М. Поркшеян, А.А. Пешкевич** Решение задачи коммивояжера модифицированной моделью голдберга с макромутациями ..... **234**

**В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, С.А. Швидченко, А.А. Пешкевич** Сравнение различных подходов турнирного отбора при решении задачи коммивояжера модифицированной моделью Голдберга ..... **239**

**В.Г. Кобак, В.М. Поркшеян, А.Г. Жуковский, А.П. Кузин** Исследование эффективности модифицированной модели Голдберга при использовании различных видов кроссоверов и способов формирования нового поколения для решения неоднородной минимаксной задачи ..... **244**

**Я.Б. Константинова, Г.А. Калинченко, Н.О. Светличная, П.М. Табунщикова** Особенности методики увеличения эффективности работы усилителя мощности низкой частоты ..... **251**

**В.В. Красулин, В. Ткачукс, Е.О. Ткачук** Информационное обеспечение деятельности распределённых хозяйств ..... **254**

**Д.И. Крылов, С.А. Качмар, П.В. Лобзенко, А.С. Полянский** Использование ADO технологии в C# для БД Access ..... **260**

**Е.В. Кубах, И.В. Щербань** Разработка и реализация алгоритма выбора базисной вейвлет-функции для анализа сигналов ..... **263**

**П.А. Кутиков, А.С. Мелешин, Л.П. Королева** Направления развития средств авиационной радиосвязи в интересах повышения качества управления воздушным движением ..... **270**

**К.И. Лаврентьев, А.С. Мелешин, Л.П. Королева** Мультисервисное инфо-коммуникационное обеспечение аэровокзальных комплексов ..... **272**

**В.Л. Львов, Е.В. Игначкова, К.В. Львов** Веб-интерфейс для удаленного запуска программ на сервере ..... **275**

**А.А. Мержвинский** Т еория информации – базовое ядро теории информатики ..... **282**

**В.Д. Михальчук, А.А. Павлов, Н.В. Болдырихин** Анализ технологий создания сайтов ..... **296**

**М.Д. Моловцев, И.С. Синева** Использование методов интеллектуального анализа данных для сегментации временных рядов ..... **299**

**Е.С. Нуйкин, Е.В. Глушак** Исследование промышленного интернета вещей ..... **305**

**Н.Н. Нуриев, А.С. Мелешин, Н.О. Светличная** Современные бортовые РЛС с АФАР как основа создания интегрированных структур БРЛС и высокоскоростных ССПД ..... **310**

**С.А. Погребняк, С.В. Попов** Автоматическая классификация звуковых спектров, основанная на разделении разных жанров музыкальных дорожек ..... **313**

**М.И. Половинченко, В.С. Елисеев, Н.В. Болдырихин, И.П. Рыбалко** Сравнительный анализ современных операционных систем ..... **322**

**И.В. Решетникова, Е.А. Казачанская** Оперативная телефонная связь для объектов повышенной опасности и технологического риска ..... **326**

**К.А. Решетникова, А.А. Баяндурова, О.И. Соколова** О решении задачи тесной интеграции спутниковой и инерциальной навигационных систем ..... **332**

**К.А. Решетникова, М.В. Полякова, О.И. Соколова** О возможности решения задачи адаптивной фильтрации на основе непериодических точных измерений ..... **343**

**К.А. Решетникова, О.И. Соколова, Е.Г. Чуб** Использование инновационных технологий высокоточного позиционирования подвижного состава для диагностики состояния железнодорожного пути ..... **348**

**Н.В. Руденко, В.В. Евстафьев, О.О. Соколова, В.С. Лободинов** Выбор и размещение ветрогенераторов автономных объектов телекоммуникации с учётом здоровья человека ..... **353**

**Н.В. Руденко, В.В. Ершов, Я.Н. Тузко, М.В. Деремов, Т.Э. Тимирбулатова** Влияние ветроэнергетических установок на работу телекоммуникационных систем ..... **359**

**Н.Ю. Семиряд, И.В. Решетникова** Вычислительный конвейер процессора..... **364**

**О.В. Сумарокова, Е.В. Глушак** Исследование мультиплексирования с ортогональным частотным разделением и его приложений..... **368**

**Т.Э. Тимирбулатова** Анализ технических решений для обеспечения геолокации групп быстрого реагирования в реальном времени с использованием имеющихся сетей подвижной связи..... **371**

**Е.О. Ткачук** Экстраполяционное прогнозирование в принятии решения адаптивным методом прецедентов ..... **376**

**Н. Ткачукс, Е.О. Ткачук** Атмосферная оптическая лазерная линия связи ..... **385**

**Н.Б. Усманова, Ж.А. Абдужалилов** К вопросу исследования автономного поведения и адаптации в современных сетях связи..... **399**

**В.Е. Фокин, А.А. Манин, В.И. Юхнов, И.А. Сосновский** Анализ протоколов динамической маршрутизации..... **405**

**В.В. Харченко, Д.В. Харченко** Применение асимптотического представления функций Ганкеля для расчета полей цилиндрической антенны ..... **408**

**В.И. Хуснуллин, Е.В. Глушак** Исследование беспроводных сенсорных сетей..... **416**

**Е.В. Юрченко, И.И. Салифов** Синхронизация в мобильных сетях ..... **431**

**В.И. Юхнов, И.А. Енгибарян, О.А. Сафарьян, А.И. Тютюнникова, Р.Е. Клейменова** Влияние фазовых шумов в системах радиосвязи и способ их уменьшения..... **442**

**С.И. Якименко, И.А. Молоковский** Анализ подходов к обеспечению QoS в сетях LTE для сервисов IOT..... **447**

## СЕКЦИЯ №2: ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**П.П. Акулин, С.П. Новиков** Анализ уязвимостей SQL инъекцией в современных СУБД . **453**

**Ю.А. Безуглый, А.В. Вершенник, П.В. Закалкин, А.В. Попова, И.Ю. Шункова** Обеспечение безопасности государственных информационных систем..... **458**

**Б.П. Борисов, А.И. Янкина** Анализ и методы борьбы с DDoS-атаками в современном мире. ..... **463**

**А.В. Вершенник, Е.В. Вершенник, А.В. Кирьянов, И.Ю. Шункова** Контроль пути прохождения пакетов как способ обнаружения атак на систему маршрутизации ..... **466**

**А.В. Вершенник, Е.В. Вершенник, А.В. Попова, В.Г. Федоров** Маскирование информационных потоков в многооператорных информационно-телекоммуникационных сетях ..... **472**

**А.В. Вершенник, Е.В. Вершенник, И.Ю. Шункова** Атаки на систему маршрутизации ... **477**

**А.В. Вершенник, П.В. Закалкин, Н.А. Куприянов** Способ защиты абонентских линий .. **484**

**Е.В. Жильникова, И.А. Сахаров, Г.Р. Романов** Обзор методов и алгоритмов распознавания лиц ..... **488**

**А.С. Жук, В.А. Головской** Исследование возможности применения

обобщенных инъективных рюкзачных векторов для моделирования системы защиты информации от НСД..... **493**

**К.А. Краснов, И.П. Корионов, А.А. Хороший, М.Н. Беленькая** Анализ атак типа «Отказ в обслуживании» при использовании протоколов icmp, upd, tcp ..... **501**

**В.С. Мамедов, В.А. Головской** Модель угроз безопасности информации,передаваемой по радиоканалам робототехнических комплексов ..... **505**

**С.В. Мухачев, Я.О. Калмыкова** О реализации информационных угроз в социальных сетях ..... **511**

**А.В. Перепечаев** Применение технологии Blockchain в автоматизации и защите информации ..... **514**

**И.А. Сосновский, А.А. Манин, Н.В. Болдырихин, С.В. Коробенко** Подход к оценке IT-риска в инфокоммуникационных сетях связи ..... **518**

**И.Ф. Файсханов** Аутентификация пользователей при помощи устойчивого клавиатурного почерка ..... **522**

## СЕКЦИЯ №3: ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ, ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА

**К.Д. Бадыштова, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский** Электронное модульное обучающее пособие с выбором контрольно-обучающего контента ..... **531**

**Э.А. Бинеев, В.П. Попова** Опыт оценки условий труда на производственных участках ремонтно-механических мастерских ..... **534**

**А.Э. Боярчук, В.И. Юхнов** Методические аспекты совершенствования подготовки специалистов по технологиям защиты информации ..... **537**

**А.Э. Боярчук, В.И. Юхнов** Совершенствование направлений подготовки специалистов защищенных систем связи по комплексу Secret Net ..... **542**

**С.А Винокуров** Оценка знаний студентов по дисциплине «Вычислительные модели» с использованием тестирующей программы ..... **547**

**М.Г. Гизатуллин, А.Д. Воротынцева** Некоторые аспекты реализации образовательного процесса в образовательной организации высшего образования системы МВД России с использованием инфокоммуникационных технологий ..... **557**

**М.Г. Гизатуллин, М.М. Першин** Об особенностях рецензирования учебно-методических материалов в образовательных организациях высшего образования на базе инфокоммуникационных технологий ..... **562**

**И.В. Головина, О.В. Парфентьева** О социальных последствиях промышленного интернета вещей ..... **567**

**О.В. Гончарова, П.В. Явтушенко** Информационно-образовательные технологии в образовании ..... **571**

**О.В. Гончарова, А.И. Янкина** Теоретические основы информационных технологий ..... **574**

**К.Д. Грабовый, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский** Обучающая система на основе клиент-серверной технологии ..... **580**

**С.А. Докучаев, Г.С. Костецкая** Кейс-метод как эффективное средство формирования общекультурной компетенции бакалавров в области инфокоммуникаций при изучении математических дисциплин ..... **583**

**С.А. Докучаев, Г.С. Костецкая, Н.О. Светличная** Особенности проблемно-ориентированного обучения бакалавров при изучении общенаучных дисциплин в контексте личностно-ориентированной образовательной парадигмы ..... **586**

**И.В. Калиенко, И.А. Осипенко, В.И. Снежков** Разработка лабораторного практикума по предмету «Основы проектирования электронной компонентной базы» ..... **590**

**А.Н. Карлаш, П.И. Рыбалко** Особенности организации процесса развития и обучения в массовых школах детей с особыми образовательными потребностями ..... **598**

**Б.Б. Конкин** К омпьютерные технологии в действии ..... **602**

**А.Ю. Опарин** Тенденции становления информационного общества России ..... **606**

**С.Р. Пан, И.В. Пугачев, В.Н. Трофименко** Лабораторная установка на платформе Arduino ..... **608**

**И.И. Поляков, Т.Н. Николаева, Д.Л. Устименко** Особенность алгоритмического метода в развитии современных фондовых рынков ..... **614**

**Т.В. Рахимьянова, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский** Кроссплатформенное электронное обучающее пособие ..... **616**

**А.А. Рощин, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский** Android приложение для обучения программированию ..... **620**

**А.А. Середин, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский, Б.В. Рачинский** Клиент-серверная система управления розничной сетью ..... **625**

**В.Н. Трофименко, О.С. Рудиченко, А.А. Волкова, А.Д. Бедретдинов** Роль инфокоммуникационных технологий в привлечении студентов к научно-исследовательской работе ..... **627**

**И.Ф. Файсханов, П.С. Власова** Применение многофункциональной системы тестирования в образовательном процессе образовательной организации системы МВД России ..... **633**

**А.А. Яковенко, О.О. Шадрунова** Трансформации современного общества и инновации в управлении персоналом ..... **640**

**А.А. Яковенко, Н.А. Шустова** Стратегия управления разработкой и реализацей инновационных программ ..... **647**

## CONTENTS

## SECTION 1
## STATE AND PROSPECTS OF IFOCOMMUNICATION DEVELOPMENT

**E.A. Akimochev, V.G. Orlov** P roduction and broadcasting complex FM «Radio 1» .....**15**

**A.M. Babychev, N.V. Budyldina** Fuzzy logic based congestion control.....**20**

**N.Yu. Baturina, I.V. Kalienko, K.A. Kashuba, N.I. Abramova** Analysis of the influence of acoustic properties of the loudspeaker amplitude-friquence response of an electronic device.....**25**

**M.N. Belenkaya, E.S. Zaytsev, V.A. Akopyan, D.Ya. Kosheparov** Review of methods of network traffic analysis using DPI .....**30**

**I.V. Belousov, E.I. Kim, P.S. Shevchuk** Improving aviation security at the airport "Platov" on the basis of application of the system of intelligent video analysis.....**36**

**I.V. Belousov, V.E. Sennikova, P.S. Shevchuk** Improved methods of using x-ray scanner "Contour" for the detection of dangerous and prohibited items.....**42**

**M.V. Belubekyan, V.G. Garakov** Reflection of electromagnetic wave from the border of elastic environment from piezoactive material.....**48**

**M.V. Belubekyan, A.A. Papyan** Semi-infinite waveguide made of piezoelastic material of class 6MM .....**55**

**V.V. Boginskya, I.V. Kalienko, I.A. Osipenko** Communication of physical characteristics of solid solutions of $A^3B^5$ type depending on chemical-technological reactions of their cooking.....**61**

**B.P. Borisov, V.S. Volkov, K.A. Schimelfenikh** New features, prospects of future development and practical realization of USB in the informational technologies and systems of communication .....**66**

**B.P. Borisov, V.S. Volkov, K.A. Schimelfenikh** Evolution of storage devices .....**74**

**A.V. Borodin, P.V. Yavtushenko** Use of polycrystalline materials for developing piezoeletric transformers.....**78**

**V.A. Butenko, S.S. Makhrov** The review of face recognition methods.....**82**

**D.A. Vlasov, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky** Features of using soket – technology in a client-server system .....**94**

**D.A. Vlasov, A.N. Chikalov** Methods of passing parameters in the procedure.....**98**

**I.N. Gerasimov, E.A. Colomiets** A decompositional method for design of multi-valued logical networks .....**102**

**Y.I. Gnilomyodov, I.I. Shestakov** Cognitive analysis of processing of reflexedgram of a branched fiber-line communication line.....**108**

**V.A. Danilov, L.V. Danilova** Probabilistic characteristics of a radius-vector module of a point with correlated nongaussian components.....**117**

**V.A. Danilov, Y.V. Zhabinskiy, A.S. Usik** Probabilistic characteristics of an arbitrary number amount of randomly-modulated oscillations and correlated gaussian noise.....**122**

**M.A. Derkanosov, A.N. Chikalov** Search data in large arrays of information .....**127**

**V.V. Evstafiev, N.V. Rudenko, V.A. Semenov, D.L. Sumin** Features of the evaluation of the reliability characteristics of communication networks.....**134**

**V.V. Evstafiev, N.V. Rudenko, V.A. Semenov, D.L. Sumin** Perfection of operation processes in the next generation communication networks ..... **138**

**A.V. Eliseev, A.G. Zhukovskiy, I.V. Dorokhin, E.E. Mamedov** Analysis of types and aviation surveillance systems ..... **145**

**A.V. Eliseev, A.G. Zhukovskiy, I.V. Dorokhin, E.E. Mamedov** Estimation of potential characteristics of bistatic radar to solve the problem of monitoring of media radio radiation sources ..... **152**

**V.V. Ershov, N.V. Rudenko, K.A. Reshetnikova, R.I. Rusanov** Estimation of efficiency of sources of energy in the composition of the electrical supply system of the basic station of cellular communication ..... **161**

**W.A. Zhiltsov, I.N. Yaremko** Study and optimization of traffic in MPLS networks ..... **166**

**N.B. Zhmailova, I.V. Shcherban** Technique of the choice of basic wavelet function from the condition of the maximum of the joint entropy of Fourier and wavelet transforms of the signal ... **173**

**M.V. Zaginaylo, D.V. Marshakov** Statistical estimation of the output results of the artificial neural network in pattern recognition task ..... **178**

**A.P. Zverev, I.P. Rybalko** Hardware and software methods to prevent the collision of unmanned aerial vehicles with ground objects ..... **183**

**B.G. Ibrahimov, N.D. Gahramanova** Research of the functional reliability telecommunication systems on the basis of the software-defined network ..... **190**

**B.G. Ibrahimov, Y.S. Isaev** Analysis efficiency of the link multiservice communication networks future generations network on the basis architectural concept SDN ..... **196**

**O.V. Ignateva, O.L. Ignatev** Quantum parallelism and the Deutsch algorithm ..... **205**

**E.V. Ignachkova, D.V. Kolbasin, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky** Network virtualization of the corparative LAN ..... **212**

**S.A. Kachnov, N.V. Boldyrikhin, I.S. Girin** The analysis of methods of caching pages websites ..... **215**

**S.A. Kachnov, N.V. Boldyrikhin** Comparative analysis of content management systems ..... **217**

**M.O. Kireev, E.V. Glushak** Research of wireless network networks based on Bluetooth ..... **222**

**V.G. Kobak, A.G. Zhukovskiy, G.A. Artozey, Yu.Yu. Yankina** Comparison of the list and genetic approach while solving a uniform minimax task ..... **225**

**V.G. Kobak, A.G. Zhukovskiy, A.P. Kuzin, D.A. Zhukovskiy** Investigation of the genetic algorithm basic parameters for solving inhomogeneous minimax problem, when it use as an exact solution ..... **229**

**V.G. Kobak, A.G.Zhukovskiy, V.M. Porksheyan, A.A. Peshkevich** The solution to the traveling salesman problem a modified model of goldberg with macromutation ..... **234**

**V.G. Kobak, A.G. Zhukovskiy, S.A. Shvidchenko, A.A. Peshkevich** Comparison of different approaches of tournament selection for solving the traveling salesman problem a modified model Goldberg ..... **239**

**V.G. Kobak, V.M. Porksheyan, A.G. Zhukovskiy, A.P. Kuzin** Investigation of efficiency of modernized modeling of Goldberg under the use of various krossover types and methods of formation of new generation in the solution of the inhomogeneous minimax task ..... **244**

**Ya.B. Konstantinova, G.A. Kalinchenko, N.O. Svetlichnaya, P.M. Tabunschikova** Peculiarities of methods to improve the efficiency of a low frequency power amplifier ..... **251**

**V.V. Krasulin, V. Tkacuks, E.O. Tkachuk** Information support for activities of distributed economies ..... **254**

**D.I. Krylov, S. A. Kachmar, P.V.Lobzenko, S.A. Polyansky** Using ado technology in C# for database Access ..... **260**

**E.V. Kubakh, I.V. Shcherban** Research and realization of algorithm of base wavelet function future extraction ..... **263**

**P.A. Kuticov, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva** Directions of development of avionics radio communication in the interests of improving the quality air traffic control ..... **270**

**K.I. Lavrentyev, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva** Multiservice infocommunication support of aero terminal complexes ..... **272**

**V.L. Lvov, E.V. Ignachkova, K.V. Lvov** Web-interface for remote execution of programs on server side ..... **275**

**A.A. Mierzvinskyi** Theory of information - basic nuclei of theory of informatics ..... **282**

**V.D. Mikhalchuk, A.A. Pavlov, N.V. Boldyrikhin** Analysis of technologies for creating websites ..... **296**

**M.D. Molovtsev, I.S. Sineva** Usage of data mining techniques for time series segmentation ..... **299**

**E.S. Nuykin, E.V. Glushak** A study of the industrial internet of things ..... **305**

**N.N. Nuriev, A.S. Meleshin, N.O. Svetlichnaya** Modern airborne radar with AFAR as the basis for the creation of integrated structures of BRLS and high-speed CDTS ..... **310**

**S.A. Pogrebnyak, S.V. Popov** Automatic classification of sound spectra, based on the separation of different genres of music tracks. ..... **313**

**M.I. Polovinchenko, V.S. Eliseev, N.V. Boldyrikhin, I.P. Rybalko** Comparative analysis of modern operating systems ..... **322**

**I.V. Reshetnikova, E.A. Kazachanskaya** Operational telephone communication for objects of increased hazards and technological risk ..... **326**

**K.A. Reshetnikova, A.A. Bayandurova, O.I. Sokolova** On the solution of the problem of the integrated integration of the satellite and inertial navigation system ..... **332**

**K.A. Reshetnikova, A.A. Bayandurova, O.I. Sokolova** On the possibility of solving the problem of adaptive filtering based on non-periodic precise measurements ..... **343**

**K.A. Reshetnikova, O.I. Sokolova, E.G. Chub** Use of innovative technologes of high-precision positioning of rolling stock for diagnostics of a condition of a railway track ..... **348**

**N.V. Rudenko, V.V. Evstafiev, O.O. Sokolova, V.S. Lobodinov** Selection and placement of wind-generators autonomous objects of telecommunications with the account of human health ..... **353**

**N.V. Rudenko, V.V. Ershov, Ya.N. Tuzko, M.V. Deremov, T.E. Timirbulatova** Influence of wind power engineering installations on work telecommunication systems ..... **359**

**N.Y. Semiryad, I.V. Reshetnikova** Processor pipeline ..... **364**

**O.V. Sumarokova, E.V. Glushak** Study of multiplexing with orthogonal frequency separation and its applications ..... **368**

**T.E Timirbulatova** Analysis of technical solutions for the geolocation of rapid response teams in real time using existing mobile networks ..... **371**

**E.O. Tkachuk** Extrapolation forecasting in decision-making by the adaptive method of precedents ..... **376**

**N. Tkacuks, E.O. Tkachuk** Atmospheric laser optical communication line ..... **385**

**N.B. Usmanova, J.A. Abdujalilov** On the issue of investigating the autonomous behavior and adaptation in modern communication networks ..... **399**

**V.E. Fokin, A.A. Manin, V.I. Yukhnov, I.A. Sosnovsky** Analysis of dynamic routing protocols ..... **405**

**V.V. Kharchenko, D.V. Kharchenko** The use of asymptotic representations of the hankel functions for calculation of fields of a cylindrical antenna ..... **408**

**V.I. Husnullin, E.V. Glushak** The study of wireless sensor networks ..... **416**

**E.V. Yurchenko, I.I. Salifov** Synchronization in mobile networks ..... **431**

**V.I. Yukhnov, I.A. Engibaryan, O.A. Safar'yan, A.I. Tyutyunnikova, R.E. Kleimenova** The influence of phase noise in telecommunication systems and method of its reduction ..... **442**

**S.I. Iakimenko, I.A. Molokovskiy** The analysis of approaches to providing qos in lte networks for iot services ..... **447**

## SECTION 2: INFORMATION SECURITY

**P.P. Akulin, S.P. Novikov** The analysis of the vulnerabilities of the SQL injections in modern DBMS ..... **453**

**Y.A. Bezugly, A.V. Vershennik, P.V. Zakalkin, A.V. Popova, I.Y. Shunkova** Security of state information systems ..... **458**

**B.P. Borisov, A.I. Yankina** Analysis and methods of combating ddos attacks in the modern world ..... **463**

**A.V. Vershennik, E.V. Vershennik, A.V. Kiryanov, I.Y. Shunkova** Control the path of the packages as a way to detect attacks on the routing system ..... **466**

**A.V. Vershennik, E.V. Vershennik, A.V. Popova, V.G. Fedorov** Masking information flows in multi-statement information and telecommunication networks ..... **472**

**A.V. Vershennik, E.V. Vershennik, A.V. Kiryanov. I.Y. Shunkova** Attacks on the routing system ..... **477**

**A.V. Vershennik, P.V. Zakalkin, N.A. Kupriyanov** Method of protecting subscriber lines ..... **484**

**E.V. Zhilnikova, I.A. Sakharov, G.R. Romanov** Review of methods and algorithms of recognition of persons ..... **488**

**A.S. Zhuck, V.A. Golovskoy** Investigation of the possibility of application of generalized injective background vectors for modeling the information protection system from unauthorized access ..... **493**

**K.A. Krasnov, I.P. Korionov, A.A. Khoroshiy, M.N. Belenkaya** Analysis of attack type "Denial of service" at using ICMP, UPD, TCP protocols ..... **501**

**V.S. Mamedov, V.A. Golovskoy** Model of information security threats transmitted by the radio channels of robotic complexes ..... **505**

**S.V. Mukhachev, Ya.O. Kalmykova** On the implementation of information threats in social networks ..... **511**

**A.V. Perepechaev** Application of Blockchain technology in automation and protection of information ..... **514**

**I.A. Sosnovsky, A.A. Manin, N.V. Boldyrikhin, S.V. Korobenko** Approach to it-risk assessment in infocommunication networks ..... **518**

**I.F. Fayskhanov** Authentication of users with a stable keyboard handwriting.....522

## SECTION 3: INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY IN EDUCATION, ECONOMICS AND MANAGEMENT

**K.D. Badyshtova, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky** Electronic modular training manual with selection of control-training content.....531

**E.A. Bineev, V.P. Popova** Experience of assessment of working conditions on production sites of repair-mechanical workshops.....534

**E.A. Boyarchuk, V.I. Yukhnov** Methodological aspects of improving preparation of specialists on technologies of protection informations.....537

**E.A. Boyarchuk, V.I. Yukhnov** Improving the areas of training of protected communication systems at the complex Secret Net .....542

**S.A. Vinokurov** Assessment of knowledge students' on the subject «Computational models» using testing programs.....547

**M.G. Gizatullin, A.D. Vorotyntseva** Some aspects of realization of educational process in the educational organization of the higher education of system of the ministry of the interior of russia with use of infocommunication technologies.....557

**M.G. Gizatullin, M.M. Pershin** About features of reviewing of educational and methodical materials in the educational organizations of the higher education on the basis of infocommunication technologies.....562

**I.V. Golovina, O.V. Parfentyeva** About the social effects of the industrial internet of things.....567

**O.V. Goncharova, P.V. Yavtushenko** Information and educational technology in education.....571

**O.V. Goncharova, A.I. Yankina** Theoretical bases of information technologies.....574

**K.D. Grabovy, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky** Learning system based on client-server technology .....580

**S.A. Dokuchaev, G.S Kostetskaya** Case method as an efficient tool to form general cultural competences at teaching mathematical disciplines to bachelors of the infocommunication industry .....583

**S.A. Dokuchaev, G.S. Kostetskaya, N.O. Svetlichnaya** Some peculiarities of problem-based learning of bachelors at teaching general scientific disciplines in the context of person oriented education paradigm.....586

**I.V. Kalienko, I.A. Osipenko, V.I. Snegkov** Development of a laboratory workshop on the subject "Bases of electronic component design design basis" .....590

**A.N. Karlash, P.I. Rybalko** The features of the process of development and learning in mainstream schools of children with special educational needs .....598

**B.B. Konkin** Computer technology in action .....602

**A.Yu. Oparin** Tendencies of development of information society in russia.....606

**S.R. Pan, I.V. Pugachev, V.N. Trofimenko** Laboratory unit based on Arduino platform .....608

**I.I. Polyakov, T.N. Nikolaeva, D.L. Ustimenko** The feature of the algorithmic method in the development of modern stock markets.....614

**T.V. Rakhimyanova, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky** Cross-platform e-learning tutorial.....616

**A.A. Roshchin, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky** Android application for learning programming..... **620**

**A.A. Seredin, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky, B.V. Raczynski** The client-server system, management of retail chain..... **625**

**V.N. Trofimenko, O.S. Rudichenko, A.A. Volkova, A.D. Bedretdinov** Role of infocommunication technologies in attraction students to research work ..... **627**

**I.F. Fayskhanov, P.S. Vlasova** Using of the multifunctional system of testing in the educational process of the educational organization of the MIA of Russia system ..... **633**

**A.A. Yakovenko, O.O. Shadrunova** Transformations of modern society and innovation in personnel management ..... **640**

**A.A. Yakovenko, N.A. Shustova** Strategy of management of development and implementation of innovative programs ..... **647**

**Е.А. Акимочев, В.Г. Орлов**

# ПРОИЗВОДСТВЕННО – ВЕЩАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РАДИОСТАНЦИИ FM ДИАПОЗОНА «РАДИО 1»

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: радиовещание, производственно-вещательный комплекс, эфирная сетка вещания, интернет-трансляция, эфирная аппаратная, студия звукозаписи.

Рассмотрены структурные принципы организации и комплектования вещательного комплекса на примере радиостанции FM-диапазона «Радио-1». Приведены состав аппаратно-программных средств и структурно-функциональные схемы аппаратно-вещательного комплекса и студии прямого эфира радиостанции.

**E.A. Akimochev, V.G. Orlov**

# PRODUCTION AND BROADCASTING COMPLEX FM "RADIO 1»

Moscow Technical University of Communications and Informatics,
Moscow, Russia

Keywords: broadcasting, production and broadcasting complex, broadcasting grid, Internet broadcast, terrestrial hardware, recording Studio.

Considered the structural principles of the organization and staffing of broadcast facilities complex on the example of radio stations in the FM band "Radio-1". The composition of hardware and software and structural and functional schemes of the hardware and broadcasting complex and the Studio of the radio station's live broadcast are presented.

Организация радиовещания связана с комплектованием и оснащением вещательного комплекса определённым составом аппаратных и программных средств. В настоящее время существует большой выбор программного обеспечения, упрощающего

задачи планирования сетки вещания радиостанции (DJin) и подбора различных компонентов эфирного контента (Powergold). Для обеспечения записи и редактирования аудиоконтента возможно использование различных специализированных программ, в частности: Soudforge, Vegas studio и Track. Для вещания в сети Интернет необходимо стабильная и непрерывная работа компьютера (сервера), а также аренда сайта, или одной из вещательных площадок. Следует отметить, что переход на более качественный уровень вещания влечёт за собой ряд проблем, начиная с акустики студии, заканчивая обеспечением общего уровня громкости всех элементов музыкальной базы, а также подстройки частотных характеристик микрофонов, [1] .

Рассмотрим организацию производственно-вещательного комплекса на примере действующей радиостанции FM диапазона «Радио 1».

С точки зрения функционирования производственно-вещательного комплекса радиостанции можно выделить три основные задачи:

1. Создание материала для прямого эфира и взаимодействие студии прямого эфира с редакцией.
2. Формирование и обработка сигналов прямого эфира.
3. Обеспечение записи и монтажа радиопрограмм.

Упрощённая структурная схема устройства эфирной студии прямого эфира приведена на рис.1. На ней обозначены все источники звуковой информации, поступающей на пульт звукорежиссёра, предназначенного для регулировки уровня громкости звуковых сигналов от различных источников. Линейки эфирного пульта для микрофона «DJ» и микрофона «Новости» выделены в отдельные источники, так как они располагаются в эфирной аппаратной. Через микрофон DJ реализуется связь TalkBack, с помощью которой на пульте звукорежиссёра имеется возможность включить обратную связь с любыми студийными наушниками, что позволяет ведущему слышать голос звукорежиссёра поверх звукового эфира. Функция TalkBack, помимо связи с ведущим, используется для координации действий эфирной смены.

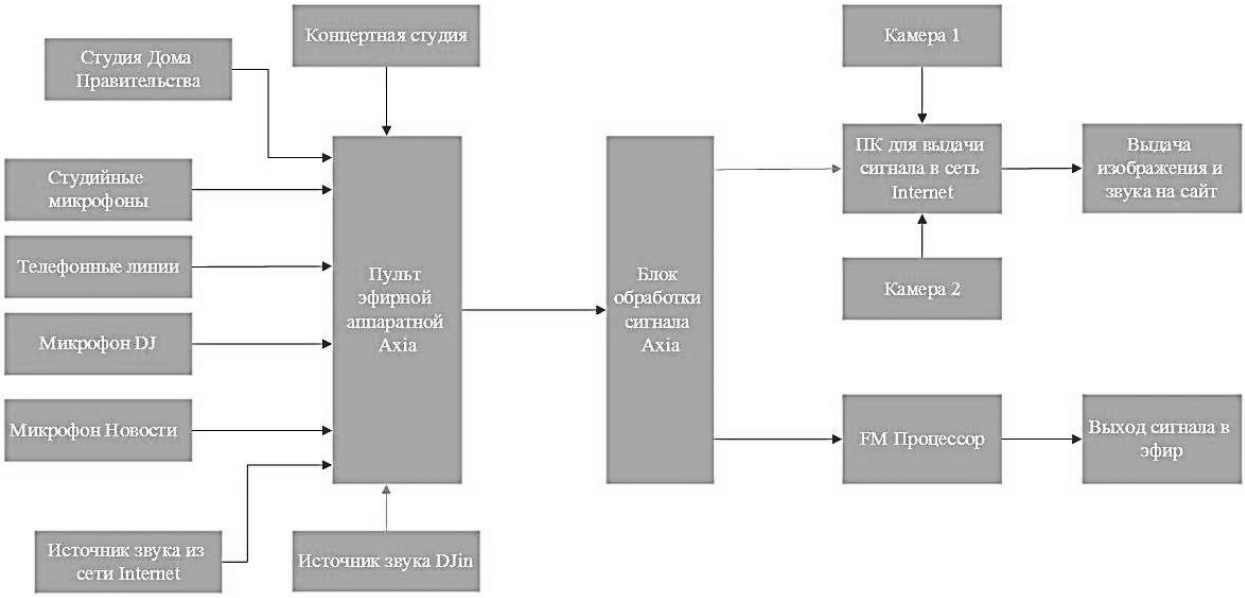



Рис. 1. Структурная схема устройства эфирной студии прямого эфира

Как следует из рис.1 основными источниками поступления звукового сигнала являются студийные микрофоны и программа DJin, обеспечивающая формирование и воспроизведение сетки вещания. Остальные источники сигнала используются для периодического включения по необходимости. Звуковой сигнал передаётся на блок обработки, где микшируется согласно настройкам, выбранным на пульте звукорежиссёра. Затем сигнал передаётся на ПК, обеспечивающий интернет-трансляцию и дублируется на FM процессор. FM процессор используется для сжатия динамического диапозона звукового сигнала и его кодирования с последущей трансляцией на комплекс передатчиков FM сигнала, [2].

На станции «Радио 1» передача FM сигнала в эфир, а так-же интеграция интернет-трансляции на сайт и в приложение для мобильных устройств, производятся сторонними аутсорсинговыми организациями. Данная мера позволяет обеспечить оптимизацию финансовых расходов.

В эфирной аппаратной предусмотрен выход в эфир из удалённой студии «Дом Правительства Московской Области». В ней предусмотренны возможности записи и выхода в прямой эфир. Сигнал из данной студии передаётся в эфирную аппаратную по сети WAN. В свою очередь сигналы, поступающие на блок обработки передаются по внутренней локальной сети (LAN) радиостанции.

Помимо звуковой составляющей, формируемого в студии сигнала, ведётся запись изображения с нескольких камер и осуществляется прямая видеотрансляции. При записи программ видеосигнал записывается на сервер радиостанции, а при организации интернет-трансляции сигнал поступает непосредственно на IP – адрес ПК, обеспечивающего интернет трансляцию. Помимо этого в эфирной аппаратной реализована возмножность принимать и выводить в прямой эфир телефонные звонки. Для этого в эфирном комплексе используется блок компании Axia Telos, с помощью которого производится аналого-цифровое преобразование (АЦП) сигнала, поступающего по телефонный линии, с его последующим выходом в эфир. При этом блок Telos осуществляет предачу всего эфирного звука в виде информации для абонента телефонной линии. Таким образом, телефонный абонент прослушивает всё, что происходит в эфире и может общаться с ведущими без использования дополнительной аппаратуры. В блоке Telos предусмотренна функция TalkBack, при которой голос звукорежиссёра поступает абоненту, подавляя прочие звуки, и при этом не попадает в эфир.

Организация концертных программ требует отдельную концертую студию, наличие отдельного пульта звукорежиссёра и полного комплекса концертной аппаратуры. Все музыкальные инструменты реализуются в «электронном виде». Это необходимо для того, чтобы снимался «чистый звук» без сопутствующих концерту шумов. При окончании формирования сигнала в концертной студии он одним потоком передаётся в эфирную аппаратную студию, из которой выводится в эфир.

Рассмотрим технологию формирования материала для прямого эфира.

Основные задачи:

- возможность быстро изменять эфирную сетку вещания.
- минимизация контактов с эфирной сменой.

Общение между продюсерами и эфирной сменой производится при помощи облачного пространства сети Internet. В облаке размещён файл с текстом, который озвучивает ведущий. При этом ведущий не видит самой сетки звукового вещания и знает

только текст и перечень звуковых материалов для эфира. Планирование временных интервалов, предоставляемых ведущему и окончательное оформление звучания программ производит звукорежиссёр прямого эфира. Основная сетка вещания загружается в программу DJin, которая позволяет просчитывать время, затрачиваемое на воспроизведение текущего плейлиста и, что самое главное, может подвергаться редактированию с нескольких ПК одновременно. Доступ к изменению сетки вещания имеет звукорежиссёр прямого эфира, продюссеры, музыкальный редактор и выпускающий редактор. Под изменением сетки вещание подразумевается редактирование времени запуска программ, добавление новых элементов и изменение или удаление существующих.

На рисунке 2 представленна схема реализации аппаратного вещательного комплекса, используемого на станции «Радио 1» . Сама программа DJin запускается на сервере, однако права доступа к ней предоставляются с любого ПК, подключённого к серверу радиостанции. Для записи программ на радиостанции «Радио 1» используется отдельная студия со своей звукоизоляцией и записывающим комплексом. Для лучшего качества звука, применяются компрессоры, подключённые к каждому микрофону, [3]. Запись производится с помощью аналогового пульта, позволяющего производить частотную коррекцию в процессе записи, а затем поступает на звуковую карту, осуществляющую АЦП. После получения готовой записи её монтируют, нормализуют по уровню звука с целью обеспечения одинакового уровня громкости звучания со всеми прочими эфирными материалами. В случае необходимости на запись накладывают подложку (фоновую музыку). Студия звукозаписи не связана с эфирной студией, осуществляющей вещание, а все программы, записанные на этой студии выкладываются на станционный сервер, откуда поступают в эфир при формировании программы вещания.

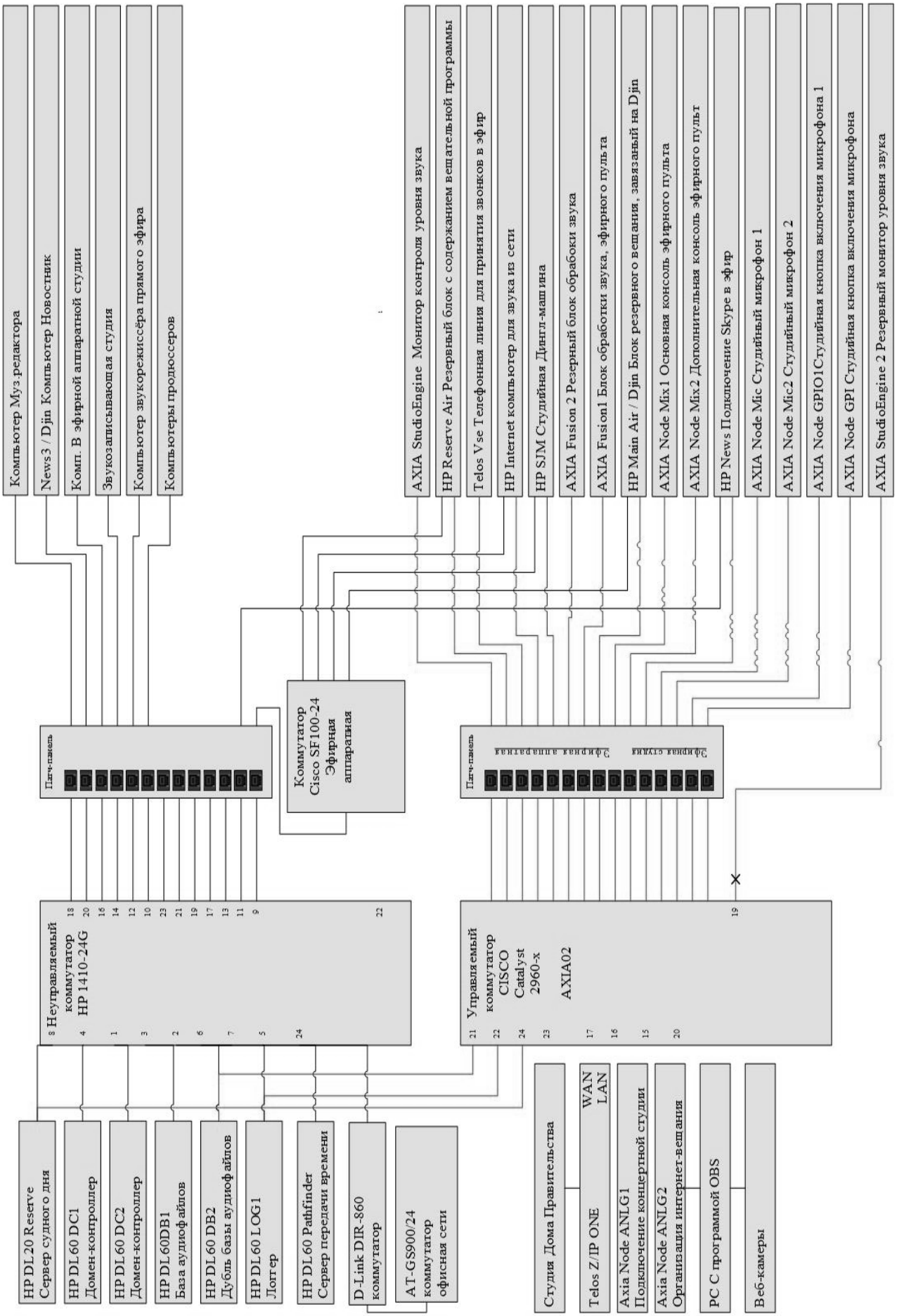



Рис. 2. Схема реализации аппаратного вещательного комплекса.

Заключение:

Для расширения функциональных возможностей и улучшения эксплуатационных характеристик целесообразно на станции «Радио 1» реализовать возможность удалённого подключения к серверу и изменения вещательной сетки при наличии на удалённом компьютере программы DJin. Удалённое подключение к серверу обеспечит персоналу станции возможность контролировать вещание не только со своих непосредственных рабочих мест, но и по сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Радиовещание в России в 2016 году. Состояние, тенденции и перспективы развития/Отраслевойдоклад: Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям, Москва 2017 г..
2. Как устроено современное FM-радио // [Электронный ресурс] URL: http://nag.ru/go/text/31433/
3. *Ковалгин, Ю.А.* и др. Радиовещание и электроакустика. // Учебное пособие для вузов.- М:Горячая линия – Телеком,2007.- 872 с.:ил.



**А.М. Бабычев, Н.В. Будылдина**


## КОНТРОЛЬ ПЕРЕГРУЗКИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ


Уральский технический институт связи и информатики
(филиал) ФГОБУ ВО «СибГУТИ» в г. Ектеринбурге



Ключевые слова: контроль перегрузок, нечеткая логика, интегрированные сетевые сервисы.



Аннотация:

Проблема управления перегрузкой сети остается решающей проблемой и имеет высокий приоритет, особенно учитывая растущий спрос на высокоскоростнойдоступ. Несмотря на исследования и большое количество предложенных схем, нет универсального решениядля управления перегрузками.

Существующие решения в действующих сетях все чаще становятся неэффективными, и чаще всего эти решения не могут легко масштабироваться. В этой статье рассмотрен подход к управлению перегрузкой на основе нечетких вычислений для решения проблемы контроля перегрузки.

**A.M. Babychev, N.V. Budyldina**

# FUZZY LOGIC BASED CONGESTION CONTROL

Ural Technical Institute of Communications and Informatics (Branch) FPEBI HE
(URTISI SibGUTI)in Ekaterinburg

Keywords: congestion control, fuzzy logic, integrated services networks.

Abstract:

The problem of managing network congestion remains a decisive problem and has a high priority, especially given the growing demand for high–speed access. Despite the research and a large number of proposed schemes, there is no universal solution for managing congestion.

Existing solutions in existing networks are increasingly becoming inefficient, and more often than not these solutions cannot be easily scaled.

Сетевая перегрузка становится реальной угрозой для роста существующих сетей с коммутацией пакетов и будущего развертывания сетей связи с интегрированными услугами. Это проблема, которую нельзя игнорировать. Перегруженность вызвана насыщением сетевых ресурсов (линий связи, буферов, сетевых коммутаторов и т.д.). Например, если линия связи доставляет пакеты в очередь с более высокой скоростью, чем скорость обслуживания очереди, размер очереди будет расти. Так как пространство в очереди является конечным, то в дополнение к задержке, испытываемой пакетами до обслуживания, также будут возникать потери. Сети должны обслуживать все запросы пользователей, которые могут быть непредсказуемыми (время начала, скорость передачи и продолжительность). Однако сетевые ресурсы являются конечными и должны управляться для совместного использования между конкурирующими пользователями.

Последствием перегрузки сети является ухудшение производительности сети. Пользователь испытывает длительные задержки при доставке сообщений, возможно, с большими потерями, вызванными переполнением буфера. Таким образом, происходит ухудшение качества предоставляемой услуги с необходимостью повторной передачи пакетов (для услуг, нетерпимых к потере). В случае повторных передач происходит снижение пропускной способности, что приводит к краху пропускной способности сети, когда значительная часть перенесенного трафика связана с повторными передачами (в этом состоянии переносится не очень полезный трафик – трата системных ресурсов).

Сетевая система представляет собой крупную распределенную сложную систему, изменяющимся во времени и хаотичным поведением. В определении элементов управления (объявленных целей и наблюдаемого поведения) существует присущая нечеткость. Динамическое или статическое моделирование такой системы для (открытого или замкнутого цикла) управления чрезвычайно сложное. Поэтому, при проектировании сетевой системы управления необходим структурированный подход. Традиционные методы проектирования трафика,организации очередей, теории принятия решений и т.д. должны дополняться множеством новых методов управления, включая (нелинейные) динамические системы, вычислительный интеллект и интеллектуальный контроль

(адаптивный контроль, модели обучения, нейронные сети, нечеткие системы) и искусственный интеллект.

Вычислительный интеллект (Computational Intelligence–CI) [1], [2]– это область фундаментальных и прикладных исследований, связанных с обработкой цифровой информации (в отличие от технологий обработки символической информации искусственного интеллекта (AI)). В настоящее время исследования ВИ очень активны, и, следовательно, его приложения появляются в некоторых продуктах конечного пользователя. Определение ВИ может быть дано косвенно, наблюдая проявленные свойства системы, в которой используются компоненты ВИ [1]:

«Система является интеллектуально вычислительной, если она имеет дело только с числовыми (низкоуровневыми) данными, икогда система демонстрирует:

- вычислительную адаптивность;
- вычислительная отказоустойчивость;
- скорость приближается к человекоподобному повороту;
- коэффициенты ошибок, которые приближают производительность человека.

Основными строительными блоками ВИ являются искусственные нейронные сети, нечеткая логика и эволюционные вычисления ».

Хотя эти методы не являются панацеей и очень важно рассматривать их как дополнение к проверенным традиционным методам.

Нечеткие логические контроллеры (FLC) могут рассматриваться как альтернативный, нетрадиционный способ проектирования контроллеров обратной связи, где удобно и эффективно создавать алгоритм управления, не полагаясь на формальные модели управляемой системы и теоретические инструменты управления. Алгоритм управления инкапсулируется как набор правил здравого смысла. FLC были успешно применены к задаче управления системами, для которых аналитические модели нелегко получить, или сама модель, если таковая имеется, слишком сложна и сильно нелинейна.

Нечеткий контролер перегрузки (Fuzzy Congestion Controller–FCC) является контроллером нечеткой логики (fuzzy logic controller–FLC). Проектирование FLC включает в себя выбор подходящих математических представлений для t–нормы, s–нормы, операторов дефаззификация (преобразование нечёткого множества в чёткое число), нечетких функций импликации и форм функций принадлежности среди богатого набора кандидатов. Конкретный выбор этих операторов и функций нелинейное отношение вход–выход, или, другими словами, поведение FLC. Но исследования показали, что такие же эффекты могут быть достигнуты путем правильной модификации базы правил [3].

Поэтому в практических приложениях обычно выбираются вычислительно более легкие и хорошо изученные операторы и функции, и желаемое поведение FLC получается путем изменения лингвистических правил.

Для реализации FCC авторы выбрали наиболее широко используемые и более компактные методы, которые являются:

- одноточечная фаззификация
- t–нормальным алгебраическим продуктом для математического представления связки «и»
- правилом вывода Ларсена для импликации
- промежуточное композиционное правило вывода

– взвешенное среднее от дефокусировки максимумов.

Выбор базы правил основан на опыте разработчика и убеждениях о том, как должна себя вести система. Конструкция базы правил двояка:

во-первых, устанавливаются лингвистические правила (поверхностная структура);

во-вторых, в последствии определяются функции принадлежности лингвистических ценностей (глубокая структура).

Компромисс, связанный с разработкой базы правил, состоит в том, чтобы иметь набор минимального количества лингвистических правил, представляющих поверхность управления, с достаточной точностью для достижения приемлемой производительности.

В последнее время в литературе по нечеткому контролю появились некоторые формальные методы получения базы правил с использованием искусственных нейронных сетей. Обычно для определения лингвистических правил нечеткой переменной используются гауссово подобные, треугольные или трапецеидальные функции членства. Выбор гауссовских функций членства приводит к более плавным поверхностям управления. Тем не менее, поскольку настройка нечетких правил интуитивно понятна и может быть связана простыми лингвистическими терминами с опытом пользователя, поэтому не должно возникнуть проблем, что бы добиться соответствующего баланса между допустимой сквозной задержкой и увеличением пропускной способности.

В качестве альтернативы можно использовать метод управления адаптивной нечеткой логикой, который может настраивать параметры контроллера нечеткой логики на линии, используя измерения из системы. Цель настройки может быть основана на желаемом критерии оптимизации, например, компромисс между максимизацией пропускной способности и минимизацией сквозной задержки, испытываемой пользователями.

Лингвистические правила, определяющие действия, которые должны выполнять FLC, могут иногда создавать проблемы для разработчиков. Традиционно правила заключают в себе опыт или убеждение эксперта о необходимых контрольных действиях. Возможно, что знания эксперта недоступны или нелегко получить. В этом случае, если операционные данные находятся под рукой, лингвистические правила могут быть извлечены из данных с использованием методов кластеризации. В докладе Ченг и Чанг [4], [5] приняли алгоритмы нейронных сетей для получения лингвистических правил из эксплуатационных данных. Другая проблема заключается в том, что обычно правила статичны: они не меняются во время работы системы. Естественно, это может привести к субоптимальным управляющим действиям, которые необходимо предпринять, если динамика системы изменится во времени. Решением этой проблемы является использование адаптивных методов для изменения набора параметров, которые используются для определения лингвистических правил в режиме реального времени.

В докладе Сугено [6] предложил метод адаптивной настройки лингвистических правил FLC. В его методе управляемая переменная, которая определяет выходное действие, определенное в лингвистических правилах, выбирается как полиномиальные выражения некоторых переменных состояния, коэффициенты которых модифицируются адаптивными методами. Этот метод может использоваться для управления очень сложными системами, и был успешно продемонстрирован Сугено для управления полетом вертолета. Для иллюстративного примера этого подхода [7] и [8]. Ху, Петр и Браун [9] использовали этот метод для разработки схемы адаптивного нечеткого контроля

перегрузок. В своем подходе уровень перегрузки сети контролируется через длину очереди в выходном буфере коммутатора, при этом целевая задача управления устанавливается на нужную длину очереди.

В «борьбе» с перегруженностью, несмотря на исследовательские усилия, охватывающие несколько десятилетий, и большое количество различных предложенных схем, нет универсально приемлемых решений (стратегия управления, система управления или «пакет» контрольные решения). Контроль перегрузки остается важной проблемой и имеет высокий приоритет, особенно учитывая растущий спрос на высокоскоростной доступ. В этой статье были рассмотрена существующая литература по контролю перегрузки всетях связи. Ожидается, что, как и в других коммерческих продуктах, технологии ВИ, превратятся в настоящие продукты в этой области. Конечно, многие проблемы с контролем перегруженности остаются нерешенными (ведь вся система управления сетью является одной из самых сложных систем, если не самая сложная система управления, которую когда–либо делал человек – она сложная, а также крупномасштабная).

Проблемы, включают в себя:

- получить согласие на структурированный подход к управлению перегрузками для сети. Теоретические концепции и методы управления играют важную роль;
- развертывание системы управления в крупномасштабной географически распределенной сетевой системе. Требуются теоретические достижения в работе с крупномасштабными и сложными системами, включая декомпозицию и организацию контроля (возможно, иерархическую, многослойную, многоуровневую);
- глобально оптимизировать общие сетевые задачи;
- разработать структуру для оценки эффективности контролируемых систем для различных решений управления.

Таким образом, существует реальная проблема в управлении перегрузками в сетях связи, особенно тех, которые поддерживают видео, голосовые и информационные приложения одновременно. Ожидается, что методы вычислительного интеллекта будут играть центральную роль, особенно в крупномасштабных географически распределенных сетевых системах. Ожидается, что гибриды также дополнят эти методы и окажутся полезными, особенно для оптимизации общих сетевых целей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *J. C. Bezdek*, What is Computational Intelligence?, in Computational Intelligence: Imitating Life, edited by J.M. Zurada, R.J. Marks II and C.J. Robinson, IEEE Press, pp. 1–12, 1.
2. *W.Pedrycz*, Computational Intelligence: An Introduction, CRC Press, 1998.
3. *R. Jager*, Fuzzy Logic in Control. PhD Thesis, TechnischeUniversiteit Delft, 1995.
4. *C. Chang and R. Cheng*, Traffic control in network using fuzzy set theory, IEEE INFOCOM'94 Conference, pp. 1200–1207, Toronto, Canada.
5. *R–G. Cheng and C–J. Chang*, Design of a fuzzy traffic controller for networks, IEEE/ACM Transactions on Networking, 4(3), pp. 460–469, June 1996.
6. *M. Sugeno*. Industrial Applications of Fuzzy Control.North–Holland.
7. *L. A. Zadeh*. Fuzzy Logic. IEEE Computer. pp. 83–93.

8. *M. Sugeno and M. Nishida*.Fuzzy Control of a Model Car.Fuzzy Sets and Systems, pp. 105–113, vol. 10.
9. *Q. Hu, D. W. Petr and C. Braun*, Self–tuning fuzzy traffic rate control for networks, IEEE International Conference on Communications, ICC'96, pp. 424–428, Dallas, Texas, USA, 1996.

**Н.Ю. Батурина, И.В. Калиенко, К.А. Кашуба, Н.И. Абрамова**

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ НА АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Государственное бюджетное образовательное учреждение ростовской области «Ростовский-на-Дону колледж радиоэлектроники, информационных и промышленных технологий» (ГБПОУ РО «РКРИПТ»), г.Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: инфокоммуникационные технологии в образовании, передача сигналов речевого диапазона, экспериментальные измерения параметров.

В статье рассмотрены актуальные вопросы анализа и уменьшения искажений при предаче речевых сообщений по каналам связи. Представлены результаты проведенных экспериментальных исследований и теоретических расчетов. Получено удовлетворительное совпадение характеристик в диапазоне речевых сигналов.

**N.Yu. Baturina, I.V. Kalienko, K.A. Kashuba, N.I. Abramova**

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ACOUSTIC PROPERTIES OF THE LOUDSPEAKER AMPLITUDE-FRIQUENCE RESPONSE OF AN ELECTRONIC DEVICE

Don State Technological University, Rostov-on-Don.

State budgetary educational institution of Rostov region "Rostov-on-don College of radio electronics, information and industrial technologies" (GOU SPO RO "SCRIPT"), Rostov-on-don, Russia

Keywords: infocommunication technologies in education, transmission of speech range signals, experimental measurements of parameters.

The article deals with topical issues of analysis and reduction of distortions at the limit of voice messages via communication channels. The results of the experimental studies and theoretical calculations are presented. A satisfactory coincidence in the range of speech signals has been measured.

## Постановка задачи

Передача речевых сообщений по каналам связи требует принимать меры к уменьшению возникающих искажений. Одним из требований снижения искажений является обеспечение постоянной АЧХ и снижение неравномерностей в полосе частот передаваемого сообщения.

Неверно думать, что данный вопрос сводится только к обеспечению постоянной АЧХ $K(\omega) = const$ электронного средства. Подключение к электронному устройству громкоговорителя приводит к существенному изменению результирующей АЧХ и возникновению неравномерностей. Это обусловлено как акустическими, так и электрическими свойствами громкоговорителя.

Цель работы – исследовать влияние громкоговорителя на результирующую амплитудной – частотную характеристику (АЧХ) электронного устройства и на качество воспроизведения речевых сообщений в каналах связи.

## Экспериментальные исследования, анализ и теоретические расчеты

Поставленная задача решается на основе экспериментальных измерений параметров и характеристик узлов и элементов, входящих в состав электронного устройства и акустического преобразователя, и дальнейших теоретических расчетов на базе полученных и обработанных экспериментальных данных.

Применение в теоретических расчетах вместо обобщенных параметров и характеристик результаты экспериментально измеренных данных конкретных элементов, позволяет учесть индивидуальные особенности, возможный разброс параметров и их влияние на характеристики всего устройства.

Предлагаемый подход неоднократно с успехом применяется авторами при анализе расчетных радиотехнических схем и устройств. [1,2,3,4].

Рассмотрим влияние акустических свойств на электрические параметры на примере акустической системы 6АСЛ – 1.

Низкочастотная часть акустической системы содержит LRC фильтр низких частот (ФНЧ) со значениями элементов L=525 мкГн, R=7,5 Ом и C=2мкф и громкоговоритель 6ГД-6 (рисунок 1)

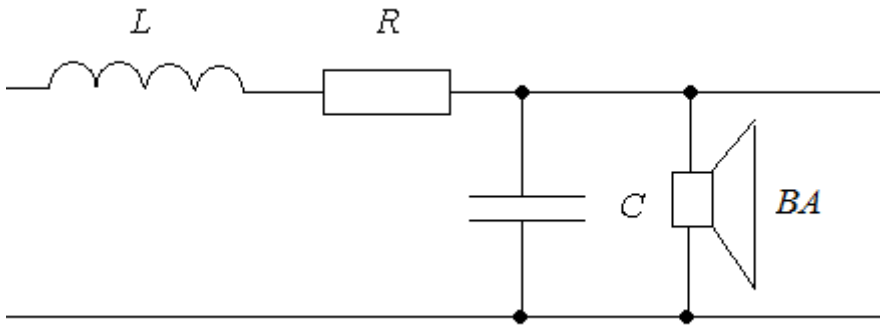



Рис. 1 –Разделительный ФНЧ с громкоговорителем

Трудность теоретического анализа акустических систем, подключенных к электронным устройствам обусловлена неадекватностью моделей, неточным знанием электронных параметров и влиянием акустических эффектов. Так, например, подход к анализу акустических систем на основе эквивалентных схем дает существенные расхождения между рассчитанными и экспериментально измеренными характеристиками. [3,4].

Измерения проводились в звуковом диапазоне 20Гц – 20кГц. Расчет LRC ФНЧ акустической системы 6АСЛ – 1 с отключенным громкоговорителем по формуле (1)

$$|k(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(1-\omega^2 LC)^2+(\omega RC)^2}} \quad (1)$$

Результаты расчетов дают практически полное совпадение с экспериментальной АЧХ, что показано кривой 1 на рисунке 2.

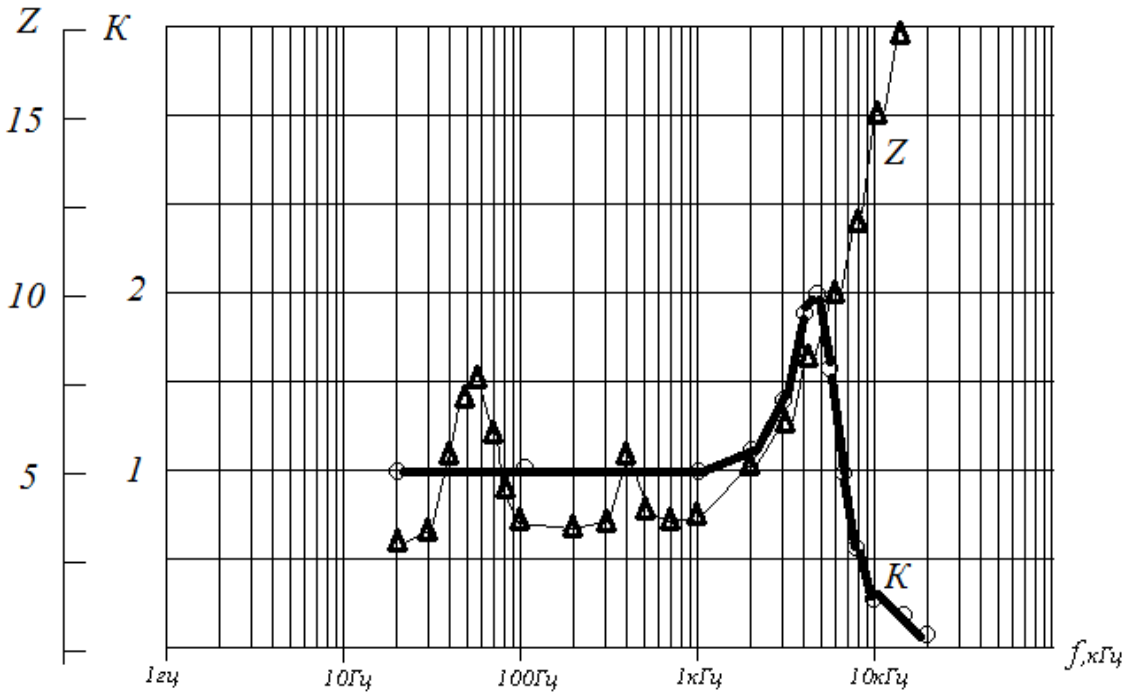



Рис.2 – АЧХ ФНЧ и Z – характеристика громкоговорителя

На этом же рисунке 2 представлена Z – характеристика (кривая 2) громкоговорителя. Вид этой кривой однозначно свидетельствует о целесообразности использования в теоретических расчетах именно результатов экспериментально полученных данных. На данном графике четко видно наличие механического резонанса на частоте 56Гц, второго резонанса на частоте 430Гц и подъема Z – характеристики в диапазоне кГц и выше, обусловленное индуктивностью громкоговорителя $L_{гр}$.

Расчет акустической системы ФНЧ с подключением громкоговорителя проведен с учетом зависимости $Z_{гр}(\omega)$ от частоты. При этом принято допущение, что фазовые искажения, как правило не оказывают существенного влияния на восприятие звука.

Поэтому в качестве модели принята формула, учитывающая $Z_{гр}(\omega)$

$$|k(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(1+\frac{R}{|Z_{гр}(\omega)|}-\omega^2 LC)^2+(\frac{\omega L}{|Z_{гр}(\omega)|}+\omega RC)^2}} \quad (2)$$

Результаты экспериментальных данных LRC ФНЧ с подключенным громкоговорителем (кривая 1) и теоретического расчета по модели (2) с применением экспериментальных данных (кривая 2) приведена на рисунке 3.

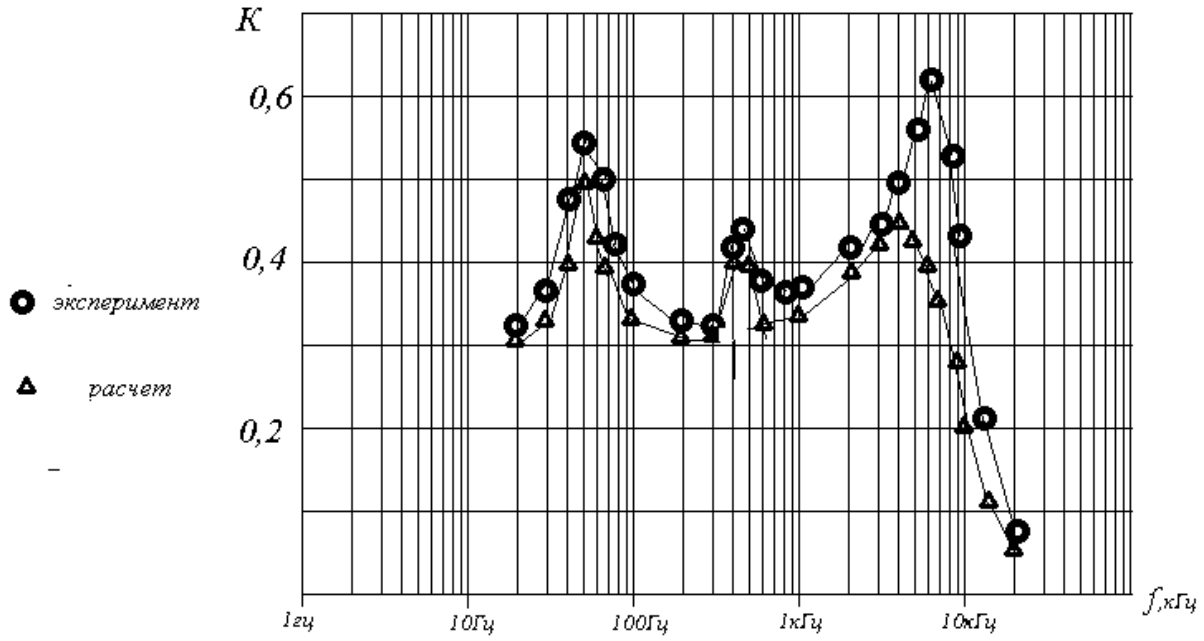



Рис. 3 – Расчетная и экспериментальная АЧХ с подключенным громкоговорителем

Полученные согласно модели (2) результаты с достаточной для практических инженерных расчетов точностью согласуются с экспериментальной характеристикой в диапазоне частот до 4 кГц. Как известно, полоса частот до 4 кГц является необходимой и достаточной для передачи речевых сигналов по каналам связи.

Дальнейшее расхождение кривых 1 и 2 на рисунке 3 обусловлено влиянием индуктивности громкоговорителя и возникающих в связи с фазовым сдвигом.

Также отметим, что влияние индуктивности громкоговорителя приводит к подъему АЧХ на частотах выше частоты резонанса LRC ФНЧ 5кГц и, соответственно, расширению полосы пропускания.

Предложенный алгоритм (2) является довольно простым и компактным в отличие от громоздких объемных формул, получаемых обычно при применении подхода на основе эквивалентных схем.

Предложенный алгоритм (2) позволяет проводить заблаговременное проектирование акустических систем по отдельно известным характеристикам электронных устройств и акустических преобразователей.

Выводы и рекомендации.

На основе выполненных экспериментальных измерений и проведенных обработке и анализе полученных результатов можно сделать выводы.

1. Подключение громкоговорителя к электронному устройству приводит к возникновению существенных неравномерностей результирующей АЧХ особенно в низкочастотной области звукового диапазона.
2. Возникновение неравномерностей АЧХ обусловлено акустическими свойствами громкоговорителя. В первую очередь механическим резонансом.
3. Предложенная модель анализа результирующей АЧХ электронного фильтра и громкоговорителя на основе экспериментальных измерений АЧХ фильтра без громкоговорителя и Z – характеристики громкоговорителя дает утвердительное совпадение с экспериментальными данными на частотах передачи речи до 4 кГц.
4. На частотах выше 4кГц необходимо дополнительно учитывать фазовые сдвиги из-за возрастающего влияния индуктивности громкоговорителя.
5. Влияние индуктивности громкоговорителя приводит к подъему результирующей АЧХ в области высоких частот звукового диапазона и расширением полосы пропускания.
6. Влияние акустических свойств громкоговорителя выражается в подъеме АЧХ на частоте механического резонанса громкоговорителя и образование максимума.
7. Важность данного вопроса и его влияние на качество передачи речевой информаций по каналам связи требует проведения дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Безуглов Д.А., Калиенко И.В.* Цифровые устройства и микропроцессоры. Ростов-н/Д.: Феникс, 2008. 468 с.
2. *Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И.* Аналоговая и цифровая электроника (полный курс). Учебник для вузов. –М.: Горячая линия – телеком, 2000.
3. *Калиенко И.В.* Аппроксимация вольтамперных характеристик полевых транзисторов на основе кубических сглаживающих сплайнов // Измерительная техника. Май, 2001. с. 60-63.
4. *Воржев В.Б., Балдин О.В., Рогов И.Е.* Аппроксимация вольт-амперных характеристик полевых транзисторов экспоненциальными кривыми с полиномиальными показателями // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]: электрон. науч. журн. – 2015. - №2. Режим доступа: http://www.science-education.ru/129-21621

**М.Н. Беленькая, Е.С. Зайцев, В.А. Акопян, Д.Я. Кошепаров**

## ОБЗОР МЕТОДОВ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА СРЕДСТВАМИ DPI

Федеральное агентство связи ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, классификация сетевого трафика, анализ сетевого трафика, глубокий анализ пакетов.

Классификация трафика является основным шагом для идентификации различных приложений и протоколов, существующих в сети. В настоящем докладе рассмотрены методы классификации трафика, а также методы анализа трафика средствами DPI (Deep Packet Inspection) в понимании компании Cisco.

**M.N. Belenkaya, E.S. Zaytsev, V.A. Akopyan, D.Ya. Kosheparov**

## REVIEW OF METHODS OF NETWORK TRAFFIC ANALYSIS USING DPI

Moscow Technical University of Communications and Informatics,
Moscow, Russia

Keywords: information technology, network traffic classification, network traffic analysis, deep packet inspection.

Network traffic classification is the main step in identification of various applications and protocols that are exist in the network. The article considers traffic classification methods and methods for analyzing traffic using DPI (Deep Packet Inspection) in the understanding of Cisco.

### ВВЕДЕНИЕ

В обычных сетях трафик, проходящий через эти сети, является гетерогенным и состоит из потоков множества приложений и утилит. Многие из этих приложений уникальны и имеют свои собственные требования в отношении параметров сети, такие как задержка, дрожание и прочие. Если эти требования не будут выполнены, качество и удобство использования этих приложений будут серьезно нарушены. Хоть выполнение этих требований в локальной вычислительной сети с ее большой пропускной способностью может не составить трудностей, большим испытанием является выполнение требований в глобальной вычислительной сети, которая имеет ограничения пропускной способности.

Отсюда следует, что управление трафиком в глобальной сети должно осуществляться для того, чтобы должным образом распределять приоритеты между различными приложениями на ограниченной пропускной способности глобальной сети и знать, что необходимые требования к сети выполняются. Кроме того, правильное

понимание приложений и протоколов в сетевом трафике имеет важное значение для любого сетевого администратора для реализации соответствующих политик безопасности.

Несмотря на то, что пользовательское приложение может допускать большие задержки или дрожание, пользователь может быть очень чувствителен к длительному времени ожидания. Таким образом, управление сетевым трафиком требует разумного баланса всех этих приоритетов.

Анализ трафика средствами DPI является очень обширной проблемой. Существуют как программные, так и аппаратные решения для реализации методов анализа трафика. Также понимание анализа трафика, классификации трафика и определение потока различаются у различных производителей и стандартизирующих организаций. Поэтому в данной работе за основу берется понимание этой проблемы так, как ее видит компания Cisco Systems.

## DEEP PACKET INSPECTION (DPI)

Анализ пакетов делится на поверхностный (Shallow Packet Inspection, SPI), средний (Medium Packet Inspection, MPI) и глубокий (Deep Packet Inspection, DPI). Глубина каждого вида анализа представлена на рисунке 1.

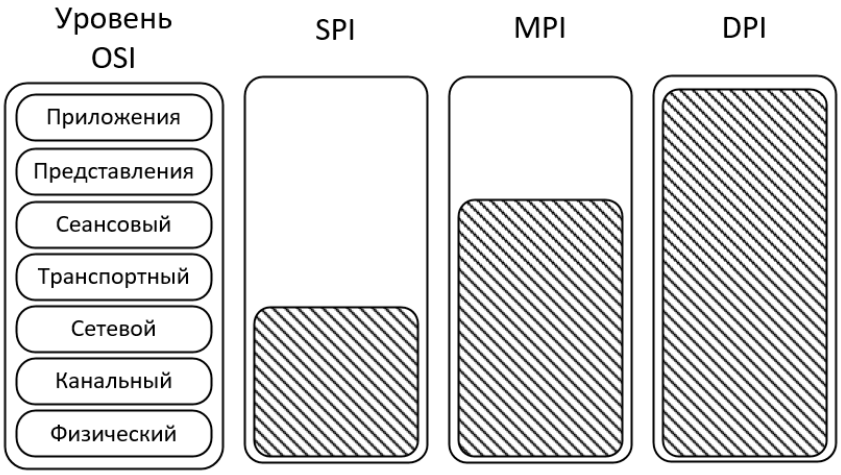



Рисунок 1. Глубина анализа трафика SPI, MPI и DPI

Основная проблема – это анализ трафика на 7-м уровне модели OSI. Многие сетевые устройства в Интернете, такие как сетевые системы обнаружения (предотвращения) вторжений (NIDS / NIPS), межсетевые экраны и коммутаторы 7-го уровня, являются компонентами DPI. В DPI, помимо изучения заголовков пакетов, все содержимое каждого пакета сравнивается с набором сигнатур, чтобы проверить, не обнаружена ли какая-либо сигнатура в пакете. Например, для приложений в сфере информационной безопасности каждый отдельный вирус или угроза атаки представляется в виде сигнатуры. Полезная нагрузка каждого пакета, проходящего через сетевое устройство, сравнивается с набором сигнатур, а совпадение указывает, что соответствующая угроза найдена. Затем можно предпринять необходимые действия для нейтрализации угрозы. Анализ сигнатур уровня приложения также используется для предоставления продвинутых механизмов QoS, обнаружения однорангового трафика и идентификации протокола приложения. Кроме того, DPI и соответствующие алгоритмы

сопоставления с шаблоном также являются важными строительными блоками для других сетевых приложений, таких как мониторинг трафика и балансировка нагрузки HTTP.

Средства DPI могут быть представлены в виде как программного обеспечения, так и в виде выделенного аппаратного комплекса. Каждый из этих видов имеет и положительные стороны, и отрицательные. В то время как выделенное оборудование обеспечивает скорость и универсальность, затраты на развертывание такого решения ограничивают его использование в средах с большим объемом трафика, таких как центр обработки данных или крупный филиал предприятия. Примером специализированного аппаратного устройства DPI может являться Cisco Service Control Engine (SCE). Программные средства DPI являются экономически эффективными, однако они потребляют ресурсы процессора и, следовательно, могут быть развернуты только в средах с низким или средним объемом трафика, например, в небольшом или среднем филиале предприятия.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАФИКА

Классификация трафика является основным шагом для идентификации различных приложений и протоколов, существующих в сети. Различные действия, такие как мониторинг, обнаружение, контроль и оптимизация, могут затем применяться к идентифицированному трафику с целью анализа трафика и защиты от угроз. Как правило, как только пакеты классифицируются (идентифицируются) как принадлежащие конкретному приложению или протоколу, им присваиваются метки или флаги. Эти метки или флаги помогают маршрутизатору определить соответствующие политики обслуживания, которые будут применяться для этих потоков.

Другими словами:

- Классификация трафика – это технология идентификации приложения или протокола.
- Присваивание меток – это процесс, который «окрашивает» пакеты (или просто пропускает их нетронутыми) на основе определенных политик классификации, которые используются маршрутизаторами для обеспечения соответствующей обработки этих пакетов.

## МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ ТРАФИКА

Существуют два метода классификации трафика:

- Классификация пакетов по полезной нагрузке. В этом методе пакеты классифицируются на основе полей полезной нагрузки, таких как порты 4-го уровня (источника/получателя или оба).
- Классификация пакетов, основанная на статистическом методе, который использует статистический анализ поведения трафика, такого как время сеанса, время прибытия между пакетами и т.д.

Метод, основанный на полезной нагрузке, наиболее распространен. Однако чаще всего он безуспешен при работе с зашифрованным и туннелированным трафиком. Данный метод может быть разделен на общий (базовый) анализ полезной нагрузки и расширенный анализ полезной нагрузки.

Базовый подход к классификации трафика основан на информации в IP-заголовке. Этот метод является элементарным и не обеспечивает классификацию большинства приложений. Все общие методы классификации, основанные на IP-адресе назначения, IP-адресе источника или IP-протоколе и т.д., ограничены по своей способности, поскольку проверка ограничивается только заголовком IP-пакета.

Аналогично, классификация на основе портов 4-го уровня также ограничена. Проблемой в этом методе является то, что не все приложения используют стандартные порты. Некоторые приложения даже скрывают себя, используя стандартные порты других приложений (например, приложения мгновенных сообщений могут работать через TCP-порт 80, который обычно используется для HTTP). Следовательно, метод определения приложения на основе портов не всегда является надежным.

Расширенные методы классификации основаны на глубоком анализе пакетов (DPI). Существуют различные методы глубокого анализа, такие как анализ шаблонов (образцов) и анализ поведения. Они намного надежнее, чем общий метод классификации.

На рисунке 2 изображены различные методы классификации трафика.

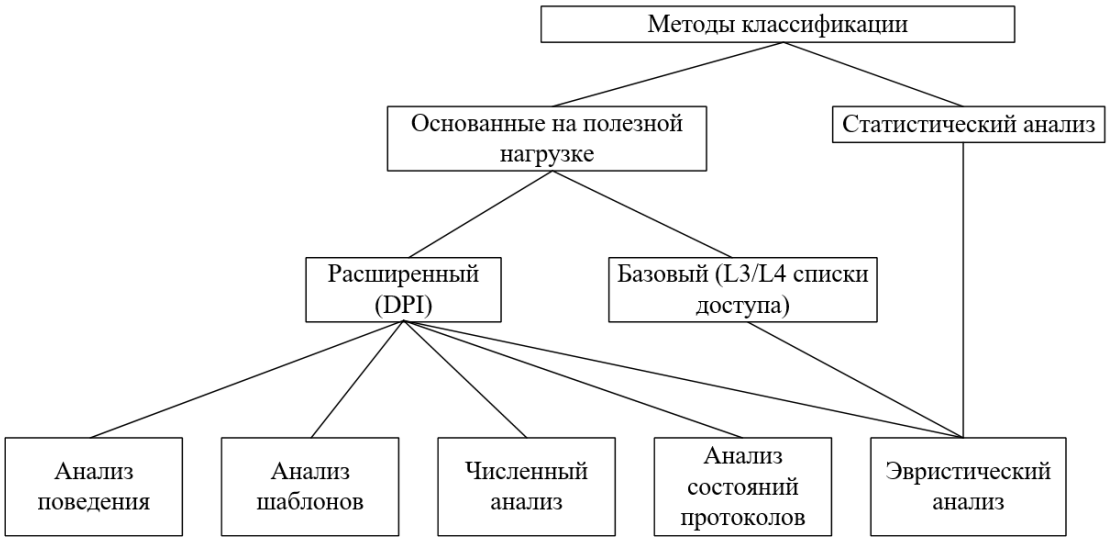



Рисунок 2. Методы классификации трафика

## КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАФИКА НА ОСНОВЕ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ

Методы классификации на основе полезной нагрузки также можно разделить по методам обработки, используемых для классификации трафика. Независимо от метода обработки, каждый из них использует один или несколько методов анализа полезной нагрузки, таких как Deep Packet Inspection, для проверки и классификации трафика.

а) Метод классификации, основанный на **анализе пакетов без учета сеанса приложения**, является самым простым методом обработки и включает в себя проверку полезной нагрузки с целью поиска определенных параметров, таких как номера портов. Этот метод оказывает наименьшее воздействие на процессор и относится к базовому методу классификации на основе полезной нагрузки. Однако, он не всегда является точным или полностью пригодным для использования, поскольку классификация выполняется на основе каждого пакета без учета сеанса приложения и также ограничена тем, насколько глубоко внутри пакета проходит проверка.

б) Метод классификации, основанный на **анализе пакетов с учетом состояния потока**, основан на потоках. Поток определяется как последовательность пакетов от приложения-отправителя к приложению-получателю. В этом методе для каждого потока поддерживается таблица для отслеживания каждого сеанса на основе 5 кортежей (адрес источника, адрес назначения, порт источника, порт назначения и транспортный протокол). Поскольку поток имеет несколько пакетов, как только пакет помечается как принадлежащий приложению, все последующие пакеты в потоке должны быть отмечены как относящиеся к этому же приложению. Например, при обычном VoIP-вызове H.323 используется для установки вызова, а затем RTP / RTCP используется для переноса фактического голосового трафика. Как только H.323-поток идентифицирован и промаркирован, последующие потоки RTP / RTCP с той же парой IP-адрес отправителя/IP-адрес получателя помечаются теми же параметрами.

в) Метод классификации, основанный на **анализе сообщений с учетом состояния потока**, аналогичен предыдущему методу, за исключением того, что этот метод работает с сообщениями, а не с пакетами. Сообщение зависит от протокола и является информационным элементом, который может охватывать несколько пакетов, или один пакет может содержать несколько сообщений. Поскольку метод работает с сообщениями, должен быть некий TCP нормализатор, чтобы заботиться об IP-фрагментах и TCP сегментах. Поскольку необходимо учитывать целые сообщения, значительно возрастает потребность в памяти.

г) Метод классификации, основанный на **анализе сообщений с учетом состояния протокола**. В этом методе отслеживается не только само приложение, но и его содержимое. Другими словами, для реализации этого метода требуется полное знание состояния протокола. Данный метод является самым требовательным к ресурсам как со стороны процессора, так и со стороны памяти.

Последние три метода относятся к расширенным методам классификации трафика, основанных на DPI.

## АНАЛИЗ СИГНАТУР

Одним из механизмов DPI является анализ сигнатур для распознавания различных приложений. Сигнатуры – это уникальные шаблоны, которые связаны с каждым приложением. Другими словами, каждое приложение изучается по его уникальным характеристикам и создается справочная база данных. Затем механизм классификации сравнивает трафик с этой базой данных для определения конкретных приложений. Это означает, что база данных должна периодически обновляться, чтобы поддерживать новые приложения, а также новые разработки в существующих протоколах.

Существуют различные методы анализа сигнатур. Самыми популярными методами являются следующие:

- Анализ шаблонов
- Численный анализ
- Поведенческий анализ
- Эвристический анализ
- Анализ состояний протоколов

**Анализ шаблонов**

Некоторые приложения вставляют определенные шаблоны (байты / символы / строку) в полезную нагрузку пакетов, которые могут использоваться механизмом классификации для идентификации протоколов этих приложений. В зависимости от приложения эти шаблоны могут не всегда располагаться в специально определенном для них месте. Они могут присутствовать в любом месте пакета. Тем не менее, механизм классификации может идентифицировать эти пакеты. Однако не все протоколы вставляют специальные шаблоны, строки или символы в пакеты, и поэтому этот подход не будет работать для таких протоколов.

**Численный анализ**

Численный анализ включает в себя изучение численных характеристик пакетов, таких как размер полезной нагрузки, количество пакетов ответа и других. Более старые версии Skype (до 2.0) являются хорошими примерами для такого анализа. Запрос от клиента представляет собой 18-байтовое сообщение, и ответ, который он получает, обычно составляет 11 байтов. Поскольку анализ может быть распространен на несколько пакетов, решение о классификации может занять больше времени.

**Поведенческий и эвристический анализ**

Иногда анализ поведения трафика может давать более глубокое понимание того, к какому приложению относится данный трафик. Такое поведение можно использовать для классификации таких приложений. Аналогичным образом, делая статистический (эвристический) анализ проверяемых пакетов, можно классифицировать лежащий в основе трафика протокол. Поведенческий и эвристический анализ обычно идут рука об руку, и многие антивирусные программы используют эти методы для идентификации вирусов и червей.

**Анализ состояний протоколов**

В некоторых приложениях протокол следует определенной последовательности шагов или действий. Например, типичный FTP-запрос GET от клиента сопровождается ответом от сервера. Такая последовательность действий протокола может использоваться для классификации таких приложений.

Поскольку все больше приложений начинают использовать шифрование трафика, для любого механизма классификации становится проблемой классифицировать приложения точно. При шифровании вся информация верхнего уровня становится невидимой для механизмов DPI. В данной ситуации методы поведенческого и эвристического анализа могут помочь выявить некоторые приложения. Более новые механизмы классификации, которые используют методы поведенческого и эвристического анализа (наряду с интеллектуальными алгоритмами, такими как алгоритмы кластеризации), могут помочь идентифицировать зашифрованный трафик.

Ни один из этих методов сам по себе не может обеспечить удовлетворительную классификацию всех приложений. Поэтому при типичном развертывании эти методы используются вместе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была рассмотрена классификация трафика по потокам. Однако есть проблема понимания того, что из себя представляет поток. В рассмотренной классификации подразумевается, что протоколы ориентированы на установление соединения. Следовательно, появляется вопрос – а что делать с протоколами, не ориентированными на установление соединения? Одним из решений данной проблемы является использование протокола QUIC (Quick UDP Internet Connections), который будет мной исследован в дальнейшем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Requirements for deep packet inspection in next generation networks // Recommendation ITU-T Y.2770. – 2012, p. 8-19
2. Cisco WAN and Application Optimization Solution Guide // Cisco Systems, Inc. – 2008, p. 55-58
3. *Беленькая М.Н., Малиновский С.Т., Яковенко Н.В.* Администрирование в информационных системах. Учебное пособие для вузов. 2-е издание, испр. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014, 408 с.



**И.В. Белоусов, Е.И. Ким, П.С. Шевчук***


# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АЭРОПОРТУ «ПЛАТОВ» НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВИДЕОАНАЛИЗА


Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

*Государственное казенное образовательное учреждение высшего профессионального образования «РОССИЙСКАЯ ТАМОЖЕННАЯ АКАДЕМИЯ» Ростовский филиал



Ключевые слова: система авиационной безопасности, таможенный контроль, авиационный пункт пропуска, система видеонаблюдения, система интеллектуального видеоанализа, идентификация.



В статье рассмотрены вопросы совершенствования системы авиационной безопасности в аэропорту «Платов» на основе применения системы интеллектуального видеоанализа, проанализированы качественные характеристики системы видеонаблюдения. Выявлена и обоснована необходимость использования системы

интеллектуального видеоанализа. На основе проведенного исследования авторами обосновываются преимущества использования системы интеллектуального видеоанализа в авиационных пунктах пропуска.

**I.V. Belousov, E.I. Kim, P.S. Shevchuk***

## IMPROVING AVIATION SECURITY AT THE AIRPORT "PLATOV" ON THE BASIS OF APPLICATION OF THE SYSTEM OF INTELLIGENT VIDEO ANALYSIS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

*Public educational institution of higher professional education "RUSSIAN CUSTOMS ACADEMY", Rostov branch

Keywords: aviation security system, customs control, aviation checkpoint, video surveillance system, intelligent video analysis system, identification.

The article deals with the issues of improving the aviation security system at the airport "Platov" on the basis of the application of intelligent video analysis, analyzed the qualitative characteristics of the video surveillance system. The necessity of using the system of intellectual video analysis is revealed and substantiated. On the basis of the conducted research the authors substantiate the advantages of using the system of intelligent video analysis at aviation checkpoints.

В настоящее время к авиационной безопасности приковано пристальное внимание. Основной задачей является повышение ее уровня за счет внедрения новых, инновационных технологий и технических средств.

Видеонаблюдение – одно из основных и самых эффективных средств технической безопасности, обладающее широким спектром возможностей: непрерывностью контроля охраняемых территорий в любое время суток, детекцией движения в контролируемых зонах, записью информации в цифровом формате, удаленным просмотром и т.д. Современные системы видеонаблюдения надежны, просты в эксплуатации и не требуют специально обученного персонала.

Целью настоящей статьи являются предложения по совершенствованию системы авиационной безопасности в аэропорту «Платов» на основе применения системы интеллектуального видеоанализа – в целях обеспечения авиационной безопасности и повышения качества работы в авиационных пунктах пропуска.

Основными превентивными мерами по обеспечению авиационной безопасности являются:

- создание контролируемых зон авиационной деятельности аэропорта с расположенными в ней сооружениями и средствами и обеспечение их охраны;
- контроль санкционированного и предотвращение несанкционированного доступа в контролируемые зоны аэропорта;

– организация и производство досмотра пассажиров, их ручной клади и багажа перед выходом на посадку с целью предотвращения проноса на борт воздушного судна предметов, запрещенных к перевозке;
– досмотр членов экипажей и работников аэропорта перед входом в контролируемые зоны авиационной деятельности;
– производство досмотра грузов, почты и бортзапасов.

Для предполетного досмотра пассажиров в аэропортах используются следующие технические средства:
– металлоискатели;
– устройства радиационного контроля;
– системы телевизионного и визуального контроля;
– детекторы взрывчатых и наркотических веществ;
– рентгеновские системы досмотра багажа.

Система видеонаблюдения сегодня имеет два самых важных направления развития – полный переход на цифровые системы видеонаблюдения и развитие функций видеоаналитики. Цифровое (IP) видеонаблюдение предполагает отказ от аналоговых камер и средств передачи данных. Видеоаналитика представляет развитие функций систем видеонаблюдения, позволяя сократить объем регистрируемых данных.

Система интеллектуального видеоанализа – это программный алгоритм, который позволяет быстро и качественно обрабатывать видеоданные и освободить оператора от рутинной работы слежения за множеством камер по выявлению нарушений.

Видеоаналитика развивается по двум основным технологиям – это трекинг и идентификация. На базе правил, заложенных в алгоритм видеоанализа, строится весь функционал системы, который крайне необходим для построения современных систем видеонаблюдения.

Трекинг – это когда алгоритм обработки ищет в кадре движение, определяет и классифицирует движущийся объект, описывает его характеристики (размер, цвет, скорость). Вариаций трекинга (видеодетекторов) может быть достаточно много.

Ситуационные детекторы – это пересечение наблюдаемым объектом воображаемой линии в кадре, после чего система выдает сигнал тревоги:
– пересечение объектом прямой линии в заданном направлении;
– движение в зоне; – выход объекта из зоны;
– остановка объекта в зоне; – оставленный в зоне предмет.

Сервисные детекторы – это функционал, который производители уже встраивают в свои камеры, программное обеспечение:
– детектор закрытия объектива; – детектор засветки;
– детектор сдвига камеры; – детектор изменения фона;
– детектор расфокусировки.

Также к трекингу относят интеллектуальный поиск в архивах. Это поиск, который помогает оператору быстро находить нужный материал по факту срабатывания детектора, когда точное время события не известно.

Видеодетекторы не заменяют операторов, а помогают ему привлечением внимания тревогой к возможному нарушению. Задав определенные характеристики камерам, оператор будет получать факты происходящего. Но нужно понимать, что полностью

автоматизировать процесс идентификации нарушения невозможно. Всегда присутствует вероятностный фактор, когда система не распознает проблему. Это необходимо учитывать при проектировании систем видеонаблюдения с алгоритмами видеоанализа. Наши специалисты помогут правильно подобрать камеры, определить место их размещения и построить систему видеонаблюдения с максимальным функционалом видеоаналитики.

Идентификация – это распознавание образа (что перед нами, в каком виде) по видеоизображению, разделение по классам или конкретным шаблонам и сравнение с заранее подготовленной базой эталонных изображений. Самыми популярными из них есть – распознавание лиц и распознавание автомобильных номеров.

Распознавание автомобильных номеров, самая популярная и запрашиваемая функция у современных систем видеонаблюдения. При правильно построенной и настроенной системе можно добиться распознавания с вероятностью до 95%. Но даже такая высокая вероятность говорит о том, что полностью автономную систему видеонаблюдения с распознаванием номеров построить нельзя. На эти 5% нужен оператор, который будет принимать правильные решения по проезду автомобиля при наличии двух типов ошибок - ложного доступа и ложного отказа. Чтобы построить систему распознавания с такой высокой точностью, необходимо знать и предусмотреть большое количество нюансов.

Распознавание лиц – это более сложная задача, так как здесь нет стандартов, как в распознавании автомобильных номерных знаков, к которым можно «привязать» систему. Вариативность лиц людей огромная, поэтому и система имеет не высокую вероятность в распознавании. Требования к проектированию и построению таких систем невероятно высокие. Самая распространенная ошибка, например, при построении контроля доступа, что камеру можно поставить, где-нибудь на входе, и она будет определять среди входящих людей своих и посторонних. Но даже при этих сложностях, построение систем видеонаблюдения с распознаванием лиц может иметь свои решения.

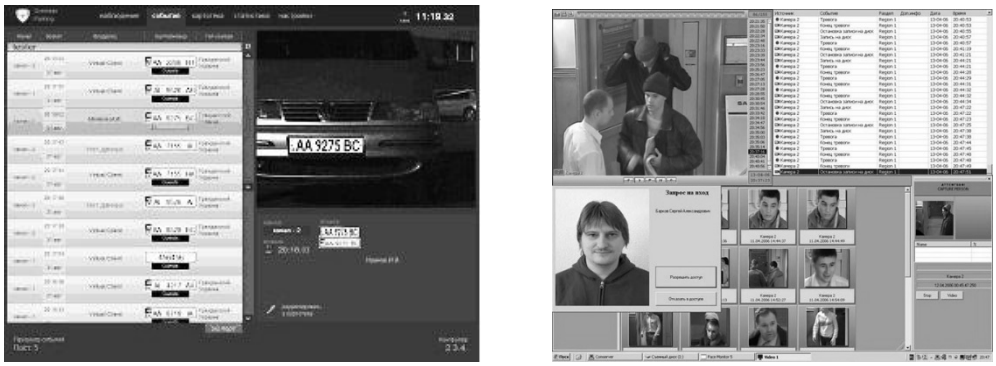



Рисунок 1. Система распознавания автомобильных номеров и лиц

Возможности и расширение мест применения систем видеонаблюдения с функционалом видеоаналитики и видеоанализа постоянно растет и развивается. Кроме систем безопасности, видеоанализ быстро набирает популярности и в других направлениях:

- детектор подсчета объектов наблюдения;
- детектор распределения людей по построению тепловых зон;
- детектор определения скопления людей.

Система интеллектуального видеоанализа от компании FLIR может строиться с использованием двух модулей. Наличие этих модулей позволяет расширить возможности системы видеонаблюдения по обнаружению вероятных инцидентов и до минимума снизить количество ложных тревог [1]:

- видеоанализ на основе IP камер;
- видеоанализ на основе кодеров.

Видеоанализ на основе IP камер использует камеры серии FLIR ioi HD Analytics имеет полностью интегрированную аналитику наивысшего класса с возможностью легкой настройки с web браузера или с VMS системы Latitude.

Сервер видеоанализа Analytics (SVA) позволяет превратить любую камеру, которая работает в системе Latitude VMS, в интеллектуальную и анализировать видеопоток в режиме реального времени, независимо от производителя.

Благодаря прописанным правилам и алгоритмам анализа, система гарантирует работу даже в самых сложных условиях и позволяет персоналу ситуационного центра точно определять и реагировать на возникающие события.

Преимущества интеллектуального видеоанализа от компании FLIR:

- поддерживает любые камеры, подключенные к Latitude VMS.
- первый класс видеоаналитики для работы в сложных условиях.
- легкая интеграция с Latitude VMS.
- высокая эффективность распознавания в любых погодных условиях FAR (False Alarm Rate).
- продвинутое распознавание и классификация объекта человек/ машина.
- возможность использования нескольких правил обнаружения для каждого видеопотока.
- легкий поиск нужного видео по расписанию.

Видеокамера – это сложное устройство, которое включает в себя множество компонентов, обладает большим количеством разнообразных характеристик и функций, и может иметь различные форм факторы. Давайте последовательно рассмотрим все эти моменты.

Говоря о разрешении камер, всегда необходимо помнить о светочувствительности. Мы не устаём повторять: чем выше разрешение, тем, при прочих равных условиях, хуже светочувствительность. А этот параметр очень важен в условиях круглосуточного наблюдения, даже при наличии хорошего освещения. Разрешение и угол обзора, представленный на рис.2, подбирается исходя из конкретной задачи.

Рисунок 2 - Разрешение и угол обзора видеокамер

Всего существует три типа задач, представленные на рис.3:

- идентификация;
- распознавание;
- обнаружение.

Решать задачу идентификации на периметре дорого, практически невозможно, да и бессмысленно. Если заказчик настаивает, то гораздо дешевле будет установить на вышке поворотную камеру и по срабатыванию сигнализации на периметре направлять поворотную камеру на место происшествия и вручную проводить отслеживание цели с достаточным для идентификации увеличением.

Рисунок 3 - Идентификация, распознавание и обнаружение.

Итак, у нас остаются две реальные задачи: распознавание и обнаружение. Распознавание – это определение примет наблюдаемого объекта. Для распознавания достаточно плотности пикселей 100 pix/m. Обнаружение – это фиксация объекта в поле зрения камеры и определение его типа: автомобиль, человек, животное. Для обнаружения достаточно всего лишь 20 pix/m.

В большинстве случаев для принятия оперативных мер по предотвращению правонарушения и защиты объекта выполнения условий «обнаружение объекта» вполне достаточно.

Предложенное решение способно эффективно отфильтровывать фоновые помехи и игнорировать ненужные движения или объекты в зоне отслеживания. На этих факторах система может обучаться, повышая качество распознаваемых событий и сводя к минимуму количество ложных срабатываний. Правило Dependency, обеспечивает высокую вероятность обнаружения события с крайне низким уровнем ложных тревог.

Предлагаемая система интеллектуального видеоанализа универсальна и работает независимо от имеющейся или строящейся инфраструктуры видеонаблюдения (аналог, IP, гибрид, централизованная, распределенная).

Таким образом, внедрение системы интеллектуального видеоанализа позволит получить следующие преимущества:

- аналитика определяет инцидент в поле зрения камеры и включает сигнал тревоги;
- в центре управления, диспетчер может управлять (производить поиск по записи) тревогами по правилу, дате и времени нарушений для отчетности или использования в будущем;

– в центре управления, тревожные сигналы отображаются с отслеживанием объекта, наложением на живое или записанное видео отметки;
– в центре управления, диспетчер может легко следить за прошлыми и настоящими событиями в видео аналитике;
– сигналы тревоги и снимки видео сохраняются в системе в течение установленного периода времени;
– поддержка нескольких серверов аналитики;
– поддержка каталогов и архивация;
– сигналы тревоги создаются автоматически в AdminCenter.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://leater.com/services/sistema-intellektualnogo-videoanaliza.html.
2. *М.Ю. Щерба, Д.А. Безуглов, П.С. Шевчук* Особенности применения технических средств таможенного контроля при проведении отдельных форм таможенного контроля», учебное пособие, , РФ РТА, 2016 г. -180 стр.
3. *Боярчук А.Э., Юхнов В.И., Шевчук П.С.* Анализ угроз безопасности организации, Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 43-48.

**И.В. Белоусов, В.Е. Сенникова, П.С. Шевчук***

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОГО СКАНЕРА "КОНТУР" ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОПАСНЫХ И ЗАПРЕЩЕННЫХ К ПРОНОСУ ПРЕДМЕТОВ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

*Государственное казенное образовательное учреждение высшего профессионального образования «РОССИЙСКАЯ ТАМОЖЕННАЯ АКАДЕМИЯ» Ростовский филиал

Ключевые слова: система авиационной безопасности, таможенный контроль, авиационный пункт пропуска, рентгеновская досмотровая техника, рентгенографический сканер.

В статье рассмотрены вопросы совершенствования системы авиационной безопасности в аэропорту «Платов» на основе совершенствованию методики использования рентгеновской досмотровой техники, которая предназначена для поиска

предметов таможенных правонарушений, проанализированы качественные характеристики системы видеонаблюдения. Выявлена и обоснована необходимость использования рентгенографического сканера. На основе проведенного исследования авторами обосновываются преимущества использования рентгенографического сканера в авиационных пунктах пропуска.

**I.V. Belousov, V.E. Sennikova, P.S. Shevchuk***

## IMPROVED METHODS OF USING X-RAY SCANNER "CONTOUR" FOR THE DETECTION OF DANGEROUS AND PROHIBITED ITEMS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

*Public educational institution of higher professional education "RUSSIAN CUSTOMS ACADEMY", Rostov branch

Keywords: aviation security system, customs control, aviation checkpoint, x-ray inspection equipment, x-ray scanner.

The article deals with the issues of improving the aviation security system at the airport "Platov" on the basis of improving the methods of using x-ray inspection equipment, which is designed to search for subjects of customs offenses, analyzed the qualitative characteristics of the video surveillance system. The necessity of using x-ray scanner is revealed and substantiated. On the basis of the conducted research the authors substantiate the advantages of using x-ray scanner at aviation checkpoints.

Актуальность данной темы заключается в том, что в связи с расширением масштабов внешнеэкономической деятельности Российской Федерации необходимо решение задач по борьбе с контрабандой и другими преступлениями, отнесенными к компетенции таможенных органов. Все это в большей мере реализуется с помощью применения досмотровой рентгеновской техники, применяемой в зонах таможенного контроля.

Интенсивное развитие внешнеэкономической деятельности, значительное увеличение количества ее участников, а также изменение таможенной политики в условиях рыночной экономики, требуют от таможенных органов обеспечения высокопроизводительного и эффективного таможенного контроля товаров, грузов, транспортных средств, а также лиц, следующих через государственную границу. В связи с этим одним из определяющих элементов в ежедневной работе оперативных работников таможенных органов является применение технических средств таможенного контроля, в частности, рентгеновской досмотровой техники, с помощью которой обеспечивается своевременность и качество таможенного контроля.

Досмотровая рентгеновская техника представляет собой комплекс рентгеновской аппаратуры, которая предназначена для визуального контроля ручной клади и багажа

пассажиров, а также среднегабаритных грузов и международных почтовых отправлений без их вскрытия [1, 4]. Целью применения досмотровой рентгеновской техники является ускорение проведения таможенного контроля, повышение его оптимизации для получения всей необходимой информации о товарах, транспортных средствах, выявление подделок таможенных документов и средств таможенной идентификации, а также контрабанды и признаков административных правонарушений в области таможенного дела.

Рентгеновский досмотр — это наиболее достоверный и быстрый способ досмотра пассажиров и их багажа. Он играет огромную роль в таможенном контроле. С помощью него возможно достижение высокой пропускной способности на авиационных пунктах пропуска [2]. Это в свою очередь позволяет достичь высоких результатов в деятельности таможенных служб. Применяя досмотровую рентгеновскую технику, должностное лицо таможенных органов выявляет скрытые и запрещенные к ввозу или вывозу предметы, материалы или вещества, спрятанное под одеждой холодное и огнестрельное оружие, взрывчатку, наркотики и другие опасные предметы, спрятанные, например, в естественных полостях человека, а также подтверждает соответствие или несоответствие содержимого груза (или багажа) задекларированному содержанию. Так же применение данного вида техники способствует выявлению характерных признаков тайников или сокрытых вложений, а также предметов, подозрительных на определенные конкретные виды предметов таможенных правонарушений. Так, например, стационарные досмотровые рентгеновские установки типа «HI-SCAN 145 180» (85 120, 9075, 5170A и др.), «GILARDONI FEP ME CARGO» (FEP ME 975, FEP ME 1000), «REHTEX-120 90Z», «RAPISKAN 632XR-W» и другие предназначены для контроля содержимого ручной клади и багажа пассажиров, контроля содержимого упаковок, международных почтовых отправлений. С оперативно-технической точки зрения они должны:

- обнаруживать скрытые и запрещенные для свободного перемещения вложения в контролируемых объектах;
- не оказывать вредного воздействия на продукты питания, лекарственные препараты, фоточувствительные и иные материалы, находящиеся в объектах контроля;
- быть безопасными для обслуживающего персонала и окружения;
- иметь высокую производительность контроля;
- быть удобными в эксплуатации.

Таким образом, досмотровая рентгеновская техника, являясь основным классом технических средств таможенного контроля, в зависимости от видов объектов таможенного контроля, перемещаемых через таможенную границу, классифицируется следующим образом [2, 3]:

- досмотровая рентгеновская техника для контроля содержимого ручной клади и багажа пассажиров и транспортных служащих;
- досмотровая рентгеновская техника для углублённого контроля отдельных предметов ручной клади и багажа пассажиров, транспортных служащих и грузовых упаковок;
- контроля содержимого среднегабаритных багажа и грузов;
- инспекционно-досмотровые комплексы для контроля транспортных средств и крупногабаритных грузов;
- контроля содержимого международных почтовых отправлений;
- контроля физических лиц.

Данная техника применяется на ранних стадиях таможенного контроля. Поэтому она во многом определяет его эффективность и результативность, а также проведение последующих оперативно-технических действий.

Практика работы таможенных органов показывает, что потребность в создании и использовании технических средств постоянно растет, особенно там, где таможенному контролю и оформлению подлежат большие грузопассажирские потоки. Необходимо отметить, что рентгеновская досмотровая техника постоянно и непрерывно совершенствуются. Повышаются их эксплуатационные параметры и характеристики такие, как чувствительность, информативность получаемых результатов, достоверность и т.д.

Однако физические основы методов и построенных на них технических средств не претерпевают сколько-нибудь значительных изменений. Поэтому знание теоретических возможностей применительно к таможенному контролю позволит быстро осваивать новейшие образцы досмотровой рентгеновской техники и эффективно их применять.

Следует отметить, что лучшие результаты при проведении поиска предметов таможенных правонарушений можно получить, используя на одном и том же объекте последовательно несколько технических средств, построенных на различных физических принципах. Именно с этой целью создаются многофункциональные досмотровые комплексы аппаратуры для таможенного контроля.

Таким образом, несмотря на заметные успехи таможенных органов в организации таможенного контроля с использованием досмотровой рентгеновской техники, данное направление контроля находится сейчас в процессе совершенствования и от таможенных органов требуется бдительность и принципиальность. Только в этом случае получится добиться значительных результатов, а также сократить и предотвратить незаконный экспорт и импорт товаров, транспортных средств и других объектов таможенного контроля.

Перспективными направлениями развития досмотровой рентгеновской техники сегодня являются:

1) разработка математических компьютерных методов обработки видеоизображений с анализом энергетических характеристик рентгеновских спектров;
2) обучение операторов с использованием банка графических данных;
3) разработка математических компьютерных методов воссоздания двухмерных и трехмерных изображений вложений на основе многоракурсных теневых картин;
4) снабжение досмотровых рентгеновских установок анализаторами для выявления взрывчатых и наркотических веществ;
5) разработка безопасных систем для досмотра пассажиров;
6) автоматическое обнаружение заданных предметов по полученным изображениям содержимого упаковки (например, взрывчатых устройств, оружия и др.)

Также перспективным направлением развития рентгеновской досмотровой техники является применение ее в ходе личного досмотра, так как таможенные органы постоянно сталкиваются с попытками провоза запрещенных предметов на теле человека или даже в желудке.

Актуальным является применение цифрового рентгенографического сканера "Контур", представленного на рис.1.

Рис. 1. Цифровой рентгенографический сканер "Контур"

Рентгенографический сканер "КОНТУР" предназначен для обнаружения опасных и запрещенных к проносу предметов:

– из неорганических материалов, спрятанных под одеждой – огнестрельного и холодного оружия, взрывателей, электронных устройств и т.п.;
– из органических материалов (материалов, не детектируемых детектором металлов), спрятанных под одеждой – пластиковой взрывчатки, наркотиков в контейнерах, огнестрельного и холодного оружия из керамики и т.п.;
– из материалов любых типов, проглоченных или спрятанных в естественных полостях человека - наркотиков, взрывчатых, химических и биологических веществ в контейнерах, драгоценных камней и металлов.

По радиационной безопасности цифровой рентгенографический сканер КОНТУР отвечает Федеральному закону РФ «О радиационной безопасности населения». Доза облучения человека при одном сканировании не превышает 2 мкЗв. Для сравнения типичная доза облучения, обусловленная космической радиацией, человека, совершающего перелет в один конец из Москвы в Петербург, составляет 5 мкЗв, из Нью-Йорка в Лондон - 35 мкЗв и из Гонконга в Лондон - 50 мкЗв. Типичная фоновая доза облучения, получаемая в день средним представителем стран Европейского Союза и европейской части России, составляет 6-7 мкЗв (в Москве фоновая доза облучения в день составляет около 9 мкЗв, в Хельсинки - 20 мкЗв). То есть, облучение, которому подвергается человек на сканирующей рентгеновской системе, незначительно на фоне естественного радиационного излучения. Нахождение на солнце или любой перелет на самолете вносит больший вклад в общее облучение человека.

При использовании сканера на авиационных пунктах пропуска, не сложно организовать контроль персональной накопленной дозы. В этом случае, даже при работе системы в режиме высокого разрешения общее число обследований на системе может составлять свыше 300 раз в год и досмотр в течение года может быть организован таким образом, чтобы не допустить превышения накопленной дозы. Объективно, это вполне

достаточно для обеспечения безопасности с учетом наличия жесткого контроля и ограниченного числа посещений любого охраняемого объекта.

За пределами рабочей зоны на расстоянии более 2 м от сканера уровень рентгеновского излучения не превышает фонового значения и не представляет никакой опасности для окружающих.

Согласно рекомендациям Американского национального совета по радиационной защите (NCRP 1993 г.) и международным нормам безопасности для общего контингента населения (беременные женщины и дети в их числе) допустим уровень облучения от всех источников ионизирующего излучения немедицинского назначения в 1 мЗв в год. Таким образом, при применении «КОНТУР» допускается до 150 сканирований в год без вреда для здоровья.

Это позволяет размещать сканирующую систему на компактной площади в местах массового скопления людей, например, в аэропортах рядом с досмотровой системой багажа и др.

Рентгенографический сканер «КОНТУР» производится в четырех модификациях:

- для гласного контроля в местах массового скопления людей;
- для негласного контроля, т.е. когда досмотровая система монтируется в элементах строительных конструкций и ориентирована на скрытое применение;
- для досмотра малогабаритных автомобилей высотой не более 2,5 м с целью обнаружения нелегалов, контрабанды, оружия, наркотиков и пр., скрытых в полостях автомобилей и микроавтобусов;
- мобильная система, имеющая минимальное время свертывания и развертывания в целях оперативного перемещения к новому месту досмотра.

Обобщив вышеизложенное, можно сказать, что в настоящее время уже невозможно обеспечить своевременность и качество таможенного контроля без применения досмотровой рентгеновской техники.

Реализация проектов по применение различных современных видов досмотровой рентгеновской техники позволит решить следующие задачи:

1) достичь оптимального времени, затрачиваемого на проведение таможенного контроля, повысить его эффективность;
2) увеличить пропускную способность пунктов пропуска;
3) эффективно выявлять и предотвращать контрабанду наркотиков, взрывчатых веществ, оружия и иных предметов таможенных правонарушений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Хохлова Е.А., Шевчук П.С.* ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ БАГАЖА ПАССАЖИРОВ В АВИАЦИОННЫХ ПУНКТАХ ПРОПУСКА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТОМОГРАФОВ В сборнике: European Scientific Conference сборник статей IX Международной научно-практической конференции. В 2 частях. Пенза, 2018. С. 74-76.
2. *Корнеева Е.Г., Шевчук П.С.* ОПЕРАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ, ПРИМЕНЯЕМАЯ СТРАНАМИ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА В ЦЕЛЯХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НЕПРАВОМЕРНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НАРКОТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЧЕРЕЗ ТАМОЖЕННУЮ ГРАНИЦУ

В сборнике: WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS сборник статей XV Международной научно-практической конференции: в 4 частях. 2017. С. 188-191.
3. *М.Ю. Щерба, Д.А. Безуглов, П.С. Шевчук* Особенности применения технических средств таможенного контроля при проведении отдельных форм таможенного контроля», учебное пособие, РФ РТА, 2016 г. -180 стр.
4. *Боярчук А.Э., Юхнов В.И., Шевчук П.С.* Анализ угроз безопасности организации, Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 43-48.

**М.В. Белубекян, В.Г. Гараков**

## ОТРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ОТ ГРАНИЦЫ УПРУГОЙ СРЕДЫ ИЗ ПЬЕЗОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

Институт механики Национальной Академии Наук Армении, Ереван, Армения
mbelubekyan@yahoo.com,

**M.V. Belubekyan, V.G. Garakov**

## REFLECTION OF ELECTROMAGNETIC WAVE FROM THE BORDER OF ELASTIC ENVIRONMENT FROM PIEZOACTIVE MATERIAL

Institute of Mechanics National Academia Since Armenia, Yerevan, Armenia
mbelubekyan@yahoo.com,

Падающая на границу раздела диэлектрической среды из пьезоактивного материала плоская электромагнитная волна приводит к возбуждению упругих сдвиговых волн. Предполагается, что пьезоэлектрический материал обладает гексагональной симметрией класса 6mm. Рассматривается случай полупространства и конечного слоя. Определяются коэффициенты отражения и преломления.

Влияние электромагнитного поля на характер отражения и преломления сдвиговых упругих волн в квазистатической постановке исследовались в работах [1-5]. Рассматривались пьезоэлектрические материалы кубической и гексагональной симметрии. Частные задачи отражение сдвиговых электроупругих волн без квазистатического приближения для уравнений электромагнитного поля решены в [6,7].

Естественно, что в задачах возбуждения электроупругих волн при помощи падающей на упругую среду электромагнитной волны необходимо использование точных уравнений электродинамики.

1. В прямоугольной декартовой системе координат $(x, y, z)$ свойства полупространства $-\infty < x < 0,\ -\infty < y < \infty, -\infty < z < \infty$ отождествляются со свойствами вакуума. Полупространство занимающее область $0 < x < \infty,\ -\infty < y < \infty,\ -\infty < z < \infty$

является упругим пьезоэлектриком гексагональной симметрии класса 6 mm. Из полупространства $-\infty < x < 0$ на границу раздела сред $x = 0$ падает поперечно поляризованная плоская $\left(\partial/\partial z = 0\right)$ электромагнитная волна с компонентами электрического поля $E_1^{(1)}, E_2^{(2)}$ и магнитное поле $H_3^{(1)}$. Уравнения электродинамики для падающих и отраженных электромагнитных волн удобно использовать в виде

$$\Delta H_3^{(1)} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 H_3^{(1)}}{\partial t^2},$$
$$\frac{\partial E_1^{(1)}}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{\partial H_3^{(1)}}{\partial y}, \ \frac{\partial E_2^{(1)}}{\partial t} = -\frac{1}{\varepsilon_0}\frac{\partial H_3^{(1)}}{\partial x} \tag{1.1}$$

где

$$\Delta \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \ \varepsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c_0^2} \tag{1.2}$$

$c_0$ - скорость распространения света в вакууме

Уравнения электроупругости для пьезоэлектрической среды $0 < x < \infty$ , без квазистатического приближения, следующие [7,8]

$$\Delta w = \frac{1}{c_t^2}\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \ \Delta H_3 = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 H_3}{\partial t^2}$$
$$\frac{\partial E_1}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon_1}\frac{\partial H_3}{\partial y} - \frac{e_{15}}{\varepsilon_1}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial t}, \ \frac{\partial E_2}{\partial t} = -\frac{1}{\varepsilon_1}\frac{\partial H_3}{\partial x} - \frac{e_{15}}{\varepsilon_1}\frac{\partial^2 w}{\partial y \partial t} \tag{1.3}$$

Здесь

$$c_t^2 = \frac{c_{44}}{\rho}\left(1+\chi\right), \ c^2 = \frac{1}{\varepsilon_1 \mu}, \ \chi = \frac{e_{15}^2}{\varepsilon_1 c_{44}} \tag{1.4}$$

$w$ – упругое перемещение, перпендикулярное к плоскости распространения волны $(x, y)$, $c_{44}$ – модуль сдвига, $\rho$ – плотность материала среды, $e_{15}$ – пьезомодуль, $\varepsilon_1$ и $\mu$ – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды, $\chi$ – коэффициент электромеханической связи.

В качестве основного варианта граничных условий на плоскости раздела сред $x = 0$ принимается равенство нулю касательного напряжения и непрерывность касательных компонент векторов напряженностей электрического и магнитного поля

$$\sigma_{13} = 0, \ E_2^{(1)} = E_2, \ H_3^{(1)} = H_3 \quad \text{при} \quad x = 0 \tag{1.5}$$

В дальнейшем будут рассматриваться и другие варианты граничных условий.

Из решений уравнений (1.1) для падающей на границу раздела электромагнитной волны получаются следующие выражения

$$H_{3n}^{(1)} = A\exp i\left(\omega t - kx - k_2 y\right),\ k = \sqrt{\frac{\omega^2}{c_0^2} - k_2^2}$$
$$E_{1n}^{(1)} = -\frac{k_2}{\varepsilon_0\omega}\ A\exp i\left(\omega t - kx - k_2 y\right),\ E_{2n} = \frac{k}{\varepsilon_o\omega}\ A\exp i\left(\omega t - kx - k_2 y\right) \tag{1.6}$$

В соответствии с (1.6) отраженная от границы электромагнитная волна будет иметь вид

$$H_{30}^{(1)} = B\exp i\left(\omega t + kx - k_2 y\right)$$
$$E_{10}^{(1)} = -\frac{k_2}{\varepsilon_0\omega}\ B\exp i\left(\omega t + kx - k_2 y\right),\ E_{20}^{(1)} = -\frac{k_2}{\varepsilon_0\omega}\ B\exp i\left(\omega t + kx - k_2 y\right) \tag{1.7}$$

Где амплитуда $B$ является искомой величиной.

2. Падение электромагнитной волны на границу среды из пьезоэлектрического материала приводит к возбуждению в этой среде связанных упругих и электромагнитных волн. Согласно первым двум уравнениям системы (1.3) магнитное поле преломленной электромагнитной волны и возбужденная упругая сдвиговая волна определяются следующим образом

$$H_3 = F\exp i\left(\omega t - p_2 x - k_2 y\right)$$
$$w = C\exp i\left(\omega t - p_1 x - k_2 y\right) \tag{2.1}$$

где

$$p_2 = \sqrt{\frac{\omega^2}{c^2} - k_2^2},\ p_1 = \sqrt{\frac{\omega^2}{c_t^2} - k_2^2},\ c^2 = \frac{1}{\varepsilon\mu} \tag{2.2}$$

Произвольные постоянные $F$ и $C$ должны быть определены из граничных условий

Подстановкой (2.1) в третье и четвертое уравнения системы (1.3) определяются компоненты электрического поля

$$E_1 = -\frac{K_2}{\varepsilon_1\omega}F\exp i\left(\omega t - p_2 x - k_2 y\right) + i\frac{p_1 e_{15}}{\varepsilon_1}C\exp i\left(\omega t - p_1 x - k_2 y\right)$$
$$E_2 = -\frac{p_2}{\varepsilon_1\omega}F\exp i\left(\omega t - p_2 x - k_2 y\right) + i\frac{k_2 e_{15}}{\varepsilon_1}C\exp i\left(\omega t - p_1 x - k_2 y\right) \tag{2.3}$$

Удовлетворение граничным условиям (1.5) с условием

$$E_2^{(1)} = E_{2h}^{(1)} + E_{2v}^{(1)},\ H_3^{(1)} = H_{3n}^{(1)} + H_{30}^{(1)} \tag{2.4}$$

Приводит к системе алгебраических уравнений относительно искомых амплитуд $B, F, C$

$$
\begin{aligned}
&A-B=\frac{\varepsilon_0\omega}{k}\left(\frac{p_2}{\varepsilon_1\omega}F+i\frac{e_{15}k_2}{\varepsilon_1}C\right)\\
&A+B=F \qquad\qquad (2.5)\\
&ip_1c_{44}\left(1+\chi\right)C-\frac{k_2e_{15}}{\varepsilon_1\omega}F=0
\end{aligned}
$$

В частности, из системы (2.5) амплитуда отраженного магнитного поля определяется следующим образом

$$
B=\frac{\left(1-\chi\right)p_1\left(\varepsilon_1k-\varepsilon_0p_2\right)-\varepsilon_0\chi k_2^2}{\left(1+\chi\right)\left(p_1\right)\left(\varepsilon_1k+\varepsilon_0p_2\right)+\varepsilon_0\chi k_2^2}A \qquad (2.6)
$$

Равенство нулю числителя выражения (2.6) определяет условия прозрачности сред относительно друг друга. Выбором коэффициента электромеханической связи $\chi$ можно управлять степенью прозрачности

Условие равенства нулю знаменателя выражения (2.6) можно преобразовать к виду

$$
\left(\varepsilon_1\sqrt{\theta_0\eta-1}+\varepsilon\sqrt{\theta_\eta-1}\right)\sqrt{\eta-1}+\frac{\varepsilon\chi}{1+\chi}=0 \qquad (2.7)
$$

где

$$
\theta_0=\frac{c_t^2}{c_i^2}<<1,\quad \theta=\frac{c_t^2}{c^2}<<1,\ \eta=\frac{\omega^2}{k_2^2c_t^2} \qquad (2.8)
$$

В предположении $\eta<1$ (угол наклона падающей волны с границей раздела мал) уравнение (2.7) имеет решение типа поверхностной волны Гуляева-Блюстейна. Из (2.7) в приближении $\theta_0\eta<<1,\ \theta_\eta<<1$ получается решение для безразмерного параметра фазовой скорости Гуляева-Блюстейна [4]

$$
\eta=1-\frac{\varepsilon^2\chi^2}{\left(\varepsilon_1+\varepsilon\right)^2\left(1+\chi\right)^2} \qquad (2.9)
$$

Из системы (2.5) и выражения (2.6) следует также, что при нормальном падении электромагнитной волны $\left(k_2=0\right)$ пьезоэффект не влияет на отраженную волну и не возбуждает упругую волну

Рассмотрение других вариантов граничных условий при $x=0$ приводит к выводу о отсутствии влияния пьезоэффекта. Для граничных условий

$$
\sigma_{xz}=0,\ E_2^{(1)}=0 \text{ при } \quad x=0 \qquad (2.10)
$$

Получается $B=A, F=C=0$ если же

$$\sigma_{xz} = 0,\ H_3^{(1)} = 0 \text{ при } \quad x = 0 \tag{2.11}$$

Получается $B = -A,\ F = C = 0$

Очевидно, что влияние пьезоэффекта не будет если одно из граничных условий предполагает равенство нулю упругого перемещения $(w = 0)$

3.Пусть электромагнитная волна падает на слой из пьезоматериала толщиной $h$. Тогда решение первых двух уравнений из системы (1.3) для области $0 < x < h$ представляются следующим образом

$$w = f(x)\exp i(\omega t - k_2 y),\ H_3 = g(x)\exp i\,(\omega t - k_2 y) \tag{3.1}$$

Требование, чтобы (3.1) удовлетворяло уравнениям (1.3) приводит к решениям

$$f(x) = C_1 \sin p_1 x + C_2 \cos p_1 x, g(x) = D_1 \sin p_2 x + D_2 \cos p_2 x \tag{3.2}$$

Где $C_1, C_2,\ D_1, D_2$ – произвольные постоянные

Компоненты электрического поля определяются из третьего и четвертого уравнений системы (1.3), с учетом (3.1) и (3.2)

$$\begin{aligned} E_1 &= -\frac{k_2}{\varepsilon_1 \omega}\left(g + \frac{e_{15}\omega}{k_2} f'\right)\exp i(\omega t - k_2 y) \\ E_2 &= -\frac{i}{\varepsilon_1 \omega}\left(g' + e_{15}\omega k_2 f\right)\exp i(\omega t - k_2 y) \end{aligned} \tag{3.3}$$

Где штрих означает дифференцирование по $x$.

Подстановка (2.1), (2.3), с учетом (2.4) и (3.1), (3.3), с учетом (3.2) в граничные условия (1.5) приводит к системе уравнений относительно искомых постоянных

$$\begin{aligned} &\varepsilon_1 k(A - B) = \varepsilon\left(p_2 D_1 + e_{15}\omega k_2 c_2\right),\ A + B = D_2 \\ &C_{44}(1 + \chi)\varepsilon_1 \omega p_1 C_1 + k_2 e_{15} D_2 = 0 \end{aligned} \tag{3.4}$$

На второй плоскости ограничивающей слой возможны различные варианты граничных условий. Наиболее общим является граничные условия, когда при $x = h$ равна нулю касательное напряжение и непрерывно электромагнитное поле

Здесь рассматриваются предельные случаи

$$w = 0,\ E_2 = 0 \text{ при } \ x = h \tag{3.5}$$

и

$$w = 0,\ H_3 = 0 \text{ при } \ x = h \tag{3.6}$$

В случае граничных условий (3.5), согласно (3.1)-(3.3) получается

$$C_1 \sin p_1 h + C_2 \cos p_1 h = 0$$
$$p_2 D_1 \cos p_2 h - p_2 D_2 \sin p_2 h = 0 \qquad (3.7)$$

Система уравнений (3.4), (3.7) определяет постоянные $B, C_1, C_2, D_1, D_2$ через амплитуду падающей волны $A$ . Из этой системы, в частности для амплитуды отраженной волны получается

$$B = \left(\varepsilon_1 p_1 k - \varepsilon p_1 p_2 tgp_2 h - \chi\varepsilon k_2^2 tgp_1 h\right)\left(\varepsilon_1 p_1 k + \varepsilon p_1 p_2 tgp_2 h + \chi\varepsilon k_2^2 tgp_1 h\right)^{-1} A \qquad (3.8)$$

Из (3.8) следует, что числитель и знаменатель выражения для амплитуды отраженной электромагнитной волны обращается в нуль при $p_1 = 0$ (или при $k_2^2 = \omega^2 c_t^{-2}$ ). Делением на $p_1$ и предельным переходом указанная неопределенность устраняется

$$B = \left(\varepsilon_1 k - \varepsilon p_2 tgp_2 h - \chi\varepsilon k_2^2 h\right)\left(\varepsilon_1 k + \varepsilon p_2 tgp_2 h + \chi\varepsilon k_2^2 h\right)^{-1} A \qquad (3.9)$$

Равенство нулю числителя выражения дает условие при котором электромагнитная волна не отражается. В приближении тонкого слоя $\left(p_2 h\right)^2 << 1$ указанное условие принимает вид

$$\varepsilon_1 \sqrt{\frac{\omega^2}{c_0^2} - K_2^2} - \varepsilon h \left(\frac{\omega^2}{c^2} - k_2^2 + \chi K_2^2\right) = 0 \qquad (3.10)$$

Из (3.10) следует, что коэффициент электромеханической связи $\chi$ может сделать слой прозрачным для электромагнитной волны.

В частности, если, при условии $c_0^2 < c^2$ угол падения волны на границу раздела $x = 0$ выбрать как $k_2^2 = \omega^2 c^{-2}$ , то условие прозрачности будет

$$\frac{\omega}{c} = \frac{\varepsilon_1}{\chi\varepsilon h}\sqrt{\frac{c^2}{c_0^2} - 1} \qquad (3.11)$$

В случае граничных условий (3.6) система уравнений аналогичной уравнениям (3.7) будет

$$C_1 \sin p_1 h + C_2 \cos p_1 h = 0$$
$$D_1 \sin p_2 h + D_2 \cos p_2 h = 0 \qquad (3.12)$$

Уравнения (3.12) вместе с уравнениями (3.4) составляют систему из пяти уравнений для определения постоянных $B, C_1, C_2, D_1, D_2$ посредством амплитуды падающей волны $A, B$ . В частности, для амплитуды отраженной электромагнитной волны получается

$$B=\left[\left(1+\chi\right)p_1\left(\varepsilon_1 k+\varepsilon p_2 ctgp_2 h\right)-\chi\varepsilon k_2^2 tgp_1 h\right].$$
$$\left[\left(1+\chi\right)p_1\left(\varepsilon_1 k-\varepsilon p_2 ctgp_2 h\right)+\chi\varepsilon k_2^2 tgp_1 h\right]^{-1} A \qquad (3.13)$$

Числитель и знаменатель выражения (3.13) также как формулы (3.8) обращается в нуль при $p_1=0$. После устранения неопределенности получается-

$$B=\left[\left(1+\chi\right)\left(\varepsilon_1 k+\varepsilon p_2 ctgp_2 h\right)-\chi\varepsilon k_2^2 h\right]\cdot$$
$$\cdot\left[\left(1+\chi\right)\left(\varepsilon_1 k-\varepsilon p_2 ctgp_2 h\right)+\chi\varepsilon k_2^2 h\right]^{-1} A \qquad (3.14)$$

Заключение. В задаче падения электромагнитной волны на полупространство из пьезоэлектрического материала гексагональной симметрии класса 6mm установлен характер влияния пьезоэффекта на условие прозрачности. В случае отражения от конечного пьезослоя определены коэффициенты отражения при различны вариантах граничных условий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Александров К.С.* Отражение сдвиговых упругих волн от границы раздела двух анизотропных сред– Кристаллография 1971, т.7, №5, с.735-741
2. *Кессених Г.Г., Санников Д.Г., Шувалов Л.А.* Отражение и преломление поперечной звуковой волны на доменных стенках в сегнетоэлектриках – Кристаллография, 1970, т.15, №5, с.1022-1027
3. *Любимов В.Н.* Особенности отражения упругих волн в гексагональных и тетрагональных пьезоэлектриках – Кристаллография, 1971, т.16, №3, с.563-567
4. *Балакирев М.К., Гилинский И.А.* Волны в пьезокристаллах. Новсибирск, Наука 1982. 240 с.
5. *Багдасарян Г.Е., Даноян З.Н.* Электромагнитоупругие волны. Ереван, Изд. ЕГУ, 2006. 492 с.
6. *Baghdasaryan A., Belubekyan M.* On the Problem of Reflection of Shear wave from a Boundary of Piezoelectric media of class 6 mm. In proc. of the 8 th Intern. Congress of Thermal Stresses (TS) 2009, Univer of Illinois, USA, v1, p.183-186
7. *Белубекян М.В., Гараков В.Г.* Отражение нормально падающей сдвиговой электроупругой волны от плоской границы раздела двух пьезоактивных сред. Докл.НАН Армении, 2013, т.113, №4, с.364-368
8. *Белубекян М.В.* Экранированная поверхностная сдвиговая волна в пьезоактивном полупространстве гексагональной симметрии. В сб. “Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред” (Труды VI-ой межд. конф Горис-Степанакерт) Ереван, Ит-т Механики НАН Армении

**М.В. Белубекян, А.А. Папян**

# ПОЛУБЕСКОНЕЧНЫЙ ВОЛНОВОД ИЗ ПЬЕЗОУПРУГОГО МАТЕРИЛА КЛАССА 6ММ

Институт механики Национальной Академии Наук Армении, Ереван, Армения
mbelubekyan@yahoo.com, aro088@mail.ru

Ключевые слова: пьезоэлектрик, распространения волн, волновод, частота, волна Блюстейна-Гуляева.

В данной работе рассматривается распространения монохроматического электроупругого сигнала в полубесконечном пьезоэлектрическом слое. Рассмотрены разные варианты комбинации граничных условий из которых могут быть получены локализованные колебания, вблизи свободного края.

**M.V. Belubekyan, A.A. Papyan**

# SEMI-INFINITE WAVEGUIDE MADE OF PIEZOELASTIC MATERIAL OF CLASS 6MM

Institute of Mechanics National Academia Since Armenia, Yerevan, Armenia
mbelubekyan@yahoo.com, aro088@mail.ru

Keywords: piezoelectric, wave propagation, waveguide, vibration, frequency, Bleustein - Gulyayev waves.

In this paper the propagation of a monochromatic electroelastic signal in a semi-infinite piezoelectric layer is considered. Let’s consider different cases of the boundary conditions, from which localized vibrations can be obtained in the vicinity of the free edge.

Задачи связанных физических полей такие как взаимодействие механических и электромагнитных полей, пьезоэлектрический эффект, электрострикция и др. являются наиболее актуальными. Актуальны и изучение вопросов распространения волн пьезоэлектрических материалах. Задачи о распространений волн в пьезоупругих средах относятся работы [1-9]. В работах [1,8] рассматриваются появления внутреннего резонанса в случае распространения монохроматического электроупругого сигнала в пьезоэлектрическом слое. В [4] рассматривается система из слоя и полупространства из упругих и пьезоактивных материалов, слой и полупространство могут свободно скользить друг относительно друга. В работе [5] рассматривается выявление качественных эффектов в случае распространения монохроматического электроупругого сигнала в пьезокерамическом, диэлектрическом и по толщине неоднородных слоях.

В данной работе рассматривается распространения монохроматического электроупругого сигнала в полубесконечном пьезоэлектрическом слое. Рассмотрены

разные варианты комбинации граничных условий, из которых некоторые позволяют применять метод разделения переменных.

**1.** Пьезоэлектрический слой гексагональной симметрии класса 6mm в прямоугольной декартовой системе координат *0xyz* расположен так, что *0z* ось параллельна оси симметрии пьезоэлектрического слоя, а плоскость *0xy* есть плоскость симметрии пьезоэлектрика. Пьезоэлектрический слой в прямоугольной декартовой системе координат занимает $0 < x < \infty;\ 0 \le y \le h;\ -\infty < z < \infty.$ область (см. Рис. 1).

Уравнения распространения плоской чисто сдвиговой электромеханической волны запишется в следующем виде [2].

$$c_t^2 \Delta w = \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \qquad \Delta \psi = 0 \tag{1.1}$$

где

$$c_t^2 = \frac{\tilde{C}_{44}}{\rho},\ \tilde{C}_{44} = C_{44}\left(1+\chi\right),\ \chi = \frac{e_{15}^2}{\varepsilon C_{44}},\ \psi = \varphi - \frac{e_{15}}{\varepsilon} w. \tag{1.2}$$

$w$ - смещение сдвига, $C_{44}$ - модуль сдвига, $\rho$ - плотность материала, $\varepsilon$ - диэлектрическая проницаемость, $e_{15}$ - пьезоэлектрический модуль, $\chi$ - коэффициент электрической связи, $\varphi$ - электрический потенциал.

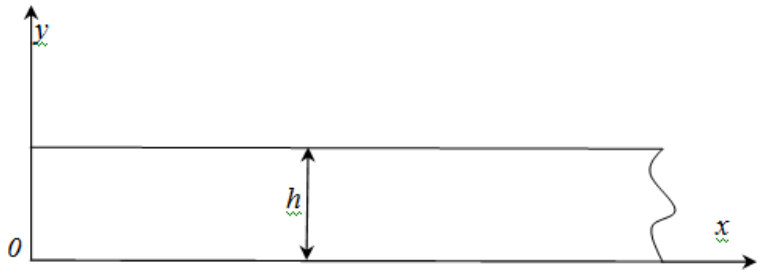



Рис.1 Расположение пьезоэлектрического слоя
в прямоугольной декартовой системе координат

При $y = 0$ и $y = h$ возможны три варианта граничных условий, которые позволяют применять метод разделения переменных:

$$w = 0, \quad \varphi = 0 \text{ или } w = 0, \quad \psi = 0 \tag{1.3}$$

$$\sigma_{23} = 0, \quad D_2 = 0 \text{ или } \frac{\partial w}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0 \tag{1.4}$$

$$w = 0, \quad D_2 = 0 \text{ или } w = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0 \tag{1.5}$$

Вторые формы граничных условий следуют из, учета материальны уравнений:

$$\sigma_{31} = C_{44}\frac{\partial w}{\partial x} + e_{15}\frac{\partial \varphi}{\partial x},\ \sigma_{32} = C_{44}\frac{\partial w}{\partial y} + e_{15}\frac{\partial \varphi}{\partial y}$$

$$D_1 = -\varepsilon\frac{\partial \varphi}{\partial x} + e_{15}\frac{\partial w}{\partial x},\ D_2 = -\varepsilon\frac{\partial \varphi}{\partial y} + e_{15}\frac{\partial w}{\partial y} \tag{1.6}$$

$\sigma_{31};\sigma_{32}$ - компоненты тензора напряжения, $D_i$ - компоненты вектора электрической индукции.

Известно, что граничные условия $\sigma_{23} = 0,\quad \varphi = 0$, при $y = 0$ и $y = h$ не приводят к разделению переменных.

**2.** Пусть на плоскостях $y = 0$ и $y = h$ имеют место граничные условия (1.3). Тогда решение уравнения (1.1) удовлетворяющее условиями (1.3) представится в следующем виде:

**3.**

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} w_n(x)\sin(\lambda_n y)\exp(i\omega_n t),\quad \psi = \sum_{n=1}^{\infty} \psi_n(x)\sin(\lambda_n y)\exp(i\omega_n t),\ \lambda_n = \frac{\pi n}{h} \tag{2.1}$$

Для решения вопроса о возможности существования локализованных колебаний (волн) в окрестности свободного края $x = 0$ полубесконечного волновода необходимо чтобы имели место условия:

$$\lim_{x\to\infty} w = 0,\ \lim_{x\to\infty} \psi = 0 \tag{2.2}$$

Подстановка (2.1) в уравнения (1.1) приводит к последовательным обыкновенным дифференциальным уравнениям относительно $w_n(x)$, $\psi_n(x)$, решения которых с учетом (2.2) представится в следующем виде:

$$w_n = A_n \exp\left(-\lambda_n\sqrt{1-\eta_n}\,x\right),\ \psi_n = B_n \exp(-\lambda_n x) \tag{2.3}$$

Здесь

$$\eta_n = \omega_n^2 c_t^{-2}\lambda_n^{-2} \tag{2.4}$$

Безразмерная искомая характеризующая фазовую скорость должна удовлетворять условию затухания:

$$0 < \eta_n < 1 \tag{2.5}$$

Если на границе волновода $x = 0$ заданы условия типа (1.3) – (1.5), например:

$$w = 0,\ \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0,\ (D_1 = 0) \tag{2.6}$$

То легко показать, что решение удовлетворяющее условию (2.5) не существует, то есть локализованные колебания не возможны.

Пусть на краю полубесконечного волновода заданы условия:

$$\sigma_{12} = 0, \quad \varphi = 0 \text{ при } x = 0 \tag{2.7}$$

Условие (2.7) можно привести к следующему виду:

$$C_{44}\left(1+\chi\right)\frac{\partial w}{\partial x} + e_{15}\frac{\partial \psi}{\partial x} = 0\,,\ \psi + \frac{e_{15}}{\varepsilon}w = 0 \tag{2.8}$$

Требование, чтобы решение (2.3) удовлетворяла граничным условия (2.8) приводит к системе алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных $A_n, B_n$. Из условия равенство нулю детерминанта этой системы можно определить безразмерный параметр фазовой скорости.

$$\eta = 1 - \frac{\chi^2}{\left(1+\chi\right)^2} \tag{2.9}$$

Полученная в уравнение (2.9) безразмерная величина характеризующую фазовую скорость совпадает с фазовой скоростью для волн Блюстейна - Гуляева. Однако если для волн Блюстейна – Гуляева $\eta = \omega^2 c_t^{-2} k^2$ есть непрерывный спектр собственных значений, (для произвольного волнового числа $k$), здесь этот спектр дискретный.

**4.** В случае, когда на полубесконечных сторонах волновода заданы граничные условия варианта (1.4) решение (2.1) будет записана:

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} w_n\left(x\right)\cos\left(\lambda_n y\right)\exp\left(i\omega_n t\right), \quad \psi = \sum_{n=1}^{\infty}\psi_n\left(x\right)\cos\left(\lambda_n y\right)\exp\left(i\omega_n t\right), \ \lambda_n = \frac{\pi n}{h} \tag{3.1}$$

Нетрудно показать, что аналогично предыдущему случаю, удовлетворяя уравнением (1.1) и граничным условиям (2.8), для параметра фазовой скорости получим выражение (2.9).

Наконец предполагается вариант, когда на плоскостях пластинки $y = 0$ и $y = h$ заданы разного типа граничные условия:

$$\begin{gathered} w = 0, \ \ \psi = 0, \text{ при } y = 0 \\ \frac{\partial w}{\partial y}, \ \ \frac{\partial \psi}{\partial x} = 0, \quad \text{при } y = h \end{gathered} \tag{3.2}$$

Решение уравнения (1.1) удовлетворяющая граничным условиям (3.2) представится в виде:

$$w=\sum_{n=1}^{\infty}w_n\left(x\right)\sin\left(\mu_n y\right)\exp\left(i\omega_n t\right),$$
$$\psi=\sum_{n=1}^{\infty}\psi_n\left(x\right)\sin\left(\mu_n y\right)\exp\left(i\omega_n t\right),\qquad \mu_n=\frac{\left(2n-1\right)\pi}{2h} \tag{3.3}$$

Проводя процедуру аналогичную решению предыдущих вариантов, получим для параметра фазовой скорости выражения (2.9) где необходимо $\lambda_n$ заменить на $\mu_n$. Отсюда следует, что фазовая скорость локализованной волны не меняется, но меняются частоты и длины волн.

Пусть теперь заданы условия:

$$w,\ \frac{\partial\psi}{\partial y}=0,\quad \text{при } y=0,\ y=h \tag{3.4}$$

Решение уравнение (1.1) в этом случае будет иметь следующий вид:

$$w=\exp\left(i\omega t\right)\sum_{n=1}^{\infty}w_n\left(x\right)\sin\left(\lambda_n y\right),$$
$$\psi=\exp\left(i\omega t\right)\sum_{n=1}^{\infty}\psi_n\left(x\right)\cos\left(\lambda_n y\right),\qquad \lambda_n=\frac{\pi n}{h} \tag{3.5}$$

Очевидно, что решение для функций $w_n,\psi_n$ будет таким же, что и решение (2.3). Однако граничные условия (2.8) при $x=0$ не приводят разделению переменных.

Для удовлетворения граничных условий (2.8) используется метод усреднения, как это делается при применении метода Бубнова - Галеркина. Решение (3.5) подставляется в условие (2.8), затем первое условие умножается на $\sin\left(\lambda_m y\right)$, второе на $\cos\left(\lambda_m y\right)$, ( $m=1,2,3....$) и интегрируя по *y* в пределах от *0*до *h*.

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[C_{44}\left(1+\chi\right)w_n^1\left(0\right)\int_0^h\sin\left(\lambda_m y\right)\sin\left(\lambda_n y\right)dy+e_{15}\psi_n^1\left(0\right)\int_0^h\sin\left(\lambda_m y\right)\cos\left(\lambda_n y\right)dy\right]=0$$
$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[\frac{e_{15}}{\varepsilon}w_n\left(0\right)\int_0^h\cos\left(\lambda_m y\right)\sin\left(\lambda_n y\right)dy+\psi_n\left(0\right)\int_0^h\cos\left(\lambda_m y\right)\cos\left(\lambda_n y\right)dy\right]=0 \tag{3.6}$$

Система (3.6) ( $m=1,2,3....$) после вычислений приводится к виду:

$$C_{44}\left(1+\chi\right)w_m^1\left(0\right)+\frac{2e_{15}}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\psi_n^1\left(0\right)\frac{m\left(1-\left(-1\right)^{m+n}\right)}{m^2-n^2}=0$$
$$\frac{2e_{15}}{\pi\varepsilon}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n\left(1-\left(-1\right)^{m+n}\right)}{n^2-m^2}w_n\left(0\right)+\psi_m\left(0\right) \tag{3.7}$$

Полученная система (3.7) в приближении (*m=1*) и (*m=2*) есть:

$$\begin{aligned}
&\lambda_1\sqrt{1-\eta_1}C_{44}\left(1+\chi\right)A_1 -+\frac{4e_{15}}{3\pi}\lambda_2 B_2 = 0\\
&\frac{8e_{15}}{3\pi\varepsilon}A_2 + B_1 = 0\\
&\lambda_2\sqrt{1-\eta_2}C_{44}\left(1+\chi\right)A_2 -+\frac{8e_{15}}{3\pi}\lambda_1 B_1 = 0\\
&\frac{4e_{15}}{3\pi\varepsilon}A_1 - B_2 = 0
\end{aligned} \tag{3.8}$$

Отсюда для первой и второй частоты получается:

$$\eta_1 = 1-\frac{32\chi^2}{9\pi^2\left(1+\chi\right)^2},\quad \eta_2 = 1-\frac{16\chi^2}{9\pi^2\left(1+\chi\right)^2} \tag{3.9}$$

Сравнение значений фазовых скоростей (3.9) и (2.9) показывает, что в случае граничного условия (3.4) при $x=0$ скорости локализованных волн больше, что приводит к сравнительному медленному затуханию.

***Заключение:*** получено, что для двух граничных условий ((2.8) и (3.2)) применяется метод разделения переменных, показано, что для данных условий существует локализованные колебания, параметр фазовой скорости совпадает с формулой Блюстейна – Гуляева (но в отличии Блюстейна – Гуляева здесь спектр собственных значений дискретный). Фазовая скорость локализованной волны не меняется но меняются частоты и длины волн.

В случае, когда не возможно применить метод разделения переменных (граничное условие (3.4)) для удовлетворения условий применяется метода Бубнова – Галеркина. Сравнения безразмерных величин фазовой скорости показывает, что в этом случае скорости локализованных волн больше, что и приводит к сравнительному медленному затуханию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Белубекян В. М., Белубекян М. В.* Резонансные и локализованные сдвиговые колебания в слое с прямоугольным поперечным сечением// Докл. НАН Армении, 2015, т. 115, №1, с. 40-43.
2. *Бардзокас Д.И., Кудрявцев Б.А., Сеник Н.А.* Распространение волн в электромагнитоупругих средах// Editorial УРСС, 2003. 336с.
3. *Bleustein J.L.* Some simple modes of wave propagation in an infinite piezoelectric plate// Journ. of Acustical Society of America, 1969, 45, pp614-620.
4. *Belubekyan M.V., Belubekyan V.M.* Surface waves in piezoactive elastic system of a layer on a semi-space// Proceedings of the Yerevan State University, Physical and Mathematical Sciences. Mechanics. – 2013. – № 3. – P. 45-48.

5. *Аветисян А.С., Камалян А.А.* Влияние поперечной неоднородности пьезодиэлектрического слоя и сочетаний граничных условий на распространение сдвигового электроупругого сигнала// Вестник ГИУА. серия “Механика, машиноведение, машиностроение”. 2014. Вып. 17, №1, с. 9-25.
6. *Вильде М.В., Каплунов Ю. Д., Коссович Л.Ю.* Краевые и интерфейсные резонансы явления в упругих телах// М. Физматлит. 2010. 280с.
7. *Гуляев Ю.В.* Поверхностные электрозвуковые волны в твердых телах // Письма в ЖЭТФ 1969 Т.4 №1 с. 63-65.
8. *Белубекян М.В., Папян А.А.* К задаче распространения волн в слое из пьезоупругого материала класса 6mm// Актуальные проблемы механики сплошной среды: Труды IV международной конференции, 21-26 сентября 2015, Цахкадзор, Армения, стр. 91-94.

**В.В. Богинская, И.В. Калиенко, И.А. Осипенко**

## СВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ТИПА $A^3B^5$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: полупроводник, ширина запрещённой зоны, светоизлучающий диод, твердые растворы, химико-технологические реакции, ВАХ, спектрометр, доминирующая частота.

В статье рассматривается связь физических характеристик твердых растворов типа $A^3B^5$ в зависимости от химико-технологических реакций их приготовления. От выбора химико-технологической реакции зависит возможность получения полупроводников с различной шириной запрещённой зоны. Основным параметром, определяющим электрофизические свойства полупроводника, является его ширина запрещённой зоны, поэтому определение этого параметра является определяющим фактором для определения эксплуатационных параметров электронных приборов разрабатываемых на основе данного полупроводника. В статье предлагаются простые методы определения ширины запрещённой зоны на примере твердых растворов типа $A^3B^5$ полупроводниковых структур используемых при производстве светодиодов.

**V.V. Boginskya, I.V. Kalienko, I.A. Osipenko**

# COMMUNICATION OF PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SOLID SOLUTIONS OF $A^3B^5$ TYPE DEPENDING ON CHEMICAL-TECHNOLOGICAL REACTIONS OF THEIR COOKING

Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Key words: semiconductor, width of the forbidden band, light-emitting diode, solid solutions, chemical-technological reactions, VAC, spectrometer, dominant frequency.

The article deals with the relationship between the physical characteristics of A3B5-type solid solutions as a function of the chemical-technological reactions of their preparation. The choice of a chemical-technological reaction depends on the possibility of obtaining semiconductors with different widths of the forbidden band. The main parameter that determines the electro-physical properties of a semiconductor is its band gap, so determining this parameter is the determining factor for determining the ex-operational parameters of electronic devices developed on the basis of a given semiconductor. The paper suggests easy methods for determining the width of the forbidden band by the example of solid solutions of the type A3B5 semiconductor structures used in the production of light-emitting diodes.

Основным параметром, определяющим электрофизические свойства полупроводника, является его ширина запрещённой зоны [1], поэтому нахождение этого параметра является важным фактором для определения эксплуатационных параметров электронных приборов разрабатываемых на основе данного полупроводника [2].

Если мы рассмотрим широко известный электронный полупроводниковый прибор – светоизлучающий диод, то основным явлением, обуславливающим свечение светоизлучающих диодов, является рекомбинация электронов и дырок в объеме p-n структуры. Рекомбинирующие электроны переходят с более высоких энергетических уровней зоны проводимости, близких к ее нижней границе, на более низкие уровни, расположенные вблизи верхней границы валентной зоны (рис. 1).

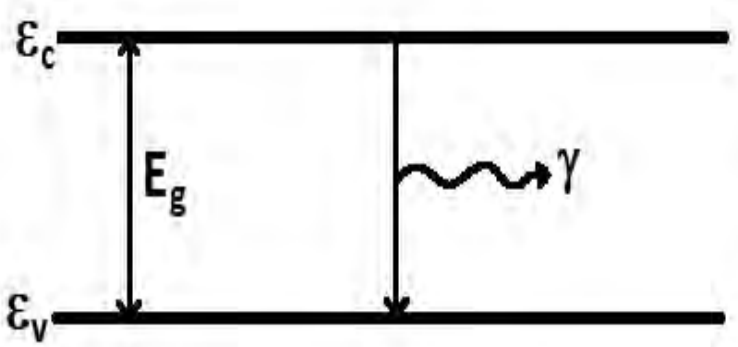



Рисунок 1 – Энергетическая диаграмма переходов электронов из зоны проводимости в валентную зону

При этом выделяется фотон, энергия которого почти равна ширине запрещенной зоны:

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_g . \qquad (1)$$

Из соотношения (1) следует, что для работы в диапазоне видимого излучения ($\lambda$=0,38…0,78 мкм) необходимы полупроводники с шириной запрещенной зоны $E_g$=1,5...3,0 эВ. Это требование исключает использование германия, кремния, других полупроводников, технология которых хорошо разработана, так как у них ширина запрещенной зоны мала, и обуславливает переход к материалам типа $A^3B^5$, и их твердым растворам. Главным образом, это фосфид галлия Ga и карбид кремния SiC, также некоторые тройные соединения (растворы), состоящие из галлия, алюминия и мышьяка (Ga Al As), или галлия, мышьяка и фосфора (GaAlP) и др. Таким образом, в зависимости от того, какой твердый раствор химических соединений выбирается, получаем различный видимый диапазон свечения светоизлучающего диода. Так, например, в тройном растворе $Ga_{1-x}Al_xAs$ при увеличении доли относительного содержания алюминия ширина запрещенной зоны растёт от 1,43 эВ в GaAs при x=0 до 2,16 эВ в AlAs при x=1. Соответственно, длина волны излучения у такого соединения меняется согласно формуле (1) от $\lambda=hc/E_g$=1,24/1,43=0,86 мкм (эта длина волны соответствует инфракрасной области спектра) до $\lambda=hc/E_g$=1,24/2,16=0,57 мкм (эта длина волны соответствует желтой области видимого света). Внесение в полупроводник некоторых примесей позволяет получать свечение различного цвета. Например, фосвид галлия имеет ширину запрещенной зоны $E_g$=2,26 эВ, что согласно формуле (1) соответствует $\lambda=hc/E_g$=1,24/2,26=0,54 мкм зелёной области видимого спектра излучения света. Однако это излучение возникает при непрямых зонных переходах электронов. Такие переходы обладают малой эффективностью излучательной рекомбинации. Поэтому фосвид галлия используют для получения светоизлучающих диодов красного, зеленого, оранжевого и желтого свечения, но эти излучения возникают при создании в фосвиде галлия примесных центров позволяющих электронам осуществлять переходы электронам с этих примесных центров в валентную зону с высокой эффективностью излучательной рекомбинации. Так, для получения красного свечения, в фосвид галлия добавляют атомы цинка с кислородом, для получения зеленого свечения – атомы азота, а для получения оранжевого или желтого свечения необходимо присутствие примесных центров обоих типов.

Светоизлучающие диоды на основе соединений типа $A^3B^5$ и твёрдых растворов на их основе могут быть, например, сформированы эпитаксией из газовой или жидкой фазы.

Эпитаксию из газовой фазы GaAs и твердых растворов на его основе проводят в различных системах реагентов:

- хлоридного типа,
- хлоридно – гидридного типа,
- с использованием галлийорганических соединений.

Так например в реакторе в котором производиться эпитаксия GaAs в системе реагентов Ga – $AsCl_3$ – $H_2$. Реактор имеет три зоны нагрева. На его вход поступает смесь пара $AsCl_3$ с водородом, и в зоне I протекает реакция:

$$4AsCl_3 + 6H_2 \rightarrow 12HCl + As_4.$$

В зоне II HCl из зоны I взаимодействует с расплавом галлия:

$$2Ga + 2HCl \rightarrow 2GaCl + H_2. \quad (2)$$

В зоне III идет реакция синтеза GaAs и рост эпитаксиального слоя:

$$4GaCl + As_4 + 2H_2 \rightarrow 4GaAs + 4HCl.$$

Для синтеза эпитаксиальных слоёв GaAs используют и другие системы реагентов: $GaCl–AsCl_3–H_2$, $GaCl_3–As–H_2$, $GaAs–HCl–H_2$, $GaAs–I_2–H_2$, $GaAs–H_2O–H_2$. Кинетика реакций во многом сходна с системой $Ga–AsCl_3–H_2$ за исключением последней. В системе $GaAs–H_2O–H_2$ в зоне источника при температуре 1000 – 1100 °C идёт процесс окисления арсенида галлия:

$$4GaAs(тв) + 2H_2O \rightleftharpoons Ga_2O(г) + 2H_2(г) + As_4(г),$$

$$As_4 \rightleftharpoons 2As_2.$$

В зоне осаждения при температуре на 50° ниже температуры источника идет осаждение арсенида галлия с высвобождением воды:

$$2Ga_2O(г) + As_4(г) + 2H_2(г) \rightarrow 4GaAs(тв) + 2H_2O(г)$$

Для осаждения слоёв GaAs также может быть использована хлоридно – гидридная система реагентов $GaAs–HCl–AsH_3–H_2$.

Осаждение арсенида галлия в системе $(CH_3)_3Ga–AsH_3–H_2$ проводят при температуре 450 – 700 °C в соответствии с реакцией:

$$4(CH_3)_3Ga(г) + As_4(г) + 6H_2(г) \rightarrow 4GaAs(тв) + 12CH_4.$$

Данный тип оборудования кроме синтеза GaAs может также использоваться для получения соединений типа GaP и GaN, а также твёрдых растворов типа $GaAs_XP_{1-X}$, $Ga_XIn_{1-X}P$, $Al_XIn_{1-X}P$, $Ga_XIn_{1-X}P_YAs_{1-Y}$, $Ga_XAl_{1-X}N$, а также других возможных комбинаций, технологически осуществимых при осаждении из газовой фазы

В качестве акцепторной лигатуры для соединений типа $A^3B^5$ используют диэтилцинк $(C_2H_5)2Zn$, являющийся источником цинка, донорной – соответствующие гидриды $H_2S$ и $H_2Se$, являющиеся соответственно источниками серы и селена. Для изоэлектронного легирования азотом (например, для смещения спектральной характеристики излучателей на базе $GaAs_XP_{1-X}$ в коротковолновую область) в газовую смесь добавляют аммиак $NH_3$.

Для осаждения эпитаксиальных слоёв GaN используют систему реагентов $Ga–HCl–NH_3–Ar(He)$. При температуре 800 – 850 °C происходит хлорирование галлия в соответствии с реакцией (2). Затем субхлорид галлия GaCl переносится потоком инертного газа в зону осаждения эпитаксиального слоя, где при температуре 1000 – 1050 °C происходит реакция с аммиаком, подаваемым непосредственно к подложке по независимому каналу:

$$GaCl + NH_3 \rightarrow GaN + HCl + H_2,$$

$$GaCl + 2NH_3 \rightarrow GaN + NH_4Cl + H_2.$$

Видно, из перечисленного выше, химико-технологических вариантов получения светоизлучающих структур существует большое количество. Таким образом, проводя различные химические реакции, мы получаем возможность формировать светоизлучающие структуры с различной величиной ширины запрещенной зоны, а значит соответственно согласно формуле (1) и различной длиной волны излучаемого света. Причём ширину запрещенной зоны полученного в результате реакции соединения при создании на его основе гомогенного p-n перехода можно легко определить, не прибегая к дорогостоящим и сложным измерениям [3].

Первый вариант определения ширины запрещенной зоны состоит в нахождении токового напряжения отсечки. Вначале объясним суть данного метода. Как известно, вольт-амперная характеристика p-n перехода имеет следующий вид:

$$I = I_s \cdot (\exp(\frac{U_{pn}}{m\varphi_T}) - 1), \qquad (2)$$

где $U_{pn}$ – падение напряжения на p-n переходе.

$I_s$ – ток насыщения диода,

$\varphi_T = \frac{kT}{e}$ – тепловой потенциал,

m – коэффициент неидеальности диода, учитывающий отличие реального диода от идеального.

Однако данное выражение (2) не учитывает, что при повышенных плотностях тока, т.е при увеличении напряжения необходимо учитывать падение напряжения не только на p-n переходе, но и на высокоомной области полупроводника, тогда полное падение напряжения на диоде будет складываться из падения напряжения на p-n переходе и падания напряжения на базе диода и контактах диода, т.е будет определяться выражением

$$U = U_{pn} + IR_{ост} \qquad (3)$$

где $R_{ост}$ – остаточное сопротивление, т.е. сопротивление базы диода и контактов диода.

Найдем теперь значение $U_{pn}$ из формулы (3). Выражение для $U_{pn}$ легко получить из формулы (2) прологарифмировав левую и правую часть формулы и выразив $U_{pn}$, получаем следующую формулу

$$U_{pn} = m\varphi_T \ln\left(\frac{I}{I_s} + 1\right) \qquad (4)$$

Сравнивая формулы (4) и (3) мы видим, что с увеличением прямого тока падание напряжения на диоде в основном будет определяться паданием напряжения на остаточном сопротивлении диода, а вклад p-n перехода в падение напряжения на диоде уменьшаться, поэтому ВАХ диода при относительно больших прямых токах становится линейной. Тогда если мы продлим линейный участок прямой ветви ВАХ диода до пересечения с осью напряжений, т.е. полагая I=0, то в формуле (3) мы получим $U=U_{pn}=\varphi_K$ так называемое напряжение отсечки диода $U_{отс}$, которое как раз совпадает с контактной разностью потенциалов $\varphi_K$ (см. рис. 2).

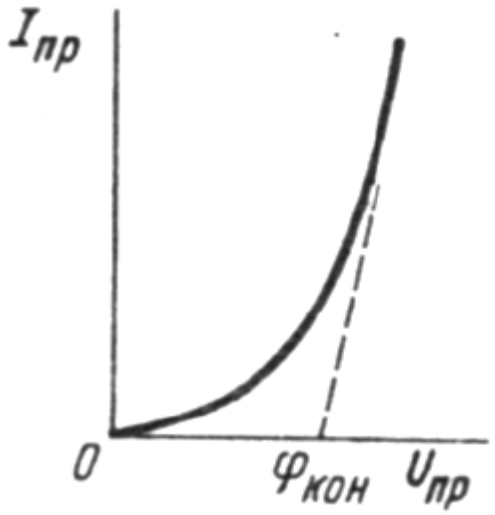



Рисунок 2 – Контактная разность потенциалов на ВАХ светоизлучающего диода

Второй вариант, соответственно, состоит в определении ширины запрещенной зоны согласно формуле (1). В этом методе определяется длина волны доминирующей волны излучения с помощью спектроколориметра и прилагаемого к нему программного обеспечения и далее расчет длины волны осуществляется по формуле (1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *У. Харрисон.*, Электронная структура и свойства твердых тел. Т.1, Т.2 М.: «Мир», 1983.
2. *Г.Г. Червяков, С.Г. Прохоров, О.В. Шиндор.*, Электронные приборы., Ростов-н/Д: «Феникс», 2012
3. *Raevskii I.P., Prosandeev S.A., Osipenko I.A.* Physica Status Solidi (B): Basic Solid State Physics. 1996. T. 198. №2. C.695-705.

**Б.П. Борисов, В.С. Волков, К.А. Шимельфених**

## НОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА USB В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, интерфейс, USB, периферийное устройство, развитие персональных компьютеров, обмен информацией, пропускная способность, порты ПК, мобильные устройства

В статье был проведен комплексный анализ развития самого популярного интерфейса за всю историю развития персональных компьютеров – USB. Рассмотрены основные этапы его развития, происходившие аппаратные и программные изменения, изучен вопрос совместимости устройств, обсуждены перспективы дальнейшего развития.

**B.P. Borisov, V.S. Volkov, K.A. Schimelfenikh**

## NEW FEATURES, PROSPECTS OF FUTURE DEVELOPMENT AND PRACTICAL REALIZATION OF USB IN THE INFORMATIONAL TECHNOLOGIES AND SYSTEMS OF COMMUNICATION

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: information technologies, USB, peripheral device, personal computer development, information transfer, bandwidth, PC ports, mobile devices

The article analyzed the development of the most popular interface - USB. There were examined the main stages of its development, hardware and software changes, the compatibility of devices and prospects for further development.

**Введение**

В девяностых годах прошлого века происходило активное развитие персональных компьютеров и потребительской электроники. Многие крупные IT – компании использовали собственные интерфейсы для расширения возможностей компьютеров и повышения удобства использования. Сложилась ситуация, в которой производители техники столкнулись с несовместимостью устройств сторонних производителей и возрастающей сложностью обеспечения стабильной работы.

Стало очевидно, что необходимо провести стандартизацию существующих интерфейсов, чем в последствии и занялась группа из семи ключевых разработчиков аппаратного и программного обеспечения: Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC и Nortel. Конечной целью было создание универсального интерфейса, который был бы прост в подключении, имел простую программную конфигурацию, обеспечивал высокую скорость обмена данными и бесперебойную работу. Таким образом, в январе 1996 года было представлено решение существовавших проблем в лице USB (аббревиатура от «Universal Serial Bus» - «Универсальная последовательная шина») – которое в настоящее время является промышленным стандартом, используемым при разработке кабелей, разъёмов, и протоколов, необходимых для обеспечения соединения, обмена информацией и питания между ПК и периферийными устройствами.

USB был разработан с целью стандартизировать подключение к компьютеру таких устройств, как клавиатура, мышь, цифровая камера, принтер, сканер, переносные музыкальные проигрыватели, внешние накопители и сетевые адаптеры, с целью не только обеспечить эффективный, быстрый и бесперебойный обмен информаций, но и предоставить возможность электропитания устройств. Это позволило планомерно избавиться от огромного количества ранее разработанных и используемых интерфейсов,

таких как Serial Port и Parallel Port, а также от отдельного кабеля питания для портативных устройств.

Таким образом, последовательное развитие данного стандарта соединения позволило существенно расширить как возможности отдельно взятого персонального компьютера, так и область взаимодействия между устройствами в целом, став общепринятым стандартом на широком спектре устройств.

В настоящее время разработкой занимается некоммерческая организация USB Implements Forum, а ее партнерами являются такие крупнейшие IT – компании мира, как Microsoft, Apple, Intel, IBM, HP, Texas Instruments.

**Этапы развития USB**

Первая версия USB предусматривала минимальную пропускную способность - 1,5 Мбит/с, максимальную - 12 Мбит/с. Она не допускала использование USB – концентраторов или сквозных мониторов из-за ограничений по времени и мощности. На рынок поступило лишь несколько устройств, вследствие небольшой заинтересованности производителей устройств и существовавших объективных проблем, связанных с подключением к шине.

В августе 1998 вышла версия 1.1, в которую были внесены такие доработки, как «горячая коммутация» (возможность подключения и отключения устройств без обесточивания шины), интегрированное питание до 5 В и легкое расширение количества подключаемых устройств посредством использования USB – хабов. Именно с нее начинается активное использование USB для установления соединения между устройствами. Это привело к тому, что корпорация Microsoft© назвала “Legacy-free PC” - тип ПК, в котором отсутствует архитектура ISA (Industry Standart Architecture): дисковод для дискет и legacy порты, а взамен используются USB порты. При этом в версии USB 1.x не предусматривалось вилки и разъема меньше, чем стандартные типа A и B.

Вторая версия USB, представленная в апреле 2000 года, увеличила максимальную пропускную способность до 480 Мбит/с, т.е. в 40 раз по сравнению с USB 1.x и стала самой популярной за все время существования USB. Основные изменения коснулись конструкторских особенностей, которые подробно описаны в ECN (Engineering Change Notice) - извещении о внесении технических изменений. Самые значительные из них это: создание разъемов Mini-A, Mini-B, Micro-USB, поддержка USB On-The-Go, осуществление контроля питания устройств, что позволяет заряжать устройство от сети посредством подключения к блоку питания и внедрение функции пониженного энергопотребления (режима «сна»). Особую роль в распространении USB версии 2.0 сыграла полная поддержка стандарта со стороны производителей аппаратной составляющей ПК и софтверных корпораций. Начиная с 2000 года, все компьютеры не только имеют USB-порты, но и позволяют осуществлять полное взаимодействие с подключенными устройствами. Например, в Windows XP на момент выхода была предусмотрена возможность автозапуска подключенного USB-устройства, что привело к популяризации данного типа интерфейса среди производителей периферийных устройств. Например, внешних накопителей, клавиатур, мышей, сканнеров, принтеров.

Спустя 8 лет, современные ПК стали оснащаться с более высокоскоростными интерфейсами, например, Gigabit Ethernet, которые превосходили пропускную способность USB 2.0 в несколько раз. Так же сопутствующий прогресс в области

устройств хранения информации создал ситуацию, когда требовалось передавать гигабайты информации, что в свою очередь требовало слишком много времени. Возникла необходимость создания более «быстрой» версии USB.

Так, в ноябре 2008 года, была представлена спецификация устройств «SuperSpeed USB» или USB 3.0, в которой подчеркивалась, прежде всего, значительно возросшая скорость обмена данными популярного интерфейса. Новые функции как на уровне протокола, так и в аппаратной части, позволили избавиться от некоторых ограничений, накладываемых версией 2.0, в том числе увеличив максимальную силу тока и значение напряжения при питании устройств. Важно отметить также совместимость при использовании разъема предыдущей версии.

В июле 2013 года была подтверждена спецификация «SuperSpeed+ USB» или USB 3.1, включающая в себя USB Power Delivery 2.0, новый вид розетки и кабеля – USB Type, а также обеспечивающая пропускную способность в 10 Гбит/с.

И уже в сентябре 2017 года был представлен стандарт 3.2, увеличивающий максимальную пропускную способность до 20 Гбит/с.

Развитие USB наглядно представлено на рисунке 1 в виде диаграммы. Было проведено исследование скорости обмена информацией, а именно передача изображений размером 10 мегапикселей (8-битная глубина цвета) на одно и тоже устройство посредством различных версий USB.

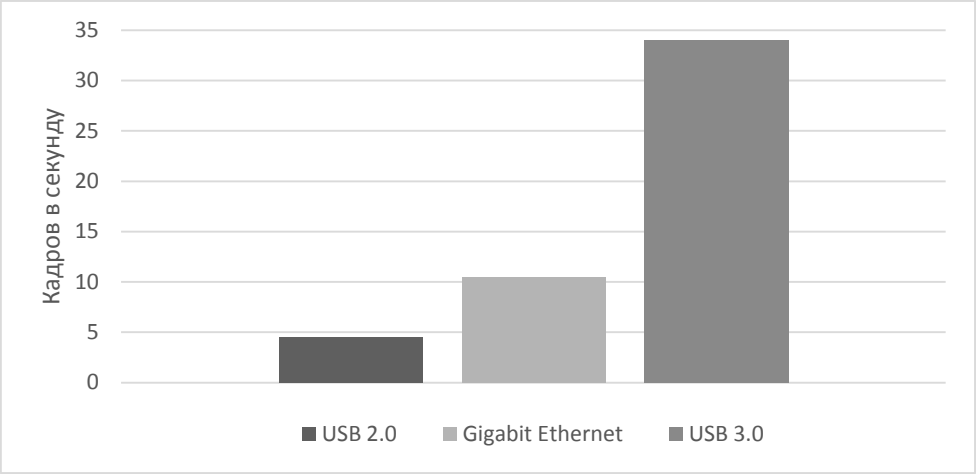



Рисунок 1 – Эволюция возможностей USB

**Перспективы развития и новые возможности**

До недавних пор главными целями в разработке новых стандартов было:

1) Увеличение скорости передачи данных до 5 Гбит/с
2) Поддержка и развития существующей инфраструктуры USB
3) Оптимизация управления электропитанием подключённых устройств
4) Исключить процедуру опроса, на которой базировались предыдущие версии USB: подключенные устройства не могли самостоятельно передавать данные, необходимо было ждать запрос котроллера хоста.

Перечисленные проблемы существенно ограничивали возможности USB 2.0 и были полностью решены при создании USB 3.0, что можно наблюдать на таблице, изображенной на рисунке 2.

| | USB 2.0 “Hi-Speed” | USB 3.0 “SuperSpeed” |
|---|---|---|
| Максимальная пропускная способность | 480 Мбит/с | 5 Гбит/с |
| Максимальное электроснабжение | 500 мА @ 5 В (2.5 Вт) | 900 мА @ 5 В (4.5 Вт) |
| Передача данных | Опрос/ Управляемый хостом | Асинхронный / Управляемый устройством |
| Дуплекс | Полудуплекс/ Однонаправленная передача | Двойной симплекс / Раздельные пары проводов для отправки и приема |
| Длина кабеля | 5 м | 3 – 8 м |

Рисунок 2 – Сравнительная таблица характеристик интерфейсов USB 2.0 и USB 3.0

Тем не менее, некоторые характеристики USB интерфейса остаются неизменными:

Топология. Топология многоуровневой звезды позволяет создавать до 5 уровней и, посредством USB – концентраторов (или хабов), подключать до 127 устройств.

Поддержка низких скоростей передачи данных (совместимость с ранними версиями USB)

Поддержка различных способов передачи данных (control, bulk, interrupt, isochronous): первые два из которых не ограничивают ширину канала, в то время как остальные призваны обеспечить заданную пропускную способность.

В отличии от стандарта USB 2.0, который заменил собой USB 1.1, третья версия данного интерфейса не предназначалась для замены уже существовавшего популярного стандарта. Данное решение USB IF нашло свою реализацию в специальной метке - “USB 2.0 compatible”, означавшей возможность подключения устройства к порту USB 2.0, при этом скорость обмена данными будет соответствовать Hi-Speed USB. Устройства, поддерживающие SuperSpeed USB должны иметь соответствующую метку “USB 3.0 compatible”.

Как и в предыдущих стандартах USB, все устройства, подключенные к SuperSpeed USB, разделяют доступную пропускную способность на основе протокола, контролируемого хостом.

Помимо более высоких скоростей передачи данных, SuperSpeed USB обеспечивает новый протокол которые позволяют устройствам передавать большие объемы данных более эффективно.

Основное ограничение, налагаемое соединениями USB 2.0, заключается в том, что они используют механизм опроса для обеспечения связи между хостом и его подключенными устройства. Из-за иерархии хост – устройство, подключенное оборудование не способно отправлять данные самостоятельно. Вместо этого хост-контроллер отправляет запросы к устройствам, так называемые «IN» - токены, через равные промежутки времени. Если устройства имеют данные для отправки на хост, эти данные будут добавлены к токену IN и возвращены. С одной стороны, эта управляемая хостом процедура вызывает задержки, с другой стороны это увеличивает вычислительную нагрузку на ПК

С введением USB 3.0 процедура опроса больше не будет использоваться. Конечные устройства могут отправлять данные самостоятельно, не дожидаясь запрос контроллера хоста. При этом, контроллер может запрашивать данные по-прежнему, но, если устройство не готово отправить данные, оно может сообщить об этом передав пакет «NRDY» (Not Ready). Чтобы сообщить, что передача данных завершена, конечное устройство отправляет пакеты квитирования «Handshake».

Для осуществления работы подключенных устройств применяется контроллер хоста, который в USB 3.0 называется xHCI (от Extended Host Controller Interface) – интерфейс контроллера последовательной шины. Контроллер USB 2.0 называются EHCI, а USB 1.1 - OHCI или UHCI. Таким образом, чипсет материнской платы оснащен контроллером хоста для каждого типа USB-порта, и корневой концентратор USB перенаправляет данные на необходимый хост.

**Обратная совместимость**

Говоря о разъемах стоит отметить, что, как правило, можно подключить кабели USB 2.0 в разъем USB 3.0 – но обратное не всегда верно. Рассмотрим подробно техническую сторону вопроса.

Помимо двух проводов, используемых для питания, Hi-Speed (2.0) USB-кабели также включают в себя витую пару для передачи данных (обозначается как D + / D-). Она используются как дифференциальная шина для передачи данных, чтобы исключить помех. Обычно весь кабель дополнительно экранирован. Данные передается по проводной паре в полудуплексном режиме, т.е. либо в одном направлении, либо в другом.

Для USB SuperSpeed (3.0) так же используются медные провода, но теперь они представляют собой две витых пары, работающих одновременно в режимах приема и передачи. Таким образом в USB 3.0 используется полнодуплексное соединение. В отличие от конструкции Hi-Speed кабеля, пары проводов SuperSpeed USB должны иметь дополнительный экран, чтобы увеличить помеховое сопротивление высокочастотных сигналов.

По соображениям обратной совместимости каждый кабель USB 3.0 имеет как линии для Hi-Speed, так и для SuperSpeed (обозначаемые на практике как SSTX +/- (Transmit – передача) и SSRX +/- (Receive – приём)), что наглядно демонстрируется на рисунке 3.

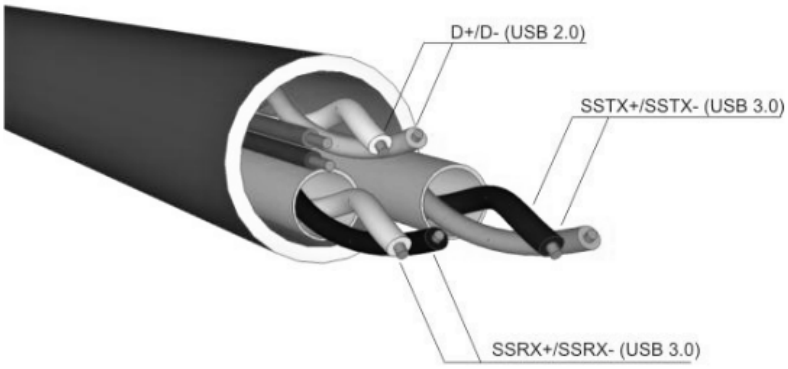



Рисунок 3 – Устройство кабеля USB 3.0

Как и в случае с USB 2.0, спецификация SuperSpeed не указывает максимальную длину кабеля, но необходимо учитывать такие характеристики как затухание, перекрестные помехи и задержки. При использовании обычных материалов, проводной кабель имеет длину до 3 м, в отдельных случаях до 8 м. Длина кабеля равная 20 м достигается при использовании повторителей, равная 100 м - возможна при преобразовании сигнала в оптический и с использованием волоконно-оптических линий.

Спецификация USB 3.0 определяет новые типы соединителей с добавленными контактами для SuperSpeed линий:

– Type-A: разъем и кабель
– Type-B: разъем и кабель
– Powered-B: разъем и кабель
– Micro-B: разъем и кабель
– Micro-A: кабель
– Micro-AB: разъём.

В таблице, изображенной на рисунке 4 показана совместимость разъемов кабелей и разъемов USB 2.0 и 3.0:

| **Разъемы** | | **Совместимые кабели** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **USB 2.0** | **USB 3.0** | **USB 2.0** | | **USB 3.0** | |
| Standard-A | | ✓ | Standard-A | ✓ | Standard-A |
| Standard-B | | ✓ | Standard-B | × | |
| Micro-B | | ✓ | Micro-B | × | |
| Micro-AB | | ✓<br>✓ | Micro-B<br>Micro-A | × | |
| | Standard-A | ✓ | Standard-A | ✓ | Standard-A |
| | Powered-B | ✓ | Standard-B | ✓ | Powered-B |
| | | | | ✓ | Standard-B |
| | Standard-B | ✓ | Standard-B | ✓ | Standard-B |
| | Micro-B | ✓ | Micro-B | ✓ | Micro-B |
| | Micro-AB | ✓ | Micro-B | ✓ | Micro-B |
| | | ✓ | Micro-A | ✓ | Micro-A |

Рисунок 4 – Сравнительная таблица обратной совместимости

USB 3.0 включает в себя следующие стандарты:

Стандарт A (Standard-A): этот тип штекера предназначен для подключения USB-кабеля к хосту (обычно ПК). Штекер Standard-A является единственным разъемом USB 3.0, который механически является идентичным с типом USB 2.0. На рисунке 4 видно, что дополнительные четыре контакта для SuperSpeed линии расположены в ранее неиспользуемой задней части вилки. USB 2.0 и 3.0 A-типа разъемы совместимы. Для легкого различия стандартные разъемы Standard-A для USB 3.0 должны быть отмечены синим цветом.

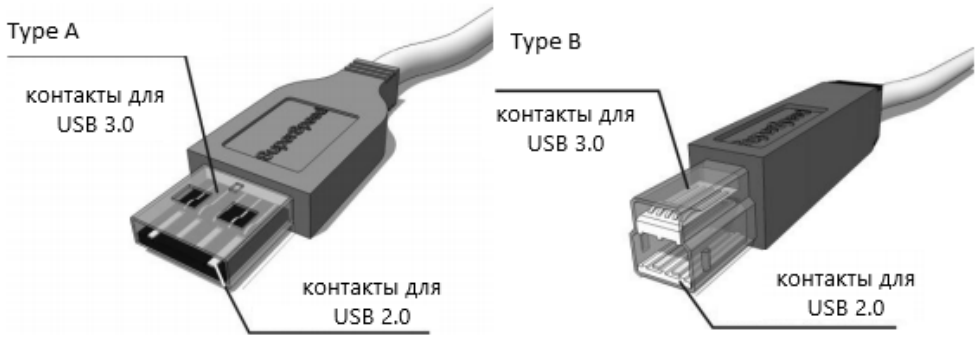



Рисунок 4: Вилки кабелей USB 3.0 SuperSpeed, типы Standard-A и Standard-B

Стандарт B (Standard-B): как и в USB 2.0, разъемы типа B используются для подключения более крупных стационарных устройств, таких как принтеры или внешние жесткие диски. Новая штепсельная вилка USB 3.0 немного выпуклая сверху – это позволяет добавить вторую витую пару SuperSpeed, что в свою очередь делает невозможным использование данного кабеля с разъемом версии 2.0. Устройство вилки представлено на рисунке 4.

Стандарт Powered-B (Powered-B): тип Powered-B является новым в USB 3.0 и механически идентичен Standard-B. Исходя из названия, power в переводе означает питание, можно сделать вывод о предназначении данного типа кабелей. Используя два дополнительных контакта, удается добиться более высокого значения силы тока, вплоть до 1 А. Разъем Power-B может использоваться для управления внешним устройством без отдельного источника питания.

Стандарт Micro-B (Micro-B): этот тип разъема предназначен для подключения небольших устройств, например, цифровой камеры. Конструкция данного типа кабеля не позволяет использовать его с разъемом USB 2.0 (см. рисунок 5), при этом вполне возможно подключить кабель USB 2.0 в разъем USB 3.0

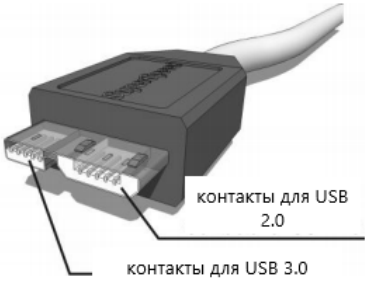



Рисунок 5 – Устройство вилки USB 3.0 Micro-B

Стандарт Micro-AB/Micro-A (Micro-AB/Micro-A): этот тип разъема механически идентичен типу micro-B. Он был разработан исключительно для подключения продуктов, оснащенных интерфейсом USB On-The-Go.

**Заключение**

За последние 20 лет произошла эволюция возможностей устройств, что, в свою очередь, повлияло на развитие интерфейсов, в том числе и USB. Очевидным становится

тот факт, что любое устройство в настоящее время, будь то персональный компьютер, смартфон или медиапроигрыватель, оснащено USB портом. С каждым новым представленным устройством в рамках выставки потребительской электроники MWC можно заметить, что производители оснащают свои продукты все меньшим количеством интерфейсов. Невероятным прогрессом можно считать отказ от всех сторонних портов в ноутбуках американской корпорации Apple, которые используют USB Type – C как для зарядки, так и для подключения периферийных устройств. Следует отметить, что даже такой популярный и востребованный интерфейс, как HDMI (High Definition Media Interface), оказался замещен Type – C. Также в 2017 году удалось совместить возможности, предлагаемые Headphone Jack, с USB, что также упрощает взаимодействие между устройствами.

Обратной стороной унификации интерфейсов и слияния выполняемых различными стандартами функций в USB является невозможность одновременного использования одного порта для разных целей, что, например, в смартфонах имеет огромное влияние на эргономику и удобство использования. Таким образом, возрастающая многозадачность и простота ограничиваются количеством доступных портов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптированная информация о спецификации Official SuperSpeed USB с официального сайта USB IF // http://www.usb.org/developers/docs/.
2. *Агуров П.В.* Интерфейсы USB. Практика использования и программирования // БХВ – Петербург – 2004 г., с. 11-20.
3. *Хульцебош Ю.* USB в электронике // Пер. с нем. – БХВ-Петербург – 2009, с. 15-33.

**Б.П. Борисов, В.С. Волков, К.А. Шимельфених**

## ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ УСТРОЙСТВ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: Устройства хранения данных, память, основное запоминающие устройство съемные носители, перфокарты, магнитные ленты оптические диски, флэш память.

В статье рассмотрены основные этапы развития устройств хранения данных, происходившие изменения внешнего вида, увеличение объёма данных.

**B.P. Borisov, V.S. Volkov, K.A. Schimelfenikh**

# EVOLUTION OF STORAGE DEVICES

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: Storage devices, memory, primary storage device a removable storage media, punched cards, magnetic tapes, optical discs, flash memory

The article describes the main stages of development of storage devices, changes in appearance, increasing the volume of data.

**Введение**

Мы живём в мире цифровых технологий, наша жизнь неразрывно связана с колоссальными объёмами информации. С изобретением компьютеров и различных вычислительных устройств, проблема хранения данных всегда была актуальной. Поскольку компьютеры стали более продвинутыми, размер данных увеличился, таким образом, создавался вечный спрос на увеличение емкости хранения. Современные носители данных отличаются высокой скоростью работы и удобством в использовании. Однако за всем этим стоит длительный эволюционный процесс. Устройства хранения прошли через многое от электронных регистров до ПЗУ, выполненных на кристаллах. На протяжении всего времени технологии улучшались и были направлены на увеличение объема хранения и уменьшения конструктивных параметров. Исторически первыми были устройства, в которых состояние сохранялось в триггере - комбинации из двух и более транзисторов или ранее, электронных ламп. Триггер - электронное, цифровое устройство, которое способно находится в нескольких устойчивых состояниях и чередовать их под действием внешних сигналов. Используются в ОЗУ, а также для хранения данных, но объем их достаточно мал. Каждый компьютер сейчас имеет свое собственное ОЗУ Запоминающее устройство (ЗУ) - устройство, предназначенное для записи и хранения данных, является энергозависимым. Этим она отличается от ПЗУ и жесткого диска. Основная память позволяет компьютеру хранить данные для быстрого манипулирования и отслеживания того, что в данный момент обрабатывается. По сравнению с кэш-памятью ОЗУ обладает гораздо большим объемом, но в то же время, и меньшим быстродействием. В настоящее время микросхемы ОЗУ изготавливаются на основе технологии динамической памяти (DRAM, или Dynamic Random Access Memory). Динамическая память, в отличие от статической, которая используется в кэш-памяти, имеет более простое устройство, и, соответственно ее цена на единицу объема гораздо ниже Постоянное запоминающее устройство, ПЗУ —хранилище, которое хранит данные или их содержимое, независимо от того, выключено ли питание или перемещено ли устройство хранения на другой компьютер. Наиболее часто используемый постоянной памяти компьютера жесткий диск. Начало хранению данных положили перфокарты и магнитные ленты. Самые первые перфокарты применялись еще в 1725 для управления текстильных станков. Например, Джозеф Мари Жаккард использовал перфокарты, чтобы создать автопортрет из шелка. Карты были позже использованы для хранения и поиска информации. Позже в 1890, Герман Холлерит разработал методику для машины, которая

записывает и хранит информацию на перфокартах. До появления электронных компьютеров, существовали механические вычислительные устройства. С помощью перфокарты машины вводили данные в карточку путем пробивки отверстий на каждый столбец один символ. Как только карта была завершена или ключ возврата был нажат, карта технически сохраняла эту информацию. Магнитная лента выглядит следующим образом: тонкая полоска пластика, на которую нанесено магнитночувствительное вещество. Принцип работы заключался в том, что лента наматывалась открытым способом на катушки. Считывание и запись информации происходила при помощи магнитных головок, встроенных в привод бобин. Создателем магнитных накопительных лент был немецкий инженер Фриц Флюмер. Они являлись стандартным решением проблемы мейнфреймов и миникомпьютеров. Также широко применялись в ПК, В плоть до 1990 года, но все же были заменены другими медиа системами. Развитие вычислительной техники привело к появлению съемных дисков для хранения информации. В 1963 году компанией IBM был представлен первый винчестер со съемным диском IBM-1311.Это был набор взаимозаменяемых дисков, каждый такой набор состоял из шести дисков диаметром 14 дюймов, вмещавших до 2Мб информации это, был первый жесткий диск, имеющий в съемном диске пакеты, каждый пакет дисков, содержащий около 2 миллионов символов. Он имел вдвое большую плотность записи, чем предыдущая версия. Компакт-диск впервые появился в 1982 году благодаря совместному проекту Sony и Philips. Оптический диск представляет собой плоский диск, который хранит данные в виде косточки (или шишки) вдоль спирального паза в пределах своей поверхности. Диск, как правило, изготовлен из поликарбоната, имеет антибликовое покрытие. Данные, как правило, используется, когда отражающая поверхность освещается ярким светом, в виде красного или синего лазерного света—отсюда и название оптического диска. Технология работает путем добавления ям (или ударов) к поверхности диска, обычно вдоль одного спирального паза, который может покрыть всю записанную поверхность диска. Информация на диске хранится последовательно на спиральном следе, от внутренней части к внешней части следа. Плотность ям, добавляемых к поверхности, определяет объем данных. Эта емкость дифференцирует между специфическими технологиями диска включая CD, DVD, (используя красные лазерные диоды) и более недавней технологией лазерного диска HD-DVD и Blue-Ray. Оптические диски изначально использовались для хранения музыки и программного обеспечения. Большинство дисковых устройств первого поколения используют инфракрасный лазер в качестве считывающей головки. Минимальный размер лазерного пятна пропорционален длине волны лазера, что делает длину волны одним фактором, ограничивающим информационную плотность. Многие факторы влияют на плотность, кроме минимального размера места-например, многослойный диск, использующий инфракрасное излучение, будет содержать больше данных, чем другой идентичный диск с одним слоем.

Диски первого поколения:

- Компакт диск
- Лазерный диск
- Магнитооптический диск

Оптические диски второго поколения были созданы для хранения больших объемов данных, включая цифровое видео, программное обеспечение, музыку и различные другие формы данных. Эти диски были сделаны так, чтобы пользователи

могли сами записывать данные. Многие, хотя и не все такие диски, используют видимый лазер (обычно красный). Короткая длина волны позволяет более плотному лучу, быть намного меньше. В случае формата DVD это дает возможность хранить 4,7 ГБ на стандартном 12 см, одностороннем однослойном диске.

Диски второго поколения:

- Hi-MD
- DVD-диски
- DVD-Audio
- Digital Video Express (DIVX)
- Супер аудио CD

В настоящее время разрабатываются оптические диски третьего поколения. Они предназначены для хранения видео высокой четкости, игр и других форм данных. Они поддерживают более большие емкости, позволенные при помощи лазеров видимого света короткой-длины волны (сине-фиолетовый для диска Blue-Ray и HD DVD). На практике эффективные возможности для мультимедийных презентаций могут быть значительно улучшены за счет использования улучшенных алгоритмов сжатия видеоданных, таких как MPEG-4.

Диски третьего поколения:

- Blue-Ray диск
- HD DVD диск

**Флэш-память**

Прогресс в электронных приборах позволил создать флэш-память. Флэш-память- это энергонезависимая микросхема памяти, используемая для хранения и передачи данных между персональным компьютером (ПК) и цифровыми устройствами. Флэш-память была впервые представлена в 1980 году и разработана Фудзио Масуока, изобретателем и менеджером завода в Toshiba Corporation. Основным компонентом в флэш памяти является транзистор с плавающим затвором, который является разновидностью МОП-транзисторов. Его отличие в том, что у него есть дополнительный затвор (плавающий), расположенный между управляющим затвором и p-слоем. Плавающий затвор изолирован и хранимый в нём отрицательный заряд будет оставаться надолго. Более новые конструкции флэш-память могли хранить больше, чем один бит данных в секунду. Существует два основных типа флэш-памяти. Хотя они используют одну и ту же базовую технологию, способ их чтения и письма немного отличается. NAND чаще всего применяется для USB флэш накопителей, карт памяти, SSD. NOR в свою очередь во встраиваемых системах. Как и в любой технологии, есть различные преимущества и недостатки. Все это необходимо учитывать при определении оптимального типа используемой памяти. Преимущества: Энергонезависимая память, портативность. Недостатки: медленнее, чем другие формы памяти, ограниченное количество циклов записи / стирания, данные должны быть удалены, прежде чем новые данные могут быть записаны, данные обычно стираются и записываются в блоки. В конце 90-ых возникла необходимость в создании накопителя, который по объёму и надёжности превосходил бы дискеты. Накопители Iomega Zip так и не смогли стать стандартом. Высокой цены и низкой надёжности были миниатюрные жёсткие диски Microdrive. Со временем компакт диски, которые позволяли хранить большой объём информации

вытеснили накопители на гибких магнитных дисках, но для их чтения необходим был оптический привод. В итоге самым популярным способом хранения и переноса информации были признаны накопители, подключаемые интерфейсу USB с флэш-памятью типа NAND. Картридер или дополнительный привод этим накопителям был не нужен. Тем самым, они завоевали первенство среди накопителей.

**Заключение**

Компьютерное оборудование продолжает совершенствоваться, становится более производительным, портативным и удобным, изменяются и носители информации. Но с развитием облачных технологий и повсеместного высокоскоростного доступа к Интернету сама потребность в съемном локальном хранилище уменьшилась. Теперь вместо того, чтобы архивировать данные на внешний картридж, диск или карту, мы можем просто загрузить его в облако и получить доступ к нему в любом месте.

Конечно, это не устраняет необходимости в хорошей стратегии резервного копирования. Важно сохранять важные файлы в безопасности с помощью локального архива или резервной копии. Для этого съемные носители, такие как SD-карты и перезаписываемые DVD-диски и даже внешние жесткие диски, могут продолжать играть важную роль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Г. «Дисковые накопители информации»,«Компьютеры Днепропетровска», №19 (1999)
2. Информационные технологии. О.Л.Голицына, Н.В.Максимов, Т.Л Партыка, И.И.Попов / М; изд.: «Форум» Инфра— М; 2006, с 5-15.
3. *Кузьмин А.В.* Flash-память и другие современные носители информации // Горячая линия Телеком –2005, с 95-115

**А.В. Бородин, П.В. Явтушенко**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: пьезлоэлементы, пьезокерамика, пьезоэлектрические трансформаторы.

В статье рассмотрена возможность использования пьезокерамических материалов при создании пьезоэлектрических трансформаторов, рассмотрены перспективы пьезоэлектроники.

**A.V. Borodin, P.V. Yavtushenko**

## USE OF POLYCRYSTALLINE MATERIALS FOR DEVELOPING PIEZOELETRIC TRANSFORMERS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: piezoelectric elements, ceramic piezoelectric, piezoelectric transformers.

The work considers the possibility to use piezoelectric materials at developing piezoelectric transformers. Some future trends of piezoelectronics are examined.

Электромеханические системы, в которых используются различные типы пьезоэлектрических преобразователей, уже давно широко применяют для проведения научных исследований и в современной технике (сейсмоприемники, преобразователи ультразвуковой дефектоскопии, элементы систем подводной эхолокации, датчики давления и др.). В настоящее время проводятся работы по созданию новых элементов: пьезоэлектрических фильтров для широкого диапазона частот с возможным электрическим управлением их параметров, пьезоэлектрических трансформаторов (резонансных и широкополосных), запоминающих устройств, а также модуляторов, умножителей частоты и др.

Элементы пьезоэлектроники – это компактные монолитные конструкции, обладающие высокой надежностью, которая включает в себя устойчивость к механическим перегрузкам, радиационную стойкость, временную и температурную стабильность, долговечность и возможность противостоять электрическим перегрузкам. Для их производства не требуется уникального дорогостоящего оборудования и на основе единого технологического процесса можно осуществить выпуск большого количества пьзоэлементов с самыми различными параметрами. При использовании их в радиоэлектронной аппаратуре можно не только разрабатывать новые устройства, но и существенно улучшать параметры выпускаемых изделий. Например, если максимальный КПД пьезоэлектрических трансформаторов раньше не превышал 80-90 %, то теперь он увеличен уже до 90-99 % и в некоторых случаях превышает КПД электромагнитных трансформаторов.

Элементы пьезоэлектроники изготавливают как из монокристаллических, так и из керамических (поликристаллических) материалов. Природные пьезоэлектрические материалы имеют достаточно высокую стоимость. В связи с этим потребности быстро развивающейся электроники в настоящее время удовлетворяются синтетическими пьезоэлектрическими монокристаллами, которые выращиваются в специальных установках. Пьезоэлектрические свойства таких кристаллов с достаточно высокой

повторяемостью можно задавать путем композиции входящих в него компонентов. Выращенные кристаллы определенным образом режутся на пластины, некоторые (сегнетоэлектрики) поляризуются, и из них путем шлифования и нанесения электродов изготавливаются пьезоэлектрические элементы. Благодаря низкой стоимости и возможности синтеза материалов с различными свойствами всё шире используются в современной аппаратуре керамические пьезоэлементы, вытесняя монокристаллические. Керамические пьезоэлементы можно изготовить различных размеров и конфигураций с любым направлением поляризации частей пьезоэлемента, причем по единой технологии можно получить как однослойные, так и многослойные конструкции. По физическим свойствам пьезоэлектрическая керамика (пьезокерамика) это поликристаллический сегнетоэлектрик, представляющий собой химическое соединение или твердый раствор (порошок) зерен (кристаллитов). По химическому составу это сложный оксид, включающий ионы двухвалентного свинца или бария, а также ионы четырехвалентного титана или циркония.

Путем изменения основного соотношения исходных материалов и введения добавок синтезируют разные составы пьезокерамики, обладающие определенными электрофизическими и пьезоэлектрическими характеристиками. Наибольшее распространение получила группа пьезокерамических материалов типа ЦТС (цирконата-титаната свинца). Вместе с тем используется керамика на основе титаната бария (ТБ) и титаната свинца (ТС). Перспективно также использование составов на основе ниобата натрия и ниобата лития. Эти составы в отличие от ЦТС не содержат вредных для здоровья человека свинецсодержащих компонентов [1,2]. В последние годы разрабатываются новые пьезокерамические материалы со свойствами, позволяющими в некоторых случаях использовать их вместо более дорогостоящих пьезоэлектрических кристаллов. В частности, разработана и производится группа материалов на основе ниобата свинца, которая уже нашла практическое применение благодаря возможности ее использования в диапазоне частот до 30 и более МГц. Значительные исследования проводятся по созданию пьезокерамических композитных материалов, а также многослойной керамики. Современные пьезоэлектрические материалы по коэффициенту электромеханической связи $k_p$, механической добротности Qм, тангенсу угла диэлектрических потерь tgδ, диэлектрической проницаемости ε и температурному коэффициенту частоты (ТКЧ) могут удовлетворить требованиям широкого класса пьезэлектроники.

Пьезоэлектрические трансформаторы заслуживают внимания разработчиков электронного оборудования прежде всего тем, что на их основе возможна разработка малогабаритных вторичных источников питания. В связи с миниатюризацией радиоэлектронной аппаратуры, широким использованием интегральных схем особенно важной является проблема уменьшения размеров и массы вторичных источников питания. Одним из способов решения данной проблемы является увеличение частоты преобразователей. Что позволяет уменьшить размеры трансформаторов и фильтров. Это, в свою очередь, требует создания трансформаторов тока и напряжения, которые с высоким КПД могли бы работать на частотах до 1 МГц. На этих частотах с высоким КПД могут работать пьезоэлектрические трансформаторы. [3]

Пьезоэлектрический трансформатор (ПТ) является электрическим многополюсником. Он представляет собой твердое тело из пьезоэлектрического материала, преимущественно пьезокерамического, расположенное в корпусе для защиты

от внешних воздействий. На его поверхности нанесено не менее трех электродов, которые с помощью выводов подключены к внешней электрической цепи. Пьезоэлектрические трансформаторы выполняют различные функции. Они могут преобразовывать сопротивление цепи, усиливать сигнал по напряжению или току, инвертировать фазу входного сигнала. Пьезоэлектрический трансформатор состоит из возбудителя и генератора. При подаче на возбудитель переменного электрического сигнала в нем за счет обратного пьезоэффекта возникают механические колебания с частотой приложенного электрического поля. Механические колебания возбудителя, распространяясь в пьезоэлементе, передаются на генератор, и на электродах генератора за счет прямого пьезоэффекта появляется электрический сигнал. Таким образом, с помощью двойного преобразования электрической энергии в механическую и наоборот энергия передается со входа на выход ПТ. Так как возбудитель механически связан с генератором, то в ПТ отсутствует гальваническая, а также и электрическая связь между входом и выходом.

Пьезоэлектрический трансформатор представляет собой электромеханический резонатор. Амплитуда механических колебания электромеханического резонатора, а следовательно и передача энергии от возбудителя к генератору ПТ, зависит от частоты. При совпадении частоты электрического сигнала возбуждения с собственными частотами механических резонансов в электромеханическом резонаторе происходит многократное наложение акустических волн, в результате чего в пьезоэлементе устанавливаются волны большой амплитуды. При этом на частотах механических резонансов осуществляется наиболее эффективная передача энергии от ПТ к нагрузке. Чтобы изменить рабочую частоту или частоты ПТ, необходимо изменить его размеры.

Перспективным направлением использования пьезотрансформаторов является их применение в силовых устройствах. На рынке появились современные устройства, которые используют не традиционные однослойные пьезотрансформаторы, а многослойные трансформаторы. Примерами этого могут служить дисплеи обратного свечения на жидких кристаллах и системы управления холодным катодом флуоресцентного освещения. В качестве достоинств многослойных пьезотрансформаторов по сравнению с традиционными можно отметить их малый размер (особенно толщина) и меньшее потребление энергии.

Пьезотрансформаторы находят все более широкое применение, например, они используются в генераторах высокого напряжения (преобразователях) для газоразрядных и люминесцентных ламп, для подсветки жидкокристаллических экранов ноутбуков и мониторов. Существует большая вероятность использования пьезотрансформаторов в перспективных телевизионных и компьютерных дисплеях. Уже отработаны прототипы таких дисплеев, которые получили название ПЭД — Полевые Эмиссионные Дисплеи. Это плоские панельные дисплеи, имеющие более высокую разрешающую способность и четкость изображения по сравнению с современными. Однако уже сейчас разрабатывается новое поколение экранов с немерцающим изображением, для питания которых также предусматривается использование многослойных пьезокерамических трансформаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Резниченко Л.А., Шилкина Л.А., Разумовская О.Н., Дудкина С.И., Гагарина Е.С., Бородин А.В.* Диэлектрические и пьезоэлектрические свойства твердых растворов на основе ниобата натрия. // Неорганические материалы. - 2003, т.39, №2, с.187-199.
2. *Ситало Е.И., Раевский И.П., Захаров Ю.Н., Лутохин А.Г., Раевская С.И., Малицкая М.А., Захарченко И.Н., Кубрин С.П.* Пьезоэлектрические и диэлектрические свойства сегнетокерамики(1-x)$PbFe_{1/2}Nb_{1/2}O_3$-x$PbTiO_3$, модифицированной литием. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения/ М.: МИРЭА, 2011, т. 11, №2, с. 92-95.
3. *Карташев И.А., Марченко Н.Б.* Пьезоэлектрические трансформаторы тока. // Киев. – Техніка, 1978. - 176 с.

**В.А. Бутенко, С.С. Махров**

## ОБЗОР МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЛИЦ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

**Ключевые слова:** методы распознавания человеческих лиц, метод гибкого сравнения на графах, нейросетевое распознавание, метод главных компонент.

В работе произведен обзор наиболее эффективных и известных методов распознавания человеческих лиц, рассмотрены алгоритмы распознавания и принципы функционирования. Приведены недостатки методов, которые используются в системах машинного зрения. Сделан вывод о наиболее эффективном методе.

**V.A. Butenko, S.S. Makhrov**

## THE REVIEW OF FACE RECOGNITION METHODS

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: methods of face recognition, method of flexible comparison in graphs, neural network recognition, principal component analysis

The most efficient and well-known methods, their algorithms and principles are reviewed in this article. The weakness of methods of computer vision have been analyzed. Has been made a conclusion about the most efficient method.

Интерес к процессам обнаружения и распознавания лиц всегда был значительным, особенно учитывая повсеместное использование фото- и видеосервисов. И одной из ключевых возможностей использования фото- видео- данных является распознавание лиц для различных потребностей: в системах обеспечения и контроля безопасности, для верификация кредитных карточек, криминалистическая экспертиза и т.д. Однако, несмотря на то, что мозг человека достаточно легко идентифицирует лица людей, создание и реализация алгоритмов для машинного обучения этой задаче является нетривиальной, в том числе декодирование и хранение цифровых изображений лиц.

Соответственно, для решения задачи было создано множество алгоритмов компьютерного зрения, которые способны идентифицировать образы в целом и человеческие лица – в частности. Целью данной статьи является обзор 3 самых известных подходов к распознаванию лиц, а также выявления наиболее эффективного из них. Для этого необходимо решить ряд задач по анализу алгоритмов распознавания и принципов их функционирования, выявлению достоинств и недостатков. Для решения задач было решено воспользоваться теоретическими методами, которые были подтверждены эмпирически.

**Метод гибкого сравнения на графах**

Данный метод можно отнести к методам перебора. Сущность этого рода методов сводится к наличию базы, в которой представлены различные модификации изображения для каждого объекта. И при появлении нового объекта происходит его сравнение с существующей базой.

В базе каждое лицо представлено в виде гибких графов. Его вершины – контуры головы, губ, носы и пр. - отмечены крупномасштабными точками по отношению к местному спектру мощности, а ребра — как геометрические векторы расстояния (рис.1) В вершинах графа вычисляются значения признаков, чаще всего используют комплексные значения фильтров Габора. Относительно каждого узла указывается Евклидово расстояние до других узлов. Таким образом, алгоритм состоит из последовательности выделения лица, выделения характерных точек лица и идентификации лица [1]

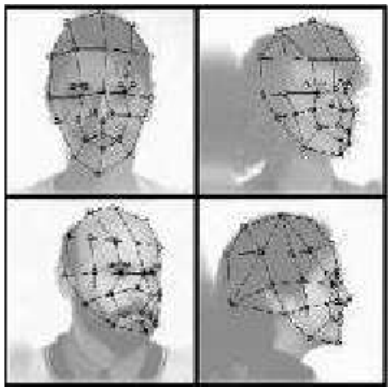


Рисунок 1. Гибкие графы

Для выделения лица рассчитывается предполагаемое расположение головы, для чего по всей обучающей выборке вычисляется усредненный граф. Его параметры – расстояние между крайними точками и усредненными значениями признаков в каждой вершине. Далее граф накладывается на входное изображение и в точках наложения графа

вычисляется признаки. Позиция, у которой суммарное различие в признаках с усредненным графом будет минимальна, и будет являться предполагаемым лицом.

При выделении наиболее характерных точек лица необходимо определить соответствующий масштаб графа, который будет подходить лицу на входном изображении.

Далее вершины графа подстраиваются под соответствующие части лица, то есть происходит гибкое сравнение признаков. [2] Для этого формируется словарь масштабов – мера отличий усредненного графа от остальных возможных графов, которые соответствуют уже распознанным изображениям с разными масштабами. Для этого необходимо вычислить значение отклика:

$$O(G) = \sum_{m \in G} \left\| W_{m,j} - I_{m,j} \right\| + u_m \sum_{n \in G-m} \left\| v_{mn} - e_{mn} \right\|, \quad (1)$$

где $W_{m,j}$ - признак усредненного графа в узле $m$, $I_{m,j}$ - признак возможного графа, $v_{mn}$ - расстояние между узлами $m$ и $n$ на усредненном графе, $e_{mn}$ - расстояние между узлами m и n для возможного графа.

Далее масштаб усредненного графа последовательно изменятся и накладываются на выделенную ранее область входного изображения. В результате получается граф $Gref \times s_T$.

Для всей выборки изображений и каждому соответствующему графу $G_i$ вычисляется масштаб, который будет с наименьшим отклонением этих изображений от $Gref \times s_T$:

$$r_i = \arg\min_{s_T} [O(G_i) - O(Gref \times s_T)] \quad (2)$$

Для $r_i$ строится плотность распределения вероятностей. За наиболее соответствующий масштаб принимается ее максимум $t_{opt}$, после чего происходит гибкое сравнение признаков.

После преобразования масштабов на выходе получаются общие положения характерных точек лица. Эти позиции используются в качестве входных данных для поиска точных позиций. Рассчитывается начальный отклик:

$$O_{norm}(G) = \sum_{m \in G} \left\| W_{m,j} - I_{m,j \times s_{opt}} \right\| + u_m \sum_{n \in G-m} \left\| v_{mn} - \frac{e_{mn}}{s_{opt}} \right\| \quad (3)$$

Признаки Габора и Евклидово расстояние в уравнении нормализуются на $s_{opt}$ для масштаба лица. Путем сдвига вершин рассчитывается новый граф и вновь вычисляется отклик сети (рис.2). Если отклик меньше начального отклика, то данный граф становится новым графом гипотез. Случайный диффузионный процесс используется при гибком

сравнении графов на всех итерациях, а значение $u_m$ в уравнении равномерно убывает при сравнении графов и рассчитывается как

$$u_m(t) = u_{ini}\left(\frac{u_{fin}}{u_{ini}}\right)^{\frac{t}{t_{\max}}}, \qquad (4);$$

где $u_{ini}$ - изменение положения вершины на начальном этапе процесса сравнения; $u_{fin}$ изменение положения вершины на конечном этапе; t - текущий номер шага; $t_{\max}$ - общее число шагов.

При подаче на вход незнакомого лица извлекаются характерные точки лиц, поскольку в качестве эталонного графа используется усредненный шаблон. При использовании пространственных взаимосвязей данный метод может работать также с изображениями, на которых лица изменены с помощью очков или различных аксессуаров.

Идентификация лица осуществляется посредством сопоставления рассчитанного графа с рассчитанными ранее графами из базы [3]. Для этого рассчитывается отклик $O_{norm}$. В качестве $W_{m,j}$ и $v_{mn}$ берутся соответственно признаки и расстояния между вершинами графов базовых изображений. Шаблон с наименьшим откликом сети будет соответствовать человеку на входном изображении. Отклик сравнивается с пороговым значением, и если он меньше. То идентификация считается успешной.

К преимуществам данного метода можно отнести инвариантность к масштабу и освещению, частичному заслонению, фону. К недостаткам - низкая инвариантность к выражению лица и положению головы в пространстве, высокая вычислительная сложность процедуры распознавания, линейная зависимость времени работы от размера базы данных лиц, низкая технологичность при запоминании новых эталонов.

Рисунок 2. Деформация графов

В отдельных публикациях указывается 95–97% эффективность распознавания даже при наличии различных эмоциональных выражений и изменении ракурса лица до 15 градусов [4]

**Искусственные нейронные сети.**

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма.

Идея создания ИНС возникла еще в 40-е годы XX века с появлением нейрона МакКалока – Питтса, однако научно-технические решения, которые могли раскрыть потенциал ИНС, стали создаваться только в 80-е, с появлением возможностей машинной реализации.

ИНС состоит из нейронов – вычислительных единиц, которые получают информацию на входе, обрабатывают её и передают дальше на выход. Нейроны могут быть входными, скрытыми или выходными (рис. 3).

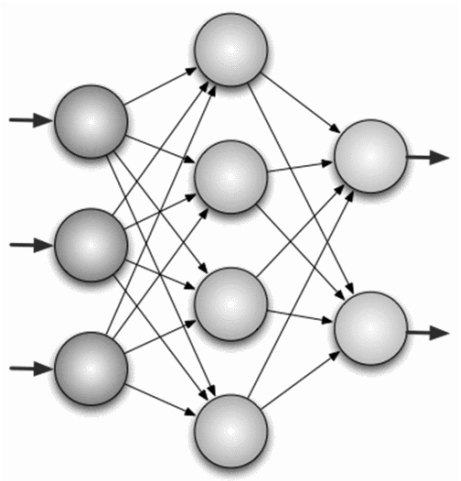


Рисунок 3. Виды нейронов, слева направо: входные, скрытые, выходные

Математически нейрон – это взвешенный сумматор, единственный выход которого определяется через его входы и матрицу весов следующим образом:

$$y = f(u), \text{где } u = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i + w_0 x_0 \quad (5)$$

Здесь $x_i$ и $w_i$ — соответственно сигналы на входах нейрона и веса входов, функция u называется индуцированным локальным полем, а f(u) — передаточной функцией. Возможные значения сигналов на входах нейрона считают заданными в интервале [0,1]. Они могут быть либо дискретными (0 или 1), либо аналоговыми. Дополнительный вход $x_0$ и соответствующий ему вес $w_0$ используются для инициализации нейрона. Под инициализацией подразумевается смещение активационной функции нейрона по горизонтальной оси, то есть формирование порога чувствительности нейрона. Кроме того, иногда к выходу нейрона специально добавляют некую случайную величину, называемую сдвигом. Сдвиг можно рассматривать как сигнал на дополнительном, всегда нагруженном, синапсе. Передаточная функция нейрона *f(u)* определяет зависимость сигнала на выходе нейрона от взвешенной суммы сигналов на его входах. В большинстве случаев она является монотонно возрастающей и имеет область значений [-1,1] или [0,1]. Искусственный нейрон полностью характеризуется своей передаточной функцией. Использование различных передаточных функций позволяет вносить нелинейность в работу нейрона и в целом нейронной сети. Передаточных функций (функций активации) достаточно много, поэтому чаще всего используются Линейная функция, Сигмоид (Логистическая) и Гиперболический тангенс. Главные их отличия — это диапазон значений.

Сами нейроны связаны между собой синапсами, которые имеют вес, что позволяет изменять информацию при передаче информации между нейронами. Для нейрона доминирующей информацией будет та, которая будет иметь наибольший синаптический вес на входе. Однако, при инициализации сети веса расставляются в случайном порядке [5].

При достаточно большом количестве нейронов принято оперировать понятием «слой». Таким образом, слои подразделяются на входной (для получения информации), далее следует n скрытых слоев (для обработки поступившей информации) и выходной слой для вывода результата. Таким образом формируется искусственная нейронная сеть.

Классическим примером ИНС является полносвязная нейросеть (ПНС), обучаемая по методу обратного распространения ошибки. Суть сводится к связи нейронов «каждый-с-каждым», сигнал со входных нейронов идет только в направлении к выходным без каких-либо рекурсий. Как правило, при анализе изображения (например, 28x28) на вход данные подаются в виде одномерного вектора, т.е., количество входов будет равняться 784. Для эффективного распознавания образов нейрона сеть должна быть многослойной, а количество нейронов в скрытом слое должно на порядок превышать количество входов. Соответственно, при двуслойной реализации количество нейронов будет порядка 10000 на первом слое и порядка 5000 – на втором слое (рис. 4).

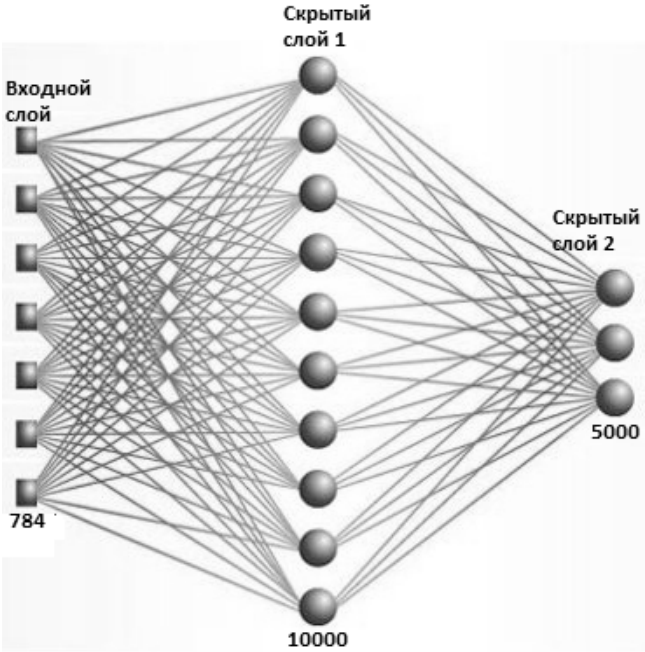



Рисунок 4. Полносвязная нейронная сеть

Если предположить, что количество выходов будет равно 10, то общее количество связей ≈ 10 000 000 (между входами и первым слоем) + 50 000 000 (между первым и вторым скрытыми слоями) + 50 000 (между вторым слоем и выходом) ≈ 60 000 000 связей. следует отметить, что связи обучаемы и настраиваемые, то есть при обучении для каждой вычисляется градиент ошибки. Очевидно, что такой подход очень требователен к ресурсам, а также мало инвариантен и неустойчив к сдвигам, что подтвердилось эмпирически.

Решение основных проблем предложил Ян ЛеКун в 1988 г., создав одну из первых архитектур сверточных сетей - LeNet-5, и доказав на её примере высокую

эффективность сверточных архитектур. LeNet-5 положило начало развитию сверточных нейронных сетей [6]. Суть сводится к использованию операции свертки, которая позволяет выделять признаки во входных образах инвариантно к искажениям. Архитектура проектируется путем построения сверточных слоев (C-layers, Convolutional), субдискретизирующих слоев (S-layers, Subsampling) и наличии полносвязных (F-layers) слоев на выходе (рис.5).

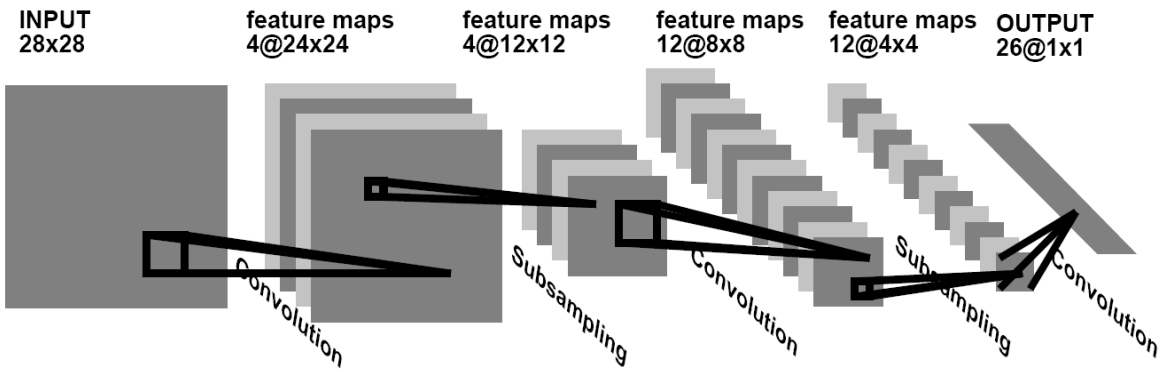



Рисунок 5. Сверточная нейронная сеть

На входной слой нейронной сети подается двумерное изображение X и используется дискретная двумерная свертка с ядром W:

$$s_{(i,\,j)} = (x * w)_{(i,\,j)} = \sum_m \sum_n x_{(m,\,n)} * w_{(i-m,\,j-n)} \qquad (6)$$

В отличие от ПНС, на вход подается не вектор, а матрица, а применение операции свертки позволяет сохранить топологию образа и характеризующих его признаков от слоя к слою. Кроме того, используется принцип разделяемых весов, что снижает общее количество синаптических связей. С уменьшением количества синаптических связей, уменьшаются затраты вычислительных ресурсов. Синаптические веса представляются в виде матриц, называемых ядрами.

Сверточный слой (рис. 6) включает в себя свой фильтр для каждого канала, который имеет ядро свертки. Ядро обрабатывает предыдущий слой по фрагментам, для каждого суммируя результаты матричного произведения. Сумма будет являться пикселом выходного изображения и называется картой признаков. При этом весовые коэффициенты ядра свертки устанавливаются в процессе обучения.

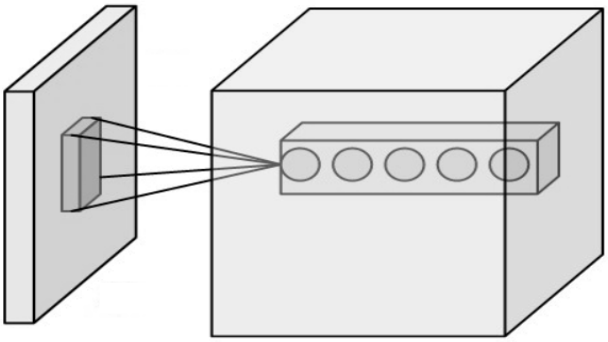


Рисунок 6. Операция свертки

Как правило, далее следует слой субдискретизации, то есть происходит пространственное уменьшение размера изображения (рис.7). Здесь входное изображение уменьшается в заданное количество раз. Суть сего процесса – в обеспечении инвариантности к масштабу, и выглядит он, как на рисунке.

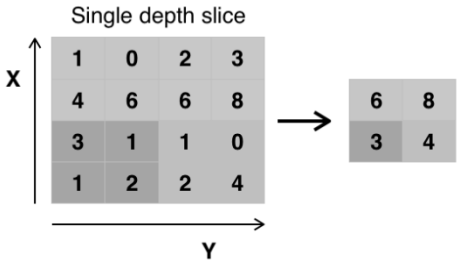



Рисунок 7. Субдискретизация

Обычно эти слои чередуются, и после их прохождения карта признаков вырождается в вектор или скаляр, однако таких карт признаков становится сотни, и они подаются на один-два слоя полносвязной сети. Выходной слой может иметь различные функции активации, наиболее эффективной является функция SoftMax [7].

Как и ПНС, сверточную нейронную сеть требуется обучать, соответственно, к недостаткам ИНС как метода распознавания человеческих лиц можно отнести необходимость полного переобучения сети на всем имеющемся наборе при необходимости добавить в память новое лицо (достаточно длительная процедура, в зависимости от размера выборки от 1 часа до нескольких дней). Также имеются проблемы математического характера, связанные с обучением: попадание в локальный оптимум, выбор оптимального шага оптимизации, переобучение и т. д. К недостаткам также можно отнести трудно формализуемый этап выбора архитектуры сети (количество нейронов, слоев, характер связей. [8]

**Метод главных компонент и линейно-дискриминантный анализ Фишера**

Метод главных компонент (principal component analysis, PCA) на сегодняшний день в таких областях, как сжатие информации, компьютерное зрение, системы распознавания образов и пр. PCA – один из основных способов уменьшить размерность данных, потеряв при этом минимум информации. [9]

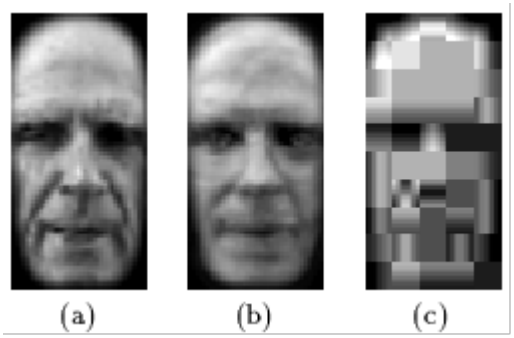



Рисунок 8 a) Выровненное изображение лица, b) реконструкция по 85-и главным компонентам, c) JPEG - реконструкция (530 байт)

Математическая суть – в ортогональном преобразовании входного вектора X размерности $N$ в выходной вектор $Y$ размерности $M$, где $N < M$. При этом компоненты вектора $Y$ являются некоррелированными и общая дисперсия после преобразования остаётся неизменной. Матрица $X$ состоит из всех изображений обучающей выборки. Для получения матрицы собственных векторов $\Phi$ необходимо решить уравнение $\Lambda = \Phi^{T} \sum \Phi$, где $\sum$ – ковариационная матрица для $X$, а $\Lambda$ – диагональная матрица собственных чисел. Выбрав из $\Phi$ подматрицу $\Phi_{M}$, соответствующую $M$ наибольшим собственным числам, получим, что преобразование $y = \Phi_M^T \tilde{x}$ (7), где $\tilde{x} = x * \bar{x}$ – нормализованный вектор с нулевым математическим ожиданием, характеризует большую часть общей дисперсии и отражает наиболее существенные изменения $X$. Выбор первых $M$ главных компонент разбивает векторное пространство на главное (собственное) пространство $y = \Phi_M^T \tilde{x}$ $F = \{\Phi_i\}_{i=1}^{M}$, (8), содержащее главные компоненты, и его ортогональное дополнение $\overline{F} = \{\Phi_i\}_{i=m+1}^{N}$, (9).

На практике входные вектора представляют собой отцентрированные и приведённые к единому масштабу изображения лиц. Собственные вектора, вычисленные для всего набора изображений лиц, называются собственными лицами (eigenfaces). С помощью вычисленных ранее матриц входное изображение разлагается на набор линейных коэффициентов, называемых главными компонентами. Сумма главных компонент, умноженных на соответствующие собственные вектора, является реконструкцией изображения (рис.8) [10].

Для каждого изображения происходит вычисление его главных компонент. Далее компоненты сортируются в порядке убывания и берется от 5 до 200 главных компонент. Остальные компоненты не являются существенными, поскольку несут в себе лишь мелкие различия между лицами и шум. Для распознавания необходимо в какой-либо метрике (обычно используется Евклидово расстояние) сравнить главные компоненты неизвестного изображения с компонентами уже обработанных изображений, сгруппированных в кластеры в собственном пространстве. Далее из тренировочной выборки отбираются изображения, имеющие наименьшее расстояние от входного (неизвестного) изображения. Также для оценки схожести изображений можно использовать метрику Махаланобиса или Гауссовского распределения. При этом для учета различных ракурсов желательно использовать многомодальное распределение изображений в собственном пространстве. Для повышения вероятности распознавания желательно использовать МГК по отношению к различным частям лица.

Однако данный метод имеет ряд существенных недостатков. В частности, при изменении угла обзора этот метод начинает реагировать непосредственно на изменение ракурса, а не на межклассовые отличия, поскольку собственные вектора становятся всё менее похожими на лица.

Классы при этом больше не являются кластерами в собственном пространстве. Решение – добавление в выборку изображений в различных ракурсах, но при этом вектора начинают терять лицеподобную форму. Однако аналогичные трудности имеют место и при изменении условий освещения, при смене прически объекта или выражении эмоций. Таким образом, помимо высокой трудоемкости получения собственных векторов, при использовании данного метода имеются повышенные требования к условиям съемки

изображений: полученная выборка должна отличаться высокой стандартизированностью, то есть объект должен быть в одном масштабе, под одним ракурсом и хорошо освещен.

В ряде случаев, основываясь на линейной разделимости классов, возможно применить линейный дискриминантный анализ Фишера (LDA, Linear Discriminant Analysis), который выбирает проекцию пространства изображений на пространство признаков с минимизацией внутриклассового расстояния и максимизации межклассового (рис.9) [11].

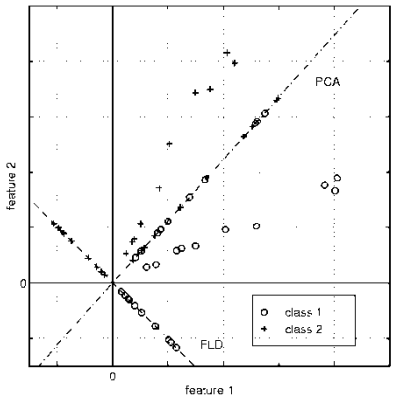



Рисунок 9. Проекция в пространство характеристик для двух классов Методом Главных Компонент и Линейного Дискриминантного Анализа.

Матрица W для проецирования пространства изображения на пространство признаков выбирается из условия: $W_{opt} = arg\,max_w \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_w W|}$ , (10), где $S_B$ – матрица межклассовой дисперсии, $S_w$ – матрица внутриклассовой дисперсии. Может существовать до *c-1* векторов, составляющих базис пространства признаков, где *c* – общее число классов. С помощью этих векторов пространство изображений переводится в пространство признаков. Поскольку из-за размерности матрицы $S_w \in R^{n*n}$ работа с ней затруднительна, ее размерность уменьшают с помощью метода главных компонент, а дальнейшие вычисления проходят в пространстве меньшей размерности: $W_{fid} = arg\,max_w \frac{|W^T W_{pca}^T S_B W_{pca} W|}{|W^T W_{pca}^T S_w W_{pca} W|}$ , (11), где *Wpca* – матрица для проецирования в пространство меньшей размерности (пространство главных компонент).

По сравнению с методом главных компонент, точность распознавания увеличилась до 96% для широкого диапазона условий: разная освещенность, при различных выражениях лица, при наличии или отсутствии очков и иных предметов. Однако из-за высокой требовательности к вычислительной мощности, данный метод трудно применим к обширным базам данных. Кроме того, эффективность метода снижается при разном сочетании факторов, например, при разном уровне освещенности и изменении ракурса, при наличии головного убора и выражении эмоций на лице, и т.д. [12]

Суммируя, LDA ищет проекцию данных, при которой классы являются максимально линейно сепарабельны (см. рисунок выше). Для сравнения PCA ищет такую проекцию данных, при которой будет максимизирован разброс по всей базе данных лиц (без учета классов). По результатам экспериментов в условиях сильного бакового и нижнего затенения изображений лиц Fisherface показал 95% эффективность по сравнению с 53% Eigenface. [13]

Таким образом, основной недостаток методов PCA и LDA заключается в способности выделения только линейных зависимостей, в отличие от нейронных сетей, которые способны также находить и нелинейные зависимости.

**Обсуждение результатов исследований**

В данной статье были рассмотрены разные методы по распознаванию человеческих лиц. Для оценки результативности разных подходов к распознаванию человеческих лиц следует обратиться к статистике.

С целью оценки эффективности алгоритмов распознавания лиц на основе метода PCA и его мордификаций агентство DARPA (агенство перспективных технологий министерства обороны США) и исследовательская лаборатория армии США разработали программу FERET (facial recognition technology). [14] В масштабных тестах программы FERET принимали участие алгоритмы, основанные на гибком сравнении на графах и всевозможные модификации метода главных компонент (PCA, LDA и подобные). Эффективность всех алгоритмов этого рода оказалась примерно одинаковой. Так, точность распознавания фронтальных изображений, сделанных в один и тот же день, длстигает уровня 95%. Однако при изменении условий освещения на изображениях, сделанных разными аппаратами, эффективность находится на уровне 80%, а для изображений, сделанных с разницей в год, точность снижается до 50%, что также достаточно приемлемо для систем, основанных на данном алгоритме.

Исследования, проведенные в Калифорнийском институте технологий (California Institute of Technology, Caltech), [15] были основаны на серии фотографий 87 человек. Фотографии были сделаны под различными углами при разных световых условиях, с различными эмоциями на лицах. Также в выборку были добавлены фотографии, на которых отсутствовали лица (пейзажи, офисная техника). В среднем, из каждых 14 объектов на фотографиях 13 были распознаны верно, в то время, как оставшиеся объекты были верно распознаны со второго раза. Общая правильность распознавания составила порядка 93%. Позднее количество стало составлять менее 5%,что повысило точность распознавания.

Длительное время различные методы распознавания совершенствовались, как совершенствовались и вычислительные системы. Однако революция в машинном зрении назревала на протяжении многих лет. Поворотным пунктом стал 2012 год, когда исследователи искусственного интеллекта из Университета Торонто под руководством Яна Лекуна выиграли конкурс ImageNet – ежегодный конкурс по распознаванию базы данных изображений, в которые входят различные по содержанию классы: птицы, животные, и пр., в том числе и люди . [16] В конкурсе победила система, которая точнее других идентифицировала любые объекты: котов, автомобили или облака. Участники победившей команды - Алекс Крижевский (Alex Krizhevsky) и профессор Джеффри Хинтон (Geoffrey Hinton) использовали глубинные нейронные сети глубокого обучения

Победа команды Торонто открыла перед глубинным обучением новые перспективы. В последующие годы все глобальные интернет-компании, включая Facebook, Google, Twitter и Microsoft, стали применять схожие технологии для построения систем машинного зрения. На сегодняшний день ошибка при распознавании изображений нейросетями состаляет порядка 3%. При этом, результат среднестатистического человека – порядка 5%

## Выводы

В рамках данного исследования авторы произвели обзор наиболее известных методов распознавания человеческих лиц. Проведя анализ данных методов следует сделать вывод, что на сегодняшний день искусственные нейронные сети являются наиболее эффективным методом для распознавания человеческих лиц. Кроме того, нейросетевые технологии находятся только в начале своего развития и не раскрыли еще полностью свой потенциал, что говорит об огромных возможностях и спектре применения данного метода не только в целях распознавания человеческих лиц, но и для решения более широкого круга задач.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *И. Бенджио, А. Курвилль, Ян Гулфеллоу*. Глубокое обучение. // М.: ДМК-Пресс, 2017, с.471
2. *В. Алексеев*, *В.А. Таланов.* Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений. // Н.Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2005, с.112
3. *А. Д. Ибрагимов.* Алгоритмы и методы распознавания личности в условиях современных информационных технологий. // М.: Вестник МГУП, р. 17, 2015, с.68
4. *Martin Lades, Jan C. Vorbruggen, Joachim Buhmann*. Distortion Invariant Object Recognition in the dynamic link architecture. // Ieee transactions on computers. -1993, vol. 42, no. 3, p. 310.
5. *Л. Ясницкий.* Введение в искусственный интеллект // М.: Академия, 2005, с.69
6. *Круглов В.В., Борисов В. В.* Искусственные нейронные сети. Теория и практика. - 2-е изд., // М.: Горячая линия-Телеком, 2002. С. 227
7. *Steve Lawrence , C. Lee Giles , Ah Chung Tsoi , Andrew D. Back*. Face Recognition: A Convolutional Neural Network Approach.// IEEE Transactions on Neural Networks, 1997 p. 104
8. *С. Хайкин.* Нейронные сети: Полный курс. 2-е изд., испр. //М.: Издательский дом Вильямс, 2008, 787 с.
9. *К. В. Воронцов*. Лекции по статистическим (байесовским) алгоритмам классификации. //М., Школа анализа данных (ШАД), 2008. с.90
10. *Bengio Yoshua, Courville Aaron, Vincent Pascal.* Representation Learning: A Review and New Perspectives. // Montreal, Canada: Department of computer science and operations research, 2013. p.11
11. *J. Shlens.* A Tutorial on Principal Component Analysis. // Systems Neurobiology Laboratory, 2005, p.10.
12. *A. Gorban, B. Kegl, D. Wunsch, A. Zinovyev*. Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction. // Springer, Berlin – Heidelberg – New York: LNCSE 58, 2007, p.247
13. *Peter N. Belhumeur, Joao P. Hespanha, David J. Kriegma.* Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection. // *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, 1997, VOL. 19, NO. 7,* p. 717

14. *National Institute of Standarts and Technology* [Электронный ресурс] // Ресурс содержит сведения о стандартах проведения программы FERET, а также об алгоритмах и результатах испытаний. NIST, 2018, режим доступа: https://www.nist.gov/itl/iad/image-group/feret-face-recognition-technology-documents свободный. – Загл. с домашней страницы. – Яз.англ. (дата обращения: 01.04.2018)
15. *California Institute of Technology* [Электронный ресурс] // Ресурс содержит публикации о регламенте тестирования метода гибкого сравнения на графах. Caltech, 2011, режим доступа: http://www.vision.caltech.edu/publications/publications.html ,свободный. – Загл. с экрана – Яз.англ. (дата обращения: 01.04.2018)
16. *ImageNet* [Электронный ресурс] // Ресурс содержит сведения о проводимых соревнованиях ImageNet, их регламент, а также результаты. Stanford Vision Lab, 2016. режим доступа: http://image-net.org/about-publication ,свободный. – Загл. с экрана – Яз.англ. (дата обращения: 01.04.2018)

**Д.А. Власов, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский**

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SOKET- ТЕХНОЛОГИИ В КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ СИСТЕМЕ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: обучающая программа, soket- технологии, информационные технологии, дистанционное обучение, серверная часть.

Описано построение клиент-серверной системы по технологии soket. Характерной, отличительной чертой исследования считается то, что система передачи данных, построенная по шаблону сокетов, используется в многопоточном режиме. Это позволяет подключаться к серверу, практически, неограниченному количеству пользовтелей.

**D.A. Vlasov, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky**

## FEATURES OF USING SOKET – TECHNOLOGY IN A CLIENT-SERVER SYSTEM

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: training program, soket- technologies, information technologies, distance learning, server part.

The development of a client-server distributed system for teaching programming is presented. A characteristic, distinctive feature of the study is that it consists of a server and client parts that are hosted on different PCs. This makes it possible to concentrate all the training content on the server part and facilitate its processing and access to it.

Современное толкование клиент-серверных разработок относится к распределенному сетевому программированию. Особенности таких систем, во многом, схожи. Например, это всегда разделенные две части системы- серверная и клиентская. Это дает основные преимущества таких разработок – размещение материалов (баз данных), необходимых пользователям, на сервере, что значительно упрощает их использование и экономит ресурсы вычислительной системы.

Существует множество вариантов построения таких систем. В основном, они определяются типом передаваемой информации (или точнее, сетевым протоколом) и организацией клиент-серверного взаимодействия [1]. Однако, как правило, при составлении конкретных кодов программ серверной части системы возникают трудности в организации многопользовательского доступа к требуемым материалам, размещенным на сервере. Поэтому, представленная разработка много потоковой серверной части клиент-серверной системы является актуальной и востребованной.

В качестве языка программирования был выбран универсальный язык высокого уровня (ЯВУ) C# [2]. Он имеет возможность решения широкого класса задач, а также позволяет создавать распределенные вычислительные системы, используя технологию сокетов.

Сокеты- это концепция сетевого программирования, когда существуют два вида «программных разъемов»- сокетов: клиентские и серверные.

Серверный сокет как розетка, которая «висит на стене» готовая к работе, в ожидании, когда к ней подключат штекер. Точно так же серверный сокет переходит в режим ожидания подключения на определенном адресе и определенном порту.

Клиентский сокет как вилка, которую втыкают в розетку. Как только клиент подключается к серверному сокету, информация начинает передаваться между ними.

Серверная часть системы разработана в консольном проекте среды разработки Visual Studio. Структурная схема ее серверной части показана на рисунке 1.

Рисунок 1- Структура серверной части системы

Для создания клиент-серверного взаимодействия был разработан и запущен в режим «прослушивания» TCP-IP сервер (листинг 1).

Листинг 1- Серверный слушатель подключения клиентов

```
TcpListener listner;

    public Program(int Port)
    {
        listner = new TcpListener(new IPEndPoint(IPAddress.Parse("127.0.0.1"), Port));
        listner.Start();
        Console.WriteLine("Сервер запущен, ожидает подключений...");
. . .
}
```

Соединения для новых клиентов создавались в многопользовательском режиме (листинг 2).

Листинг 2- Метод создания нового TCP соединения для нового клиента

```
static void clientThread(Object StateInfo)
    {
      new Client((TcpClient)StateInfo);
    }
```

Созданный таким образом многопоточный сервер с указанным протоколом обеспечивает одновременное подключение более чем 100 пользователей. Это проверено практически и система сбоев не давала. Этого количества одновременных подключений достаточно, чтобы обеспечить обучающими материалами не менее 3-х учебных групп среднего размера (обычно до 30 человек).

При каждом сеансе соединения клиенты отправляют запросы на необходимый контент, а сервер отправляет их через сеть в бинарном виде пользователям. При этом, на серверной части отслеживаются пути размещения запрашиваемого контента (рисунок 2).

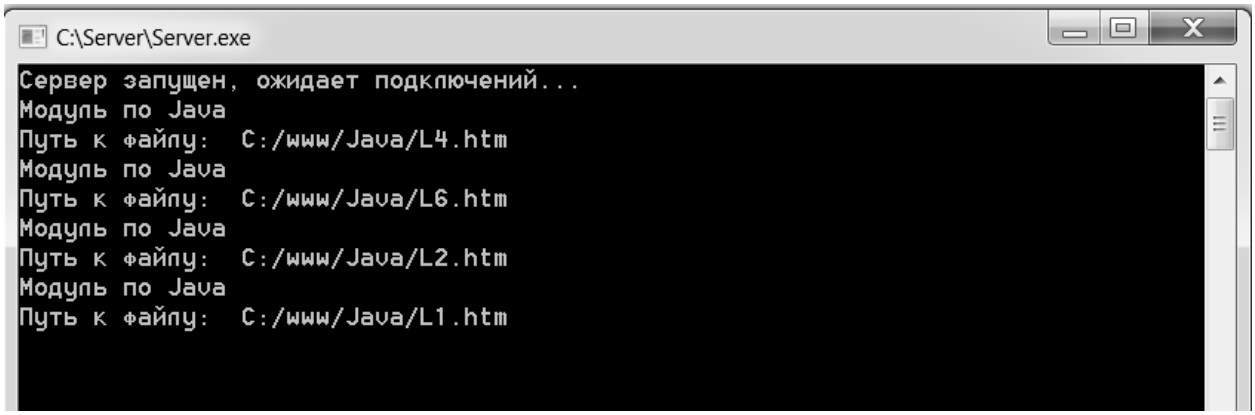



Рисунок 2- Отображение пути размещения контента

Т.о., разработанная клиент- серверная система позволяет хранить объемные материалы «на стороне» сервера, оптимизируя тем самым доступ к ним и информационную систему в целом по минимуму требований к пользовательским станциям.

Ее сильными сторонами являются:

a) двух вариантное использование как в локальной информационной сети филиала, так и в сети Internet, что значительно упрощает доступ к обучающему контенту за счет централизации или индивидуального использования;
b) практическая часть модуля настроена на простые и понятные технические сообщения, отражающие процесс клиент-серверного взаимодействия;
c) приложение обладает минимальными аппаратно-программными требованиями к информационной системе, в которой будет размещаться и использоваться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компоненты сетевого приложения. Клиент-серверное взаимодействие и роли серверов. [Электронный ресурс] // [сайт] [2018], URL: http://www.4stud.info/ networking/lecture5.html (дата обращения: 15.02.2018).
2. *Фленов М. Е.* Ф69 Библия C#. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 560 с.

**Д.А. Власов, А.Н. Чикалов**

## СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ПАРАМЕТРОВ В ПРОЦЕДУРЕ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: передача, ассемблер, процедура, параметры.

В данной статье рассматривается способы передачи параметров в процедуре на языке низкого и высокого уровней. Данные методы следует учитывать в целях оптимизации программы и повышении уровня безопасности.

**D.A. Vlasov, A.N. Chikalov**

## METHODS OF PASSING PARAMETERS IN THE PROCEDURE

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keyword: transfer, assembler, procedure, parameters.

This article discusses how to pass parameters in a low-and high-level procedure. These methods should be considered in order to optimize the program and increase the level of security.

В условиях нарастающей информатизации всех сфер жизни общества и производства разрабатывается огромное количество разнообразных программ и программных комплексов. Они обеспечивают выполнение многообразных требований конкретного технического задания, но ни одна из программ не может не учитывать таких параметров, как безопасность и производительность. Чаще всего эти два требования противоречивы, и между ними приходится искать обоснованные компромиссы.

В статье предлагается рассмотреть выполнение каждого из этих требований на примере передачи параметров в процедуре, так как этот этап является довольно уязвимым для воздействия извне и проблемным в плане скорости работы. Кроме того, с учетом массового использования процедур при программировании в силу объективных и субъективных причин, исследование этого вопроса представляется актуальным.

Из всех способов передачи параметров в процедуре на практике чаще используют два:

- способ передачи параметров через регистры;
- способ передачи параметров через стек.

Прямое использование оперативной памяти для целей передачи параметров не практикуется в силу сложности адресации буферов и непредсказуемости их требуемого размера и количества.

**Передача параметров через регистры**

Данный способ является достаточно простым и традиционным. Он предполагает перед обращением к процедуре запись необходимых данных в регистры общего назначения (РОН). Процедура использует эти данные, выполняет требуемые вычисления и возвращает результаты опять-таки через регистры.

Процедуре, обычно, передаются следующие типы параметров:

- отдельные данные с размерностью не более размерности шины данных процессора. В этом случае они просто записываются в установленные для этой процедуры РОНы;
- большие массивы информации произвольной структуры и назначения. Их отличительный признак сводится к тому, что записать их в РОН невозможно. Для таких параметров используют один из известных способов задания блоков: адресом в памяти начала и окончания блока, адресом начала и количеством байт, адресом начала и признаком окончания блока. В любом случае эти признаки блоков помещаются в РОНы, и передача параметров, по сути, опять сводится к передаче через регистры.

Передача параметров через регистры характеризуется следующими свойствами:

- способ очень быстрый в плане передачи. Скорость обмена с РОНами и оперативной памятью различаются на порядки;
- безопасность в полной мере обеспечивается, т.к. данные не выходят за пределы рабочей области регистров и их размещение непредсказуемо для потенциального нарушителя;
- всегда имеется фиксированное количество регистров общего назначения, что может ограничивать количество передаваемых параметров;
- учет использования регистров полностью ложится на программиста, что представляет собой не всегда тривиальную задачу. Следствием этого являются поврежденные данные, увеличение времени отладки и достаточно часто все равно переход на использование памяти. В частности, для корректного написания процедур и неповреждения основного процесса используют в самой процедуре механизм сохранения контекста в стеке и последующего его извлечения перед завершением процедуры. Это упрощает отладку, но значительно нивелирует выигрыш во времени.

В целом, передача параметров через регистры это прерогатива языков низкого уровня. Поэтому этому способу, помимо всего прочего, присущи все свойства, характерные для программирования на ассемблере.

**Способ передачи параметров через стек**

Способ передачи параметров через стек в значительной степени свойственен трансляторам с языков высокого уровня. При этом под стеком понимается, как обычно, абстрактный тип данных, представляющий собой список элементов, организованных по принципу LIFO.

Для анализа передачи параметров была использована простая программа на языке C++, которая производит сложения простых чисел и обращение к процедуре форматированного вывода.

```
int main()
{
        DWORD a = 0x100;
        DWORD b = 0x05;
        DWORD c = a + b;
        printf("%04x + %04x = %04x", a, b, c);
        _getch();
}
```

Программа прошла дизассемблирование после компиляции, и был выделен нужный участок кода:

```
0x411849:   c7 45 f8 00 01 00 00        mov    dword[ ebp + 0xfffffff8 ], 0x100
0x411850:   c7 45 ec 05 00 00 00        mov    dword[ ebp + 0xffffffec ], 0x5
0x411857:   8b 45 f8                    mov    eax, dword[ ebp + 0xfffffff8 ]
0x41185a:   03 45 ec                    add    eax, dword[ ebp + 0xffffffec ]
0x41185d:   89 45 e0                    mov    dword[ ebp + 0xffffffe0 ], eax
0x411860:   8b 45 e0                    mov    eax, dword[ ebp + 0xffffffe0 ]
0x411863:   50                          push   eax
0x411864:   8b 4d ec                    mov    ecx, dword[ ebp + 0xffffffec ]
0x411867:   51                          push   ecx
0x411868:   8b 55 f8                    mov    edx, dword[ ebp + 0xfffffff8 ]
0x41186b:   52                          push   edx
0x41186c:   68 14 7c 41 00              push   0x417c14 ; "%04x + %04x = %04x"
0x411871:   e8 dc faffff                call 0x411a50 <function_411a50>
```

Компилятор размещает объявленные переменные в выделенной памяти для программы. Причем делается это в верхней части сегмента стека, который, как правило, не занимается данными самого стека и остается бесполезным пространством. Таким

образом, данные не теряются и могут быть использованы несколько раз. Использование регистров при этом для последующих процедур может быть совершенно произвольным.

| | |
|---|---|
| Assembler | mov dword [ ebp + 0xfffffff8 ], 0x100<br>mov dword [ ebp + 0xffffffec ], 0x5 |
| C++ | DWORD a = 0x100;<br>DWORD b = 0x05; |

Дальше данные были суммированы и записаны в память.

| | |
|---|---|
| Assembler | add eax, dword [ ebp + 0xffffffec ]<br>mov dword [ ebp + 0xffffffe0 ], eax |
| C++ | DWORD c = a + b; |

Перед вызовом процедуры вывода на печать параметры размещаются в стеке с помощью команды PUSH. Параметры помещаются в стек, начиная с последнего, так что перед вызовом процедуры на вершине стека оказывается первый параметр.

| | |
|---|---|
| Assembler | mov eax, dword [ ebp + 0xffffffe0 ]<br>push eax<br>mov ecx, dword [ ebp + 0xffffffec ]<br>push ecx<br>mov edx, dword [ ebp + 0xfffffff8 ]<br>push edx<br>push 0x417c14 ; "%04x + %04x = %04x"<br>call 0x411a50 <function_411a50> |
| C++ | printf("%04x + %04x = %04x", a, b, c); |

После выполнения функции программа завершается.

В функции «printf("%04x + %04x = %04x", a,b,c);» задействовано четыре параметра. Все они записываются в стек. Строка "%04x + %04x = %04x" была записана по адресу0x417c14 ещё на момент компиляции. Далее вызывается сама функция «printf» по адресу 0x411a50.

В самом начале процедуры содержимое регистра EBP сохраняется в стеке и в него копируется значение регистра указателя стека ESP. Это позволяет «запомнить» положение вершины стека и адресовать параметры относительно регистра EBP. Регистр общего назначения EBP обычно используется в качестве базового для прямого доступа к сегменту стека без использования команд PUSH и POP. Применяется компиляторами языков программирования высокого уровня для хранения базового адреса локальных переменных функции и процедур.

| | |
|---|---|
| Assembler | push ebp<br>mov ebp, esp |

Способ передачи параметров через стек имеет следующие особенности:

- неограниченное число передаваемых параметров функции (процедуре);
- прозрачная организация памяти, что последним было сохранено в стеке, то первым и будет использовано. Это значительно упрощает контроль за размещением параметров процедуры и состоянием регистров;
- в процедуре не требуются дополнительные вставки из команд для сохранения и восстановления контекста;
- меньшая производительность по сравнению с записью данных в регистр, так как запись параметров осуществляется в выделенную оперативную память программы;
- возможная низкая безопасность. Стек уязвим по переполнению, что позволяет провести его взлом путём установки эксплойта.

Также стоит упомянуть о том, что за стеком нужно внимательно следить. Для восстановления состояния стека до его использования подпрограммой, необходимо загрузить в регистр ESP адрес, хранящийся в EBP.

Если для языков высокого уровня выбор способа передачи параметров процедуры регулированию не подлежит, то при программирования на ассемблере автор может воспользоваться любым из рассмотренных способов, ориентируясь на выделенные характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1) http://indigobits.com/assembler/39-sposoby-peredachi-parametrov-v-procedury.html
2) *Ревич Ю.* – Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера, 2014 г.

**И.Н. Герасимов, Е.А. Коломиец**

## ДЕКОМПОЗИЦИОННЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА МНОГОЗНАЧНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: декомпозиционный метод, многозначные логические сети, базис Россера-Тьюкетта.

Рассматривается декомпозиционный метод синтеза многозначных логических сетей на примере синтеза трехзначного (n-1)-полюсника. Синтез осуществляется в направлении от выхода сети к ее входам. Обсуждается программная реализация метода.

Используется базис Россера-Тьюкетта.

**I.N. Gerasimov, E.A. Colomiets**

## A DECOMPOSITIONAL METHOD FOR DESIGN OF MULTI-VALUED LOGICAL NETWORKS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: decompositional method, multi-valued logical networks, RosserTuckett basis.

The paper is concerned with a decompositional method for design of multi-valued logical networks with special reference to a three-valued (n-1)-terminal network. The design proceeds from the network output to its inputs. Software implementation of the method is discussed. The Rosser-Tuckett basis is used.

1. Введение

Прогресс в области теории многозначных элементов и структур обусловил актуальность проблемы формального синтеза многозначных сетей в инфокоммуникациях. Успехи интегральной технологии, усиливающаяся тенденция построения дискретных устройств на основе модулей различных типов предопределили интерес к универсальным методам синтеза, применимым к возможно более широкому классу элементов и модулей. Известной универсальностью обладает метод, изложенный в [1] применительно к двоичным сетям. Данный метод предполагает синтез логической сети осуществлять в направлении от выхода сети к входу. При этом к выходному узлу подключается один из базисных элементов, далее по определенному критерию подбираются другие элементы, подключаемые к входам первого, и т. д. Возникающие неопределенности в выборе того или иного значения двоичной функции некоторого узла учитываются введением в рассмотрение третьего значения, формализующего указанную неопределенность. Метод универсален, так как не привязан к конкретным элементам и их функциям. Идея, метода получила свое развитие в [2-4] также применительно только к двоичным сетям. В работах, посвященных синтезу многозначных сетей, эта идея не нашла должного отражения. В данной работе предлагается декомпозиционный метод синтеза трехзначной сети.

Ввиду определенной универсальности метода его изложение будем вести в классическом базисе Россера-Тьюкетта, представляющего собой алгебру $A=<max, min, x_i^{a_i}, E_3>$, где $E_3$=0,1,2, а функции определены следующими выражениями:

$$max(x_1,x_2)=\begin{cases} x_1, & x_2 \le x_1 \\ x_2, & x_1 \le x_2 \end{cases}, \quad min(x_1,x_2)=\begin{cases} x_2, & x_2 \le x_1 \\ x_1, & x_1 \le x_2 \end{cases}, \quad x_i^{a_i}=\begin{cases} 2, & x_i = a_i \\ 0, & x_i \ne a_i \end{cases}, \quad (1)$$

где $a_i \in E_3$.

Функция трехзначной логики (ТЗЛ), описывающая (n-1)-полюсник, задана подмножествами $N_0(F)$, $N_1(F)$, $N_2(F)$ множества $N=E_3\times E_3\times \ldots \ldots \times E_3$ ($n$ раз), $N_0 \cup N_1 \cup N_2 \subseteq N$.

2. Изложение метода

Пусть трехзначная логическая функция задана: $N_0(F)$, $N_1(F)$, $N_2(F)$. Аналогично [2] функцию $f$, для которой справедливо

$$N_0(F) \subseteq N_0(f),\ N_1(F) \subseteq N_1(f),\ N_2(F) \subseteq N_2(f), \tag{2}$$

назовем функцией, непротиворечиво реализующей функцию $F$ и обозначим

$$F \overset{N}{\equiv} f \tag{3}$$

Задачу непротиворечивой реализации $F$ на логических элементах, описываемых функцией ТЗЛ $\varphi(\vec{z}^t)$ сведем к представлению

$$F \overset{N}{\equiv} \varphi(f_1, f_2, \ldots f_\lambda \ldots f_t), \tag{4}$$

где $t$ — число входов элемента.

Очевидно, в качестве $f_\lambda$ в (4) может фигурировать функция выхода некоторого элемента, аргумент $x_i$ ,унарный оператор $x_i^{a^i}$или константа 0,1,2, которые целесообразно рассматривать как элементы $p$ некоторого множества $P$.

Синтез трехзначной логической сети, реализующей $F(\vec{x}^n)$,можно свести к итеративной процедуре непротиворечивой реализации $F$ и всех $f_\lambda$ продолжающейся до тех пор, пока в выражениях тина *(4)* внутри скобок не будут фигурировать только функции $p\in P$. Этой процедуре будет соответствовать процесс построения сети, начиная с выходного узла, взвешенного функцией $F$, продолжающийся до тех нор, пока все узлы в сети не будут взвешены функциями $p\in P$. Построенная сеть будет реализовать некоторую $f$, непротиворечиво реализующую заданную функцию $F$.

Синтез трехзначной сети основан на декомпозиции функции $F$ с использованием двух типов композиций (полагаем, что $t=2$):

$$F \overset{N}{\equiv} \varphi(f_{a1}, f_{b1}) \tag{5}$$

$$F \overset{N}{\equiv} \varphi_1(\varphi_2(f_{a1}, f_{b1}), f_{b2}), \tag{6}$$

где $\varphi$, $\varphi_1$,$\varphi_2$ $\in\{max, min\}$ - функции входов элементов.

Предлагаемому методу соответствует многократно повторяемый эксперимент, состоящий в подключении к узлу структуры, функция $f$ которого еще не реализована, элемента, реализующего функцию $\varphi$, и подачи на его 1-й вход (поскольку входы симметричны) сигналов, соответствующих функциям $p\in P$. Далее необходимо по определенному критерию выбрать такую $p$ (если такая найдется, то реализуется композиция (5), если нет – (6)) и такую $\varphi$ ($\varphi_1$,$\varphi_2$ - для композиции (6)), которые при

условии непротиворечивой реализации $f$ обеспечивали бы сходимость процесса синтеза. По результатам выбора вычисляются функции, соответствующие второму входу элемента $\varphi$ ($\varphi_1,\varphi_2$,) и т. д. Рисунок 1 иллюстрирует варианты композиций, соответствующих (5) и (6) в данном базисе.

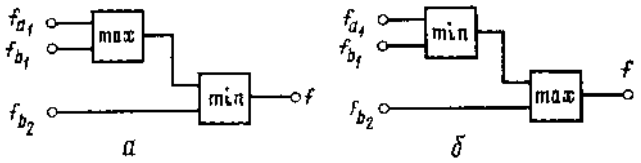



Рисунок 1. Варианты композиций,
соответствующих (5) и (6) в базисе Россера-Тьюкетта.

Возникающая в процессе вычислений функций неопределенность формально учитывается расширением носителя $E_3$ алгебры $A$ путем введения следующих символов:

$$\overline{2}=0\vee1,\quad \overline{0}=1\vee2,\quad \theta=0\vee1\vee2. \tag{7}$$

В связи с расширением носителя $E_3$ в $E_{3'}$ , где $E_{3'}=0,\overline{2},1,\overline{0},2,\theta$, алгебра $A$ трансформируется в систему $A'=<max,min,x_i^{a_i},E_{3'}>$. Доказано, что бинарные функции системы $A'$определены на $E_{3'}\times E_{3'}$. Полагая, что унарные операторы определены только на $E_3$, приходим к частично универсальной алгебре $A'$, в которой возможны композиции (5) и (6).

Для дальнейшей формализации изложения и с учетом того, что *max* и *min* являются симметричными функциями, применяются обозначения:

$$\alpha=\begin{cases}2, & \text{при} \quad \varphi=max\\ 0, & \text{при} \quad \varphi\neq max\end{cases} \qquad \beta=\begin{cases}2, & \text{при} \quad \varphi=min\\ 0, & \text{при} \quad \varphi\neq min\end{cases}, \tag{8}$$

позволяющие использовать одни и те же логические выражения для различных функций $\varphi$.

Построена таблица 1 вычисления $f_{b1}$ по известным $f$ и $f_{a1}$ для композиции (5). Прочерки в таблице указывают на невозможность появления тех или иных входных наборов, что обеспечивается способом выбора $p\in P$ в качестве $f_{a1}$. Таблица 2 позволяет вычислить $f_{b1}$ и $f_{b2}$ по известным $f$ и $f_{a1}$ для композиций типа (6), которые возможны только в виде двух вариантов (см. рисунок 1). Поскольку на каждом шаге необходимо обеспечить подбор такой $f_{a1}\equiv p$, чтобы массив функции $f_{b1}$ содержал наибольшее число значений $\theta$, $\overline{2}$, $\overline{0}$, предлагается критерий

$$S=S_1+S_2, \tag{9}$$

где $S_1$ – приращение числа $\theta$ в массиве $f_{b1}$ , $S_2$– приращение в массиве $f_{b1}$ числа элементов $\overline{2}$ или $\overline{0}$.

Оператору $\Delta S_1$ (единичное приращение $S_1$) соответствует условие, заключающееся в истинности выражения

$$(f(l) = \beta \& p(l) = \beta) \vee (f(l) = \alpha \& p(l) \in \{1, \overline{\alpha}, \beta\}), \quad (10)$$

где $l$ —текущее значение номера набора $\overrightarrow{a^n}$ в двухмерном массиве аргументов.

Оператору $\Delta S_2$ соответствует условие, заключающееся в истинности выражения

$$(f(l) = 1 \& p(l) = 1) \vee (f(l) = \alpha \& p(l) \in \{\alpha, \overline{\beta}\}) \vee (f(l) = \overline{\beta} \& p(l) \in \{1, \alpha, \overline{\beta}\}), \quad (11)$$

Условие непротиворечивой реализации для композиции (5) может быть записано исходя из (2) и таблицы 1 как условие истинности для всех наборов $\overrightarrow{a^n}$, на которых $f(l) \in \{1, \alpha, \overline{\beta}\}$, следующего выражения

$$\wedge((f(l) = \alpha \& p(l) = \alpha) \vee (f(l) \in \{1, \overline{\beta}\} \& p(l) \in \{1, \alpha, \overline{\beta}\}) = R_1 \quad (12)$$

Для гарантии сходимости процесса синтеза необходимо, чтобы очередные массивы функции $f_{b1}$ содержали строго больше значений $\theta$, чем исходные массивы. Тогда условие сходимости с учетом таблицы 1 можно записать как условие истинности для всех наборов $\overrightarrow{a^n}$, на которых $f(l) \in \{\overline{\alpha}, \beta\}$, следующего выражения

$$\vee((f(l) = \beta \& p(l) = \beta) \vee (f(l) = \overline{\alpha} \& p(l) \in \{1, \alpha, \beta\})) = R_2 \quad (13)$$

Выбор функции $p \in P$, взвешивающей узел сети, по максимуму $S$ при осуществлении композиции (5) производится из тех $p \in P' \subseteq P$, для которых $R_1$ и $R_2$ истинны. Очевидно, такой выбор не всегда возможен, поскольку не исключено, что $P' = \varnothing$.

Доказано, что любую функцию ТЗЛ $f$, принимающую значения из $E_{3'}$ можно представить в виде композиции типа (6). Справедливость этого утверждения непосредственно следует из анализа таблицы 2, где приведены все возможные значения функций $f_{b1}$ и $f_{b2}$ при заданных $f$ и $f_{a1}$. Тем не менее, в процессе синтеза используется и композиция (5), так как отказ от нее приведет к некоторому усложнению реализуемых сетей. Таким образом, если композиция (5) нереализуема, то реализуется композиция (6). При этом используются аналогичные логические выражения, непосредственно следующие из таблицы 2. Критерий $S$ для композиции (6) подсчитывается иначе. Оператору $\Delta S_1$ соответствует условие истинности следующего логического выражения:

$$(f(l) = \alpha \& p(l) = \alpha) \vee (f(l) \in \{1, \overline{\beta}\} \& p(l) \in \{1, \alpha, \overline{\beta}\}) \vee (f(l) \in \{\overline{\alpha}, \beta\} \& p(l) \in E_3', \quad (14)$$

а оператору $\Delta S_2$ соответствует выражение:

$$(f(l) \in \{1, \beta\} \& p(l) \in \{\overline{\alpha}, \beta, \theta\}) \quad (15)$$

Рисунок 2 иллюстрирует процесс синтеза трехзначной логической сети, заданной таблицей, взвешивающей выходной узел.

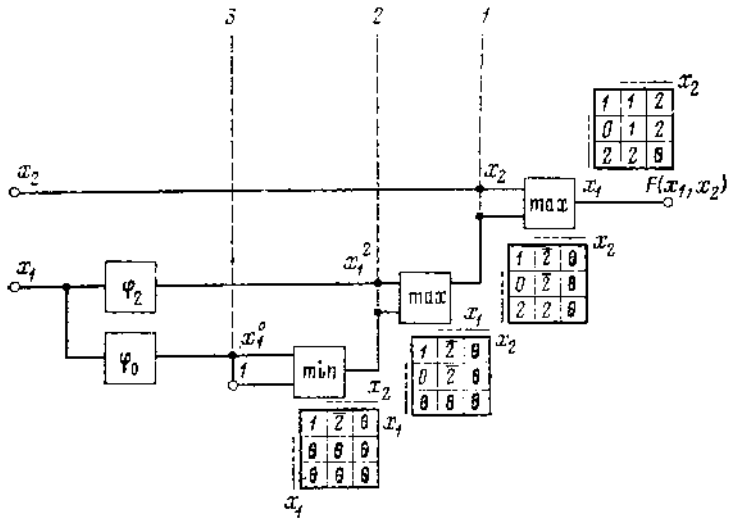



Рисунок 2. Пример реализации синтеза трехзначной логической сети.

Таблица 1

| $f$ $f_{a1}$ | $f_{b1}$ | |
|---|---|---|
| | *max* | *min* |
| 0 0 | 0 | $\theta$ |
| 0 $\bar{2}$ | - | 0 |
| 0 1 | - | 0 |
| 0 $\bar{0}$ | - | 0 |
| 0 2 | - | 0 |
| 0 $\theta$ | - | 0 |
| $\bar{2}$ 0 | $\bar{2}$ | $\theta$ |
| $\bar{2}$ $\bar{2}$ | $\bar{2}$ | $\theta$ |
| $\bar{2}$ 1 | $\bar{2}$ | $\theta$ |
| $\bar{2}$ $\bar{0}$ | - | $\bar{2}$ |
| $\bar{2}$ 2 | - | $\bar{2}$ |
| $\bar{2}$ $\theta$ | - | $\bar{2}$ |
| 1 0 | 1 | - |
| 1 $\bar{2}$ | 1 | - |
| 1 1 | $\bar{2}$ | $\bar{0}$ |
| 1 $\bar{0}$ | - | 1 |
| 1 2 | - | 1 |
| 1 $\theta$ | - | - |
| $\bar{0}$ 0 | $\bar{0}$ | - |
| $\bar{0}$ $\bar{2}$ | $\bar{0}$ | - |
| $\bar{0}$ 1 | $\theta$ | $\bar{0}$ |
| $\bar{0}$ $\bar{0}$ | $\theta$ | $\bar{0}$ |
| $\bar{0}$ 2 | $\theta$ | $\bar{0}$ |
| $\bar{0}$ $\theta$ | $\bar{0}$ | - |
| 2 0 | 2 | - |
| 2 $\bar{2}$ | 2 | - |
| 2 1 | 2 | - |
| 2 $\bar{0}$ | 2 | - |
| 2 2 | $\theta$ | 2 |
| 2 $\theta$ | 2 | - |
| $\theta$ $\theta$ | $\theta$ | $\theta$ |

Таблица 2

| $f$ $f_{a1}$ | $f_{b1}$ $f_{b2}$ | |
|---|---|---|
| | Вариант *a* | Вариант *b* |
| 0 0 | $\theta 0 \vee 0\,\theta$ | 00 |
| 0 $\bar{2}$ | $\theta 0$ | 00 |
| 0 1 | $\theta 0$ | 00 |
| 0 $\bar{0}$ | $\theta 0$ | 00 |
| 0 2 | $\theta 0$ | 00 |
| 0 $\theta$ | $\theta 0$ | 00 |
| $\bar{2}$ 0 | $\bar{2}\,\theta \vee \theta\bar{2}$ | $\theta\bar{2}$ |
| $\bar{2}$ $\bar{2}$ | $\bar{2}\,\theta \vee \theta\bar{2}$ | $\theta\bar{2}$ |
| $\bar{2}$ 1 | $\bar{2}\,\theta \vee \theta\bar{2}$ | $\theta\bar{2}$ |
| $\bar{2}$ $\bar{0}$ | $\theta\bar{2}$ | $\bar{2}\,\bar{2}$ |
| $\bar{2}$ 2 | $\theta\bar{2}$ | $\bar{2}\,\bar{2}$ |
| $\bar{2}$ $\theta$ | $\theta\bar{2}$ | $\bar{2}\,\bar{2}$ |
| 1 0 | $1\,\bar{0} \vee \bar{0}\,1$ | $\theta 1$ |
| 1 $\bar{2}$ | $1\,\bar{0} \vee \bar{0}\,1$ | $\theta 1$ |
| 1 1 | $\bar{2}\,\bar{0} \vee \theta 1$ | $\bar{0}\,\bar{2} \vee \theta 1$ |
| 1 $\bar{0}$ | $\theta 1$ | $1\,\bar{2} \vee \bar{2}\,1$ |
| 1 2 | $\theta 1$ | $1\,\bar{2} \vee \bar{2}\,1$ |
| 1 $\theta$ | $\bar{0}\,1$ | $\bar{2}\,1$ |
| $\bar{0}$ 0 | $\bar{0}\,\bar{0}$ | $\theta\,\bar{0}$ |
| $\bar{0}$ $\bar{2}$ | $\bar{0}\,\bar{0}$ | $\theta\,\bar{0}$ |
| $\bar{0}$ 1 | $\bar{0}\,\bar{0}$ | $\bar{0}\,\theta \vee \theta\,\bar{0}$ |
| $\bar{0}$ $\bar{0}$ | $\theta\,\bar{0}$ | $\bar{0}\,\theta \vee \theta\,\bar{0}$ |
| $\bar{0}$ 2 | $\theta\,\bar{0}$ | $\bar{0}\,\theta \vee \theta\,\bar{0}$ |
| $\bar{0}$ $\theta$ | $\bar{0}\,\bar{0}$ | $\theta\,\bar{0}$ |
| 2 0 | 2 2 | 0 2 |
| 2 $\bar{2}$ | 2 2 | $\theta\bar{2}$ |
| 2 1 | 2 2 | $\theta\bar{2}$ |
| 2 $\bar{0}$ | 2 2 | $\theta\bar{2}$ |
| 2 2 | 0 2 | $\theta 2 \vee 2\,\theta$ |
| 2 $\theta$ | 2 2 | 0 2 |
| $\theta$ $\theta$ | $\theta$ | $\theta$ |

3. Обсуждение результата.

Предложенный метод относится к числу приближенных методов синтеза, так как с целью уменьшения перебора сеть строится путем подбора соответствующих частей структуры сети по максимуму локального критерия $S$. Метод достаточно универсален и применим к большинству известных трехзначных базисов независимо от того, допустимы канонические представления в базисе или нет [5]. Синтезированные с помощью программы на основе излагаемого метода трехзначные логические сети близки к оптимальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Пархоменко П. П.* Синтез релейных структур на различных функционально полных системах логических элементов. // Автоматика и телемеханика, 1964, № 6, с. 963-979.
2. *Гаврилов М. А., Копыленко В. М.* Метод минимизации бесконтактных релейных устройств на функционально полных наборах элементов.// В кн.: Теория дискретных автоматов. Рига: Зинатне, 1967, с. 5-31.
3. *Гаврилов М. А., Копыленко В. М.* Метод переходных таблиц синтеза многовыходных комбинационных структур на произвольных элементах.// В кн.: Абстрактная и структурная теория релейных устройств. М.: Наука, 1972, с. 7-17.
4. Гаврилов М. А., Девятков В. В., Пупырев Е. И. //Логическое проектирование дискретных автоматов. М.: Наука, 1977, с.350.
5. *Кузнецов В. Ф., Мезенцев Н. С., Соловьев А. М.* //Ферритовые логические элементы. М.: Энергия, 1975, с.150.



**Е.И. Гниломёдов, И.И. Шестаков**


## КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ ОБРАБОТКИ РЕФЛЕКТОГРАММ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ


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



Ключевые слова: рефлегтограмма, оптические потери, затухание, натурная модель


В рамках научно-иссследовательмкой работы «Исследование возможности применения технологических ресурсов учебной лаборатории на основе натурной модели PON сети архитектуры FTTx в учебном процессе, как средства формирования профессиональных компетенций выпускников в соответствии с ФГОС ВО» рассмотрены вопросы о повышении уровня образовательного процесса в УрТИСИ СибГУТИ, о улучшении навыков, умений и знаний у студентов в области рефлектметрии разветвленных ВОЛС, представлен когнетивный анализ обработки рефлектограмм разветвленной ВОЛС, результаты которого будут применены в образовательном процессе.

**Y.I. Gnilomyodov, I.I. Shestakov**

# COGNITIVE ANALYSIS OF PROCESSING OF REFLEXEDGRAM OF A BRANCHED FIBER-LINE COMMUNICATION LINE

Federal Communications Agency Ural Technical Institute of Communications and Informatics (branch) FGBOU VO "Siberian State University of Telecommunications and Informatics" in Yekaterinburg (URTISI SibGUTI), Russia

Keywords: reflectogram, optical losses, attenuation, full-scale model

Within the framework of the research work "Investigation of the possibility of using the technological resources of the training laboratory on the basis of the full-scale PON model of the FTTx architecture network in the educational process as a means of forming the vocational competencies of graduates in accordance with the FSES HE", the questions of raising the level of the educational process at the UrTICI SibSUTI, on improving the skills, abilities and knowledge of students in the field of the reflectometry of branched fiber-optic communication lines, the cognitive analysis of the processing of the reflectograms of a branched fiber-optic link is presented, the results of which will be applied in the educational process.

## Введение

Для предоставления качественных услуг связи, к волоконно-оптическим системам передачи предъявляются требования, к основным которым можно отнести:

- пропускная способность;
- поддержка оборудованием современных протоколов безопасности, коррекции ошибок, протоколов передачи данных;
- наличие резервного канала связи;
- качественное сервисное обслуживание (техническая эксплуатация) как отдельного телекоммуникационного оборудования, так и сети в целом.

Последнее требование является одним из основных, поскольку качество технической эксплуатации сети сказывается на вышеизложенных требованиях.

К технической эксплуатации разветвленных волоконно-оптических систем связи можно отнести:

- профилактические измерения, проводимые с целью контроля состояния ВОЛП;
- аварийные измерения, производимые с целью определения места повреждения линии связи;
- контрольные измерения, производимые с целью контроля аварийно-восстановительных работ после устранения повреждения;
- регламентные работы телекоммуникационного оборудования;

На практике, большее внимание уделяется измерению параметров систем передач, поскольку измеренные параметры, в большинстве случаев, позволяют определить характер неисправности, место повреждения, а также спрогнозировать состояние системы передачи на будущее.

К таким измерениям относится:

– измерение полных оптических потерь волоконно-оптической линии связи (ВОЛС);
– измерение оптических потерь неразъемных соединений оптоволокна; оптических разъемных соединения оптоволокна; оптических разветвителей, аттенюаторов, фильтров;
– измерения уровня отраженного сигнала разъемного соединения оптоволокна, трещины оптоволокна;
– измерения оптической длины линии связи;
– измерение физической длины места повреждения оптического кабеля;
– измерение оптических потерь макро и микро изгиба оптоволокна;
– измерение километрических потерь оптоволокна;
– измерение дисперсионных параметров оптоволокна;
– измерение коэффициента ошибок, величины отношения оптической мощности полезного сигнала к оптической мощности шума (SNR);
– снятие «глаз-диаграммы».

В процессе технической эксплуатации, к перечисленным измерениям, кроме двух последних, следует уделять особое внимание, причина тому – сложность анализа полученных результатов измерений.

Такие результаты измерений представляю собой рефлектограмму оптоволоконной линии связи, пример типовой рефлектограммы показан на рисунке 1 [1].

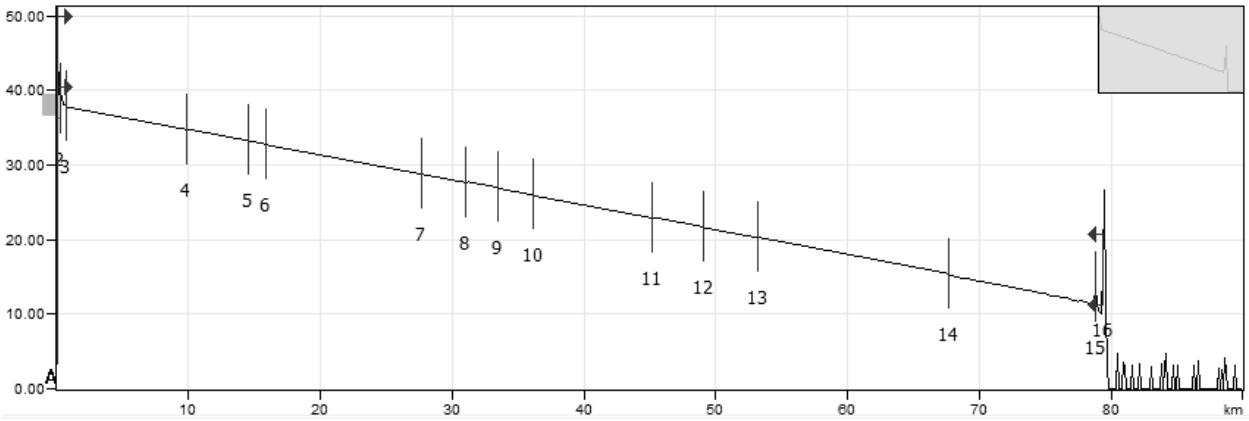



Рисунок 1 - Типовая рефлектограмма оптоволоконной линии связи

Характер типовой рефлектограммы свойственен неразветвленным ВОЛС, на анализ и обработку которых отводится промежуток времени, характерный автоматическому анализа. Время, затраченное на автоматический анализ оптическим рефлектометром, зависит от аппаратно-программного комплекса рефлектометра. Но если рефлектограмма оптоволокна свойственна разветвленным ВОЛС, анализ в автоматическом режиме затруднен. Для этих целей на практике применяют специальные оптические рефлектометры (для разветвленных ВОЛС) или анализ проводят в ручном режиме. Обработка рефлектограмм в ручном режиме требует набор специальных знаний и умений.

Так, для достижения качественных знаний, умений и навыков у студентов в области измерений параметров разветвленных ВОЛС, в частности рефлектометрии оптоволокна, в УрТИСИ СибГУТИ построена лаборатория «Оптические сети доступа архитектуры FTTx», описание которой представлено в статье [2].

**Рефлектометрия разветвленной ВОЛС**

На базе натурной модели разветвленной ВОЛС лаборатории «Оптические сети доступа архитектуры FTTx» можно проводить лабораторные работы с тематикой в области технической эксплуатации систем связи с полным циклом: начиная от ввода в эксплуатацию, заканчивая поиском неисправностей на линейном и станционном участке.

В рамках научно-исследовательской работы «Исследование возможности применения технологических ресурсов учебной лаборатории на основе натурной модели PON сети архитектуры FTTx в учебном процессе, как средства формирования профессиональных компетенций выпускников в соответствии с ФГОС ВО», была проделана следующая работа:

- снятие и обработка двунаправленной рефлектограммы сети GPON;
- снятие и обработка рефлектограмм сегментов сети GPON;
- измерение и анализ полных оптических потерь сети GPON, полученных методом светопропускания.
- анализ и сравнение результатов измерений полученных методом светопропускания и рефлектометрии оптоволокна.

В исследовательской работе использовалось следующее оборудование: рефлектометр EXFO FTB-100; источник оптического излучения KIWI-4200; измеритель оптической мощности KIWI-4300 (рисунок 2).

а) б) в)

Рисунок 2 - Внешний вид измерительного оборудования: а) рефлектометр EXFO FTB-100; б) измеритель оптической мощности KIWI-4300; в) источник оптического излучения KIWI-4200

В соответствии с представленной схемой натурной модели сети GPON архитектуры FTTx [2], рассмотрен вопрос о выборе длительности оптического импульса, для читабельности рефлектограммы. Так, были сняты три рефлектограммы (рисунок 3 – 5) в направлении OLT – ONU на длине волны 1310 нм и 1550 нм длительностью импульса 10 нс, 100 нс и 1000 нс, время тестирование 120 секунд.

Наиболее оптимальной длительностью импульса является величина в 100 нс. Объясняется это тем, что на линейных участках рефлектограммы (рисунок 3) наблюдается шум; между линейными участками наблюдается мертвая зона по затуханию и отражению (рис.5), что затрудняет анализ рефлектограмм.

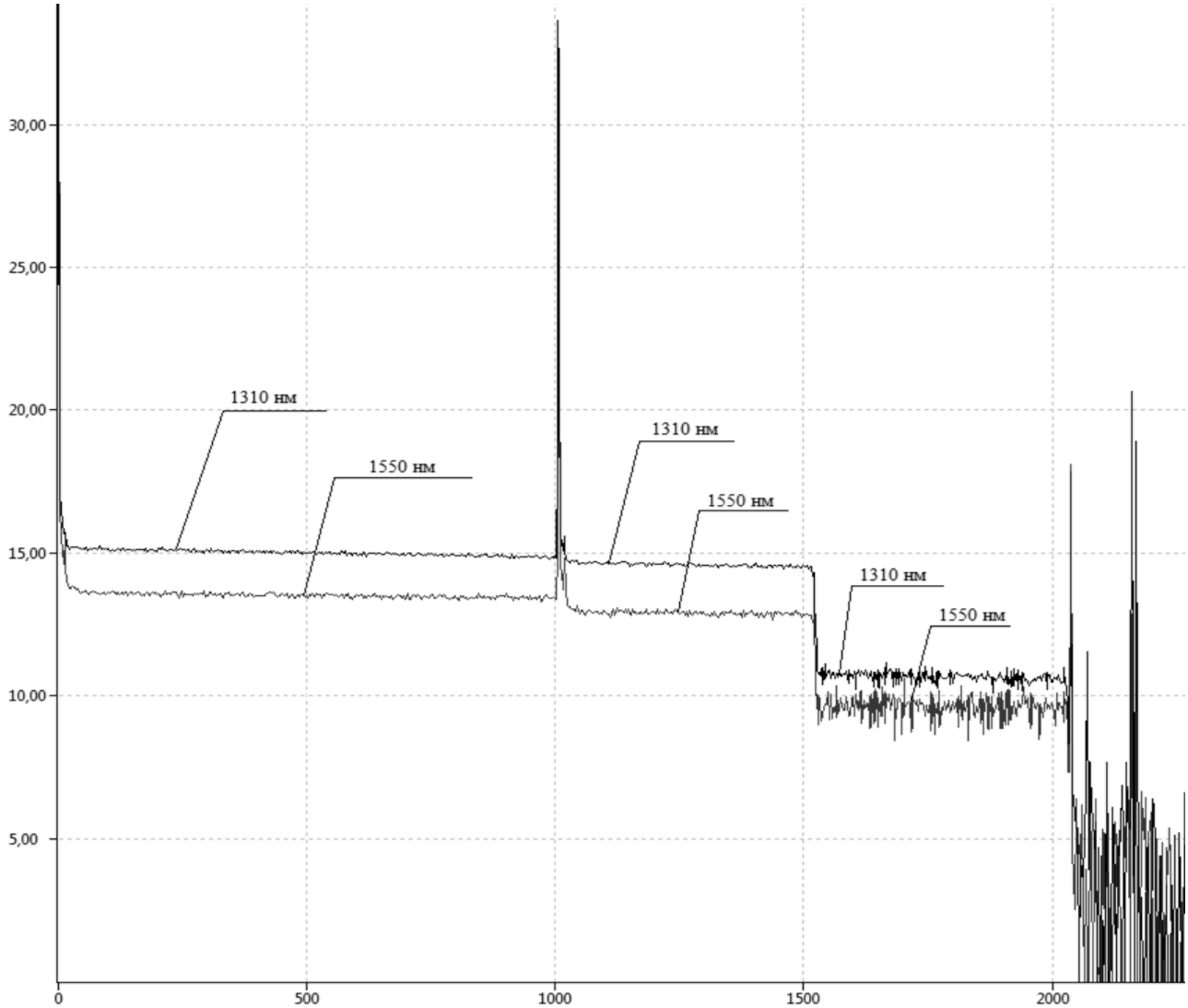



Рисунок 3 - Рефлектограмма в направлении OLT - ONU ($t_и$ = 10 нс)

Так, для установленных параметров рефлектометра FTB-100, длительность импульса 100 нс, длина волны 1310 нм или 1550 нм (в зависимости от направления снятия рефлектограммы OLT – ONU или ONU – OLT), время снятия рефлектограммы 120 секунд, получены четыре рефлектограммы, две в направлении OLT – ONU (рисунок 6 и 7), две в направлении ONU – OLT (рисунок 8 и 9). Для упрощения анализа, над рефлектограммами показана структурная схема натурной модели сети GPON, кроме этого, рефлектограммы (рисунок 7 и 9) снимались при отключенной активной ветви дерева сети GPON. Сравнивая рефлектограммы, (рисунок 6 с рисунком 7 и рисунок 8 с рисунком 9), видно, что при отключении активной ветви дерева сети GPON, количество линейных участков осталось неизменным, однако это повлияло на характер событий по отражению и по затуханию. Можно предположить, что при относительно одинаковых оптических длинах

ветвей дерева сети GPON, характер рефлектограммы, при физическом отключении одного из ответвлений сети GPON, остается неизменным, за исключением численных значений, таких как оптические потери и отражение.

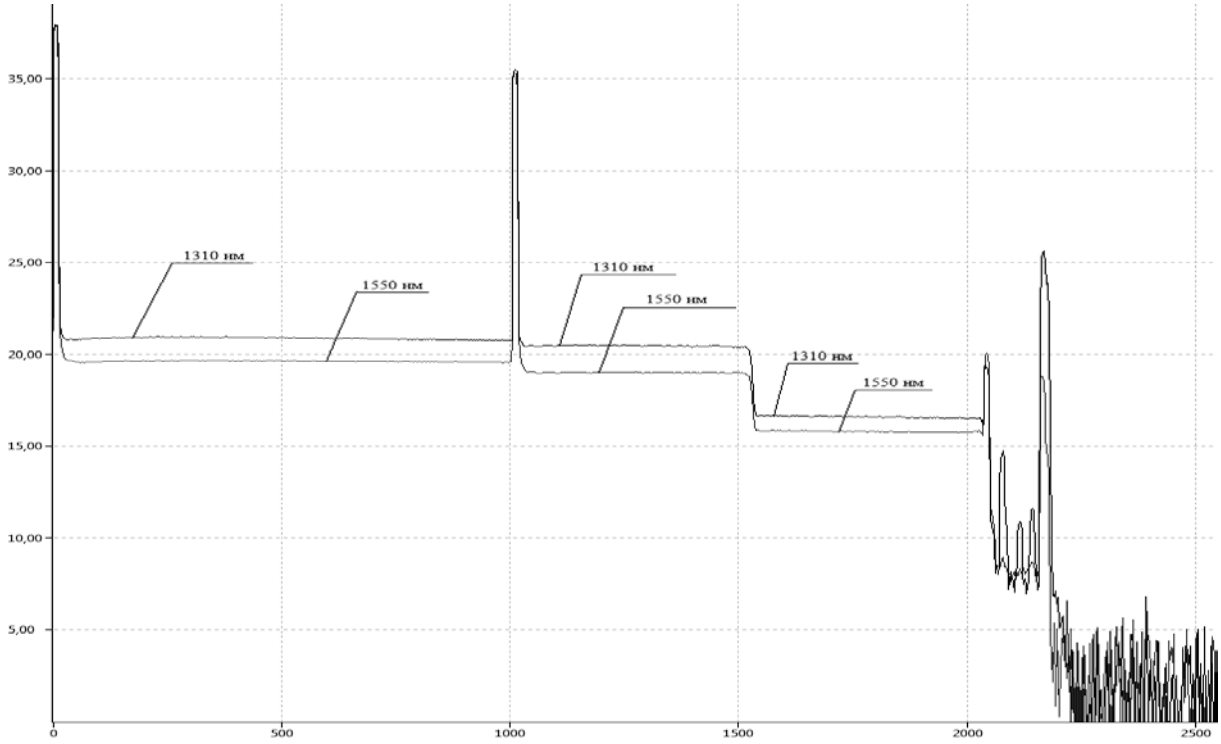



Рисунок 4 - Рефлектограмма в направлении OLT - ONU ($t_и$ = 100 нс)

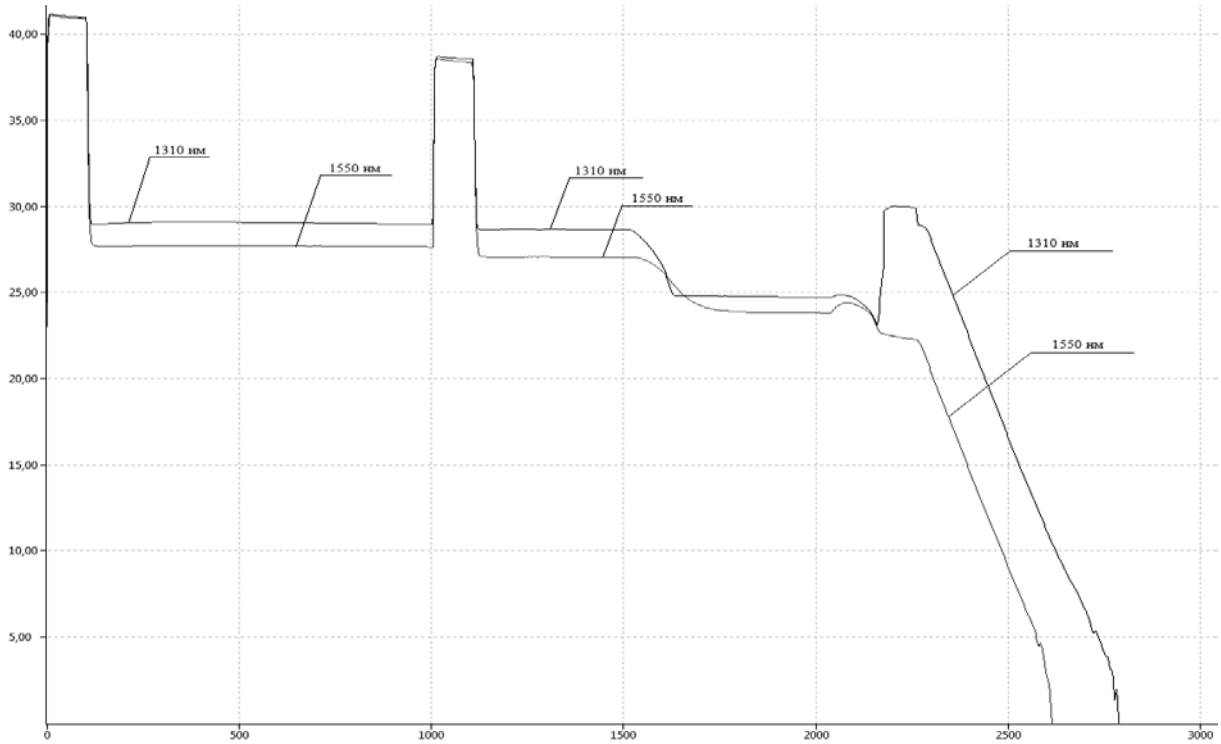
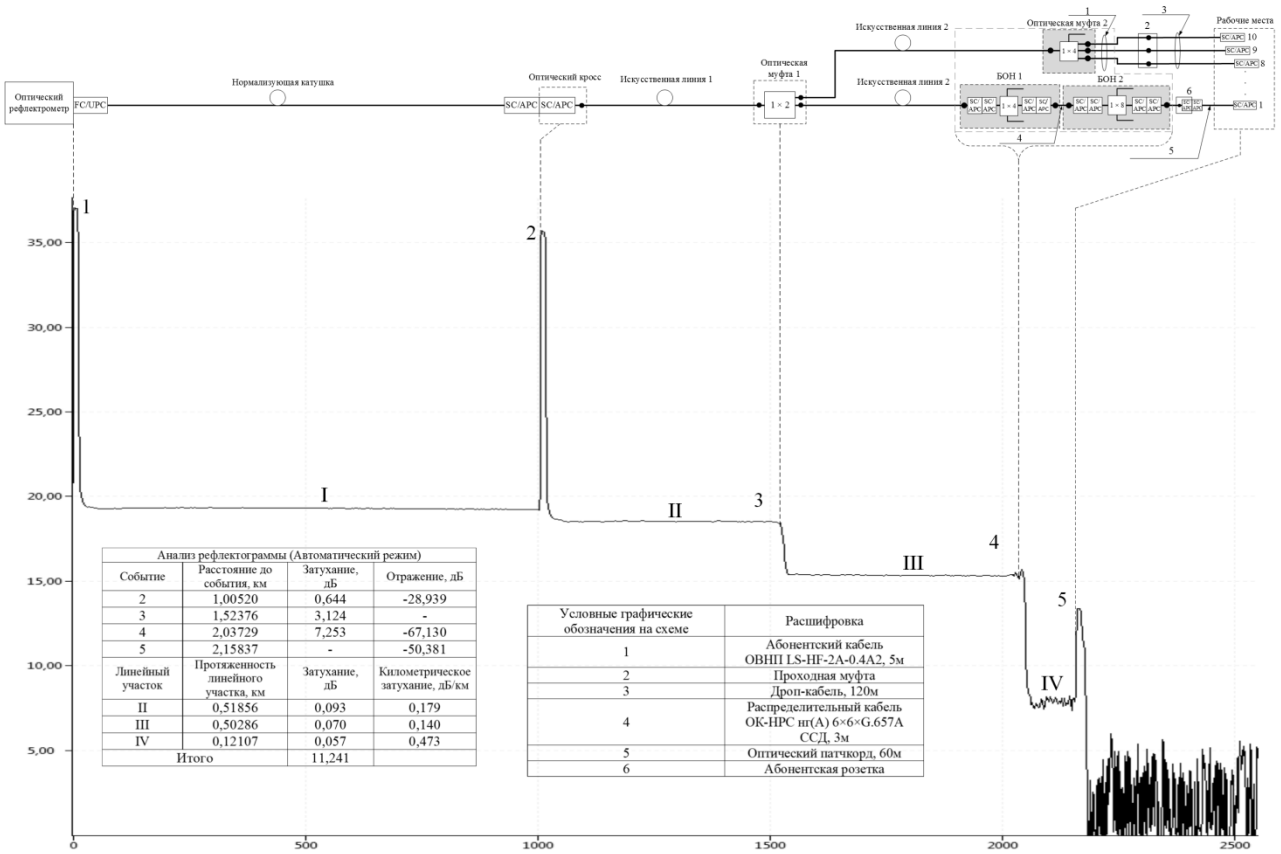


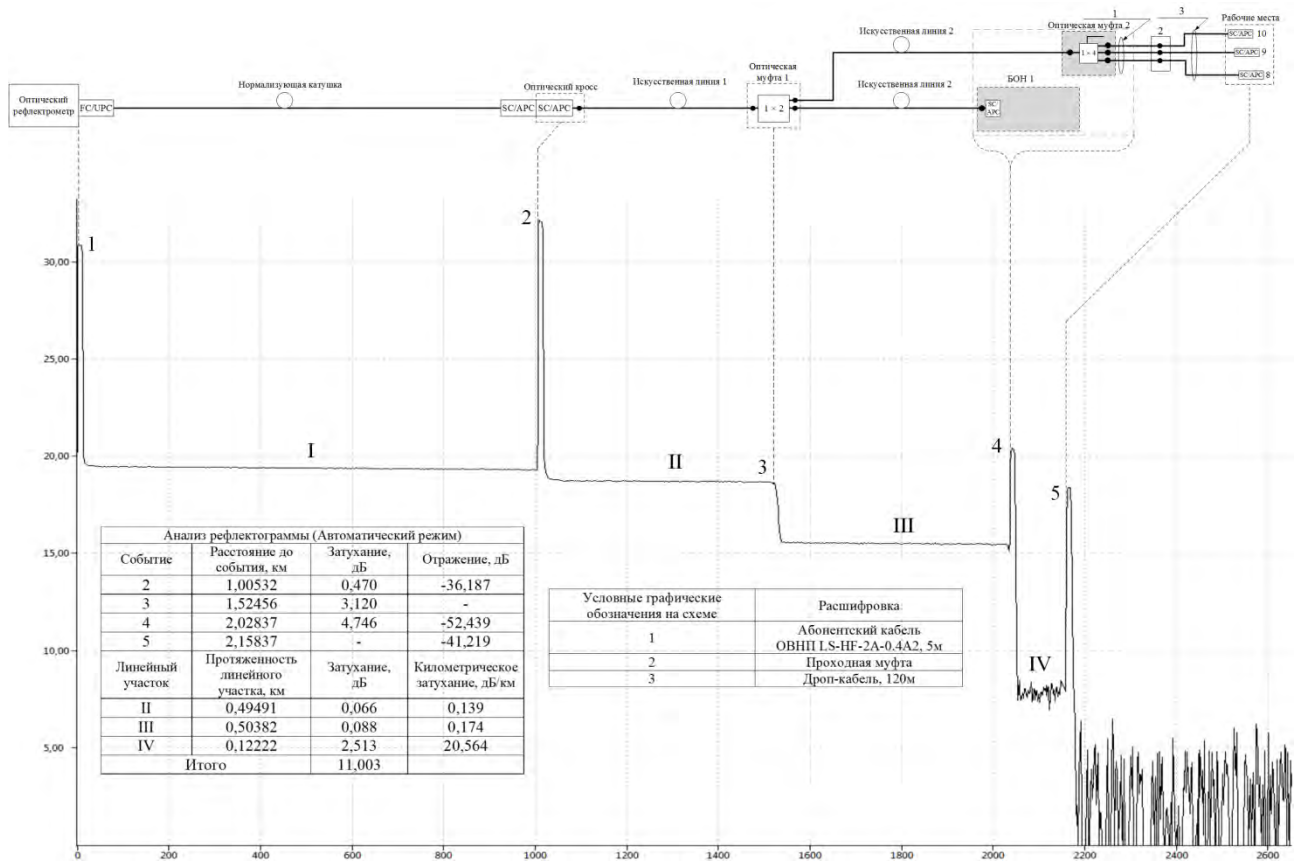

Рисунок 5 - Рефлектограмма в направлении OLT - ONU ($t_и$ = 1000 нс)




| Анализ рефлектограммы (Автоматический режим) | | | |
|---|---|---|---|
| Событие | Расстояние до события, км | Затухание, дБ | Отражение, дБ |
| 2 | 1,00520 | 0,644 | -28,939 |
| 3 | 1,52376 | 3,124 | - |
| 4 | 2,03729 | 7,253 | -67,130 |
| 5 | 2,15837 | - | -50,381 |
| Линейный участок | Протяженность линейного участка, км | Затухание, дБ | Километрическое затухание, дБ/км |
| II | 0,51856 | 0,093 | 0,179 |
| III | 0,50286 | 0,070 | 0,140 |
| IV | 0,12107 | 0,057 | 0,473 |
| Итого | | 11,241 | |

| Условные графические обозначения на схеме | Расшифровка |
|---|---|
| 1 | Абонентский кабель ОВНП LS-HF-2A-0.4A2, 5м |
| 2 | Проходная муфта |
| 3 | Дроп-кабель, 120м |
| 4 | Распределительный кабель ОК-НРС нг(А) 6×6×G.657A ССД, 3м |
| 5 | Оптический патчкорд, 60м |
| 6 | Абонентская розетка |

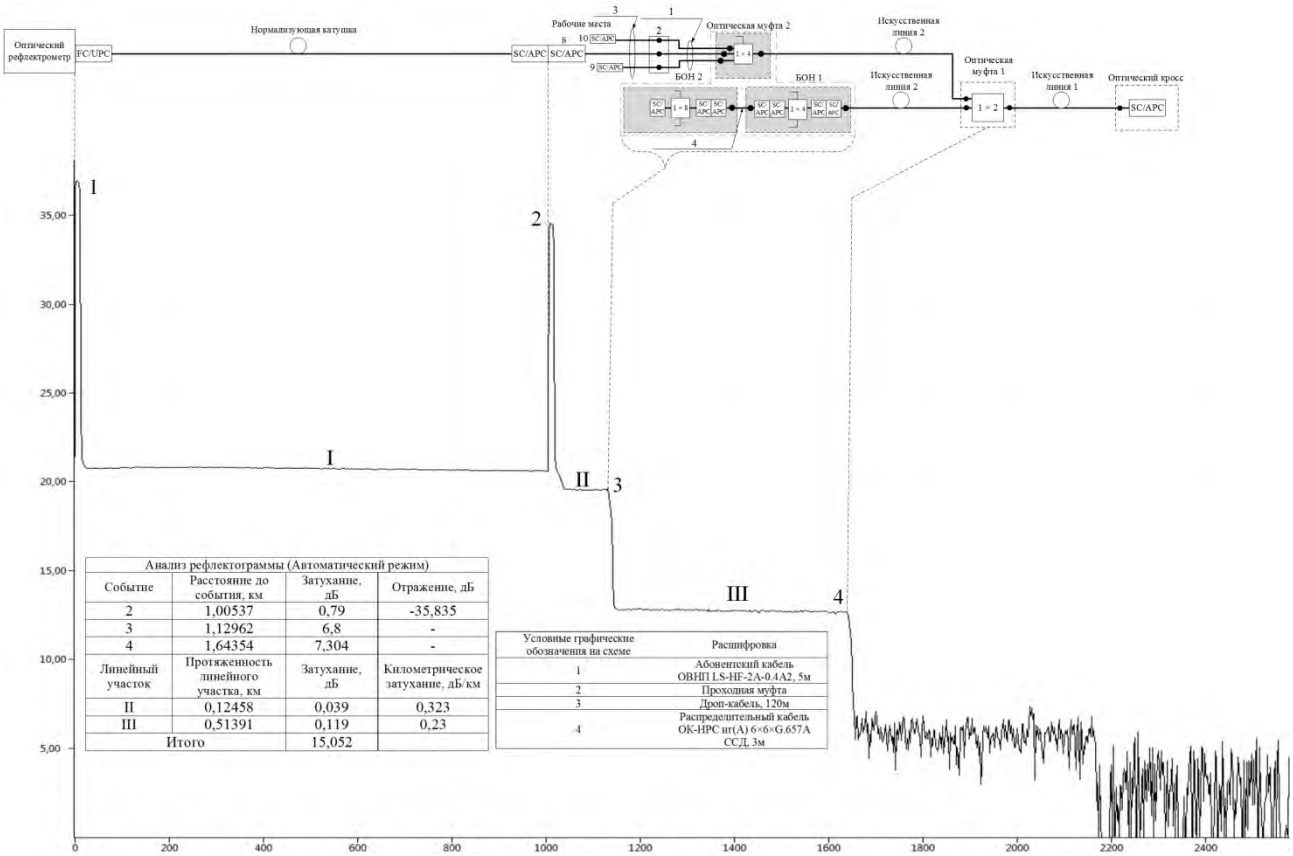
Рисунок 6 - Рефлектограмма в направлении OLT – ONU




| Анализ рефлектограммы (Автоматический режим) | | | |
|---|---|---|---|
| Событие | Расстояние до события, км | Затухание, дБ | Отражение, дБ |
| 2 | 1,00532 | 0,470 | -36,187 |
| 3 | 1,52456 | 3,120 | - |
| 4 | 2,02837 | 4,746 | -52,439 |
| 5 | 2,15837 | - | -41,219 |
| Линейный участок | Протяженность линейного участка, км | Затухание, дБ | Километрическое затухание, дБ/км |
| II | 0,49491 | 0,066 | 0,139 |
| III | 0,50382 | 0,088 | 0,174 |
| IV | 0,12222 | 2,513 | 20,564 |
| Итого | | 11,003 | |

| Условные графические обозначения на схеме | Расшифровка |
|---|---|
| 1 | Абонентский кабель ОВНП LS-HF-2A-0.4A2, 5м |
| 2 | Проходная муфта |
| 3 | Дроп-кабель, 120м |

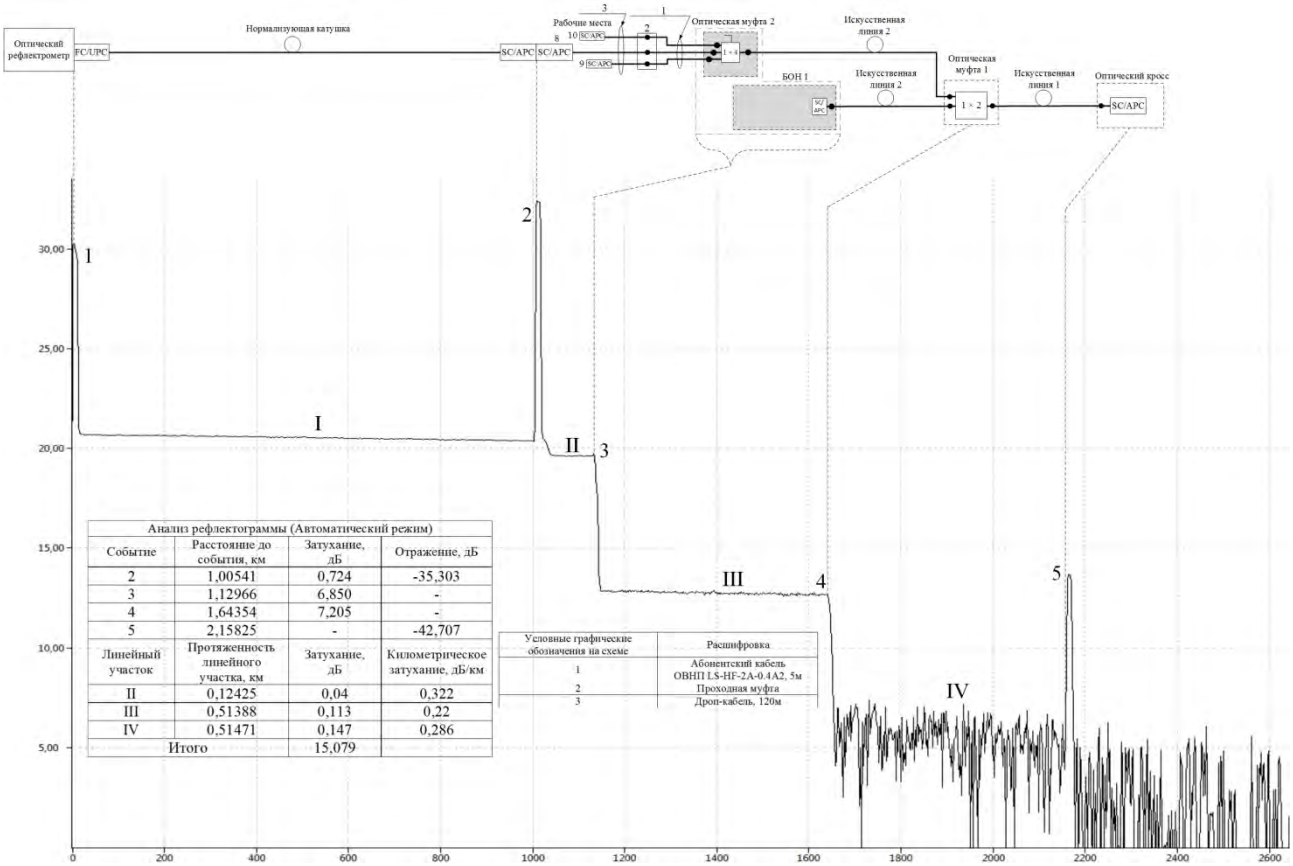
Рисунок 7 - Рефлектограмма OLT – ONU с отключением разветвителя 1×4 в БОНе №1




| Анализ рефлектограммы (Автоматический режим) | | | |
|---|---|---|---|
| Событие | Расстояние до события, км | Затухание, дБ | Отражение, дБ |
| 2 | 1,00537 | 0,79 | -35,835 |
| 3 | 1,12962 | 6,8 | - |
| 4 | 1,64354 | 7,304 | - |
| Линейный участок | Протяженность линейного участка, км | Затухание, дБ | Километрическое затухание, дБ/км |
| II | 0,12458 | 0,039 | 0,323 |
| III | 0,51391 | 0,119 | 0,23 |
| Итого | | 15,052 | |

| Условные графические обозначения на схеме | Расшифровка |
|---|---|
| 1 | Абонентский кабель ОВНП LS-HF-2A-0.4A2, 5м |
| 2 | Проходная муфта |
| 3 | Дроп-кабель, 120м |
| 4 | Распределительный кабель ОК-НРС нт(А) 6×6×G.657A ССД, 3м |

Рисунок 8 - Рефлектограмма от рабочего места №8 до OLT




| Анализ рефлектограммы (Автоматический режим) | | | |
|---|---|---|---|
| Событие | Расстояние до события, км | Затухание, дБ | Отражение, дБ |
| 2 | 1,00541 | 0,724 | -35,303 |
| 3 | 1,12966 | 6,850 | - |
| 4 | 1,64354 | 7,205 | - |
| 5 | 2,15825 | - | -42,707 |
| Линейный участок | Протяженность линейного участка, км | Затухание, дБ | Километрическое затухание, дБ/км |
| II | 0,12425 | 0,04 | 0,322 |
| III | 0,51388 | 0,113 | 0,22 |
| IV | 0,51471 | 0,147 | 0,286 |
| Итого | | 15,079 | |

| Условные графические обозначения на схеме | Расшифровка |
|---|---|
| 1 | Абонентский кабель ОВНП LS-HF-2A-0.4A2, 5м |
| 2 | Проходная муфта |
| 3 | Дроп-кабель, 120м |

Рисунок 9 - Рефлектограмма от ONU №8 до OLT с отключением разветвителя 1×4 в БОНе №1

Если сравнивать численные значения полных оптических потерь, полученных автоматическим анализом рефлектометра, с измеренными значениями, полученных методом вносимых потерь (результаты измерений представлены на рисунке 11 и 12), разница между ними составляет более 1 дБ.

Для получения табличных значений, была измерена опорная мощность сигнала $P_0$ по схеме, рисунок 10.

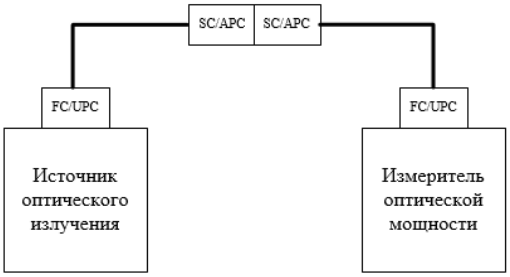
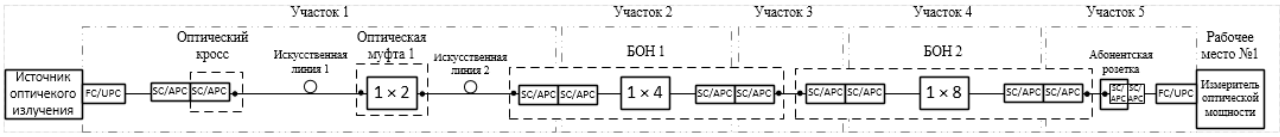


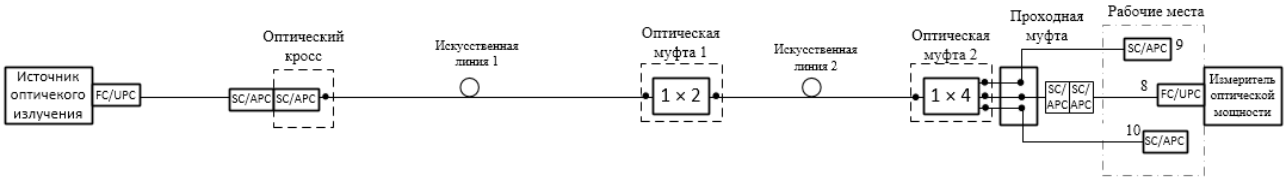

Рисунок 10 - Схема измерения опорной мощности сигнала

После измерения опорной мощности, в разрыв оптического соединении (SC/APC – SC/APC) подключалась натурная модель сеть GPON, примеры схем подключения представлен на рисунке 11 и 12.




| Величина опорной мощности $P_0$ = -40,5 дБ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Измеренные значения, дБ | -47,18 | - | -53,48 | - | -54,14 | - | -64,25 | -67,19 |
| Расчетные значения ($A = P_0 - P_{изм.}$), дБ | 6,68 | - | 12,98 | - | 13,64 | - | 23,75 | 26,69 |

Рисунок 11 - Схема измерения полных оптических потерь натурной модели сети GPON методом светопропускания в направлении OLT – ONU1




| Величина опорной мощности $P_0$ = -40,5 дБ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Измеренные значения, дБ | - | - | - | - | 54,46 |
| Расчетные значения ($A = P_0 - P_{изм.}$), дБ | - | - | - | - | 13,96 |

Рисунок 12 - Схема измерения полных оптических потерь натурной модели сети GPON методом светопропускания в направлении OLT – ONU8

**Заключение**

Из полученных результатов исследовательской работы, вытекают следующие выводы:

1) рефлектометрия разветвленной ВОЛС позволяет оценить целостность и структуру сети;

2) для измерения полных оптических потерь нисходящего и восходящего потока, рекомендуется применять на практике метод вносимых потерь;

3) для получения достоверных рефлектограмм разветвленных сетей GPON, на практике рекомендуется снимать рефлектограммы для отдельных ответвлений (линейных участков) дерева сети GPON.

Рассмотренные вопросы о возможности применимости стандартного измерительного оборудования (оптические рефлектометры OTDR, оптические тестеры), о возможности анализа полученных результатов (рефлектограммы, измеренных численные значения) позволяют разработать методику и алгоритм снятия и анализа рефлектограмм разветвленных ВОЛС, которую можно применить в лабораторно-практических работах по дисциплинам кафедры многоканальной электрической связи УрТИСИ СибГУТИ, что позволит повысить уровень образовательного процесса и подготовить специалистов в области измерений параметров разветвленных ВОЛС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *А.В. Листвин, В.Н. Листвин.* Рефлектометрия оптических волокон. – М.: ЛИСАРарт, 2005
2. *Е.И. Гниломёдов, И.И. Шестаков* Оценка применимости компонентов разветвленных сетей стандарта ITU-T G.984 архитектуры FTTX, для организации учебного процесса с целью формирования профессиональных компетенций выпускников в соответствии с ФГОС ВО 3+. Т 78 Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, часть II - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2017, с 242-248

**В.А. Данилов, Л.В. Данилова**

## ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДУЛЯ РАДИУС-ВЕКТОРА ТОЧКИ С КОРРЕЛИРОВАННЫМИ НЕГАУССОВСКИМИ КОМПОНЕНТАМИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: псевдоогибающая радиосигнала, плотность вероятности, эллиптически-симметричные распределения, корреляционная функция, гауссовская помеха, распределение Релея, нелинейная обработка.

Рассматривается задача определения плотности вероятности случайной величины образованной из соседних отсчётов коррелированного случайного процесса с известной двумерной плотностью вероятности; формулируются условия, при которых рассматриваемое распределение совпадает с распределением огибающей процесса при его узкополосном спектре.

**V.A. Danilov, L.V. Danilova**

## PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF A RADIUS-VECTOR MODULE OF A POINT WITH CORRELATED NONGAUSSIAN COMPONENTS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Rostov state university of transport communications, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: pseudo-envelope radio signal, probability density, elliptically symmetric distributions, correlation function, Gaussian noise, Rayleigh distribution, nonlinear processing.

The problem of determining the probability density of a random variable formed from adjacent samples of a correlated random process with a known two-dimensional probability density is considered; conditions are formulated under which the distribution under consideration coincides with the distribution of the process envelope with its narrow-band spectrum.

В практике радиотехнических расчетов часто требуется знать распределение случайной величины

$$R(x_1, x_2) = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}, \tag{1}$$

образованной из соседних отсчетов

$$\{x_1 = x(t),\ x_2 = x(t+\tau)\}$$

случайного процесса $x(t)$, воздействующего на входе приемника. Такие задачи возникают, например, при исследовании трактов нелинейной обработки с некогерентным

накоплением сигнала при помехе с некоррелированными отсчетными значениями [1]. Если отсчетные значения помехи коррелированны, то вместо (1) следует рассматривать более общую случайную величину

$$\Re(x_1, x_2) = \left[(x_1^2 + x_2^2 - 2\rho(\tau)x_1x_2)/\left(1 - \rho^2(\tau)\right)\right]^{1/2}, \quad (2)$$

где $\rho(\tau)$ – действительная функция от времени $\tau$, удовлетворяющая условию $|\rho(\tau)| \leq 1$ (в общем случае произвольная величина).

Случайную величину $\Re(x_1, x_2)$ из (2) при произвольной функции $\rho(\tau)$ будем называть псевдоогибающей радиосигнала, поскольку её распределение в некоторых случаях совпадает с распределением огибающей.

Цель работы – определение закона распределения псевдоогибающей $\Re(x_1, x_2)$ для случайного процесса $x(t)$ с известной плотностью вероятности $w_2(x_1, x_2)$ его отсчетных значений.

Общее выражение для плотности $W(\Re)$ псевдоогибающей (2) может быть получено из функции $w_2(x_1, x_2)$ путём перехода к обобщенным полярным координатам $\Re$, $\Theta$ по формулам

$$\{x_1 = \Re cos(\Theta - \beta),\ x_2 = \Re sin\Theta\},$$

где

$$\rho(\tau) = \sin\beta. \quad (3)$$

Тогда

$$W(\Re) = \Re\cos\beta\int_0^{2\pi} w_2(\Re\cos(\Theta - \beta), \Re\sin\Theta)\mathrm{d}\Theta. \quad (4)$$

– плотность вероятности псевдоогибающей $\Re(x_1, x_2)$ при известной совместной плотности $w_2(x_1, x_2)$ коррелированных составляющих. Отметим, что функция $W(\Re)$ зависит от $\rho(\tau)$, и эта зависимость входит в $\Re$ через величину $\beta$, определяемую (3).

Для некоторого класса двумерных плотностей $w_2(x_1, x_2)$ распределение $W(\Re)$ соответствует распределению $W_A(A)$ огибающей $A(t)$ случайного процесса при его узкополосном спектре. Таким является класс эллиптически-симметричных (ЭС) распределений [2], для которых зависимость от переменных $(x_1, x_2)$ встречается только в комбинации вида (2). При этом

$$\rho(\tau) = r(\tau), \quad (5)$$

где

$$r(\tau) = B_x(\tau)/B_x(0)$$

– коэффициент корреляции рассматриваемых компонент; $B_x(\tau)$ – корреляционная функция помехи.

Таким образом,

$$w_2(x_1, x_2) = C_1 f_1(\Re), \tag{6}$$

где $C_1$ – нормировочная константа; $f_1(\Re)$ – преобразование Бесселя 0-порядка одномерной характеристической функции $Q_1(v)$ случайного процесса $x(t)$:

$$f_1(\Re) = (2\pi \cos\beta)^{-1} \int_0^\infty Q_1(v) J_0(\Re v) v dv \tag{7}$$

($J_0(x)$ – функция Бесселя). Из (6), (7) следует, что ЭС двумерная плотность полностью определяется одномерной плотностью $w_1(x)$, связанной преобразованием Фурье с функцией $Q_1(v)$, и коэффициентом $r(t)$. При этом одномерная плотность и соответствующая ей характеристическая функция являются четными. Стационарный случайный процесс $x(t)$, для которого двумерное распределение эллиптически-симметрично и определяется путем задания одномерной плотности и корреляционной функции (6), (7), будем называть ЭС-процессом.

Можно показать, что для двумерной ЭС плотности (6) при выполнении условия (5) распределение $W(\Re)$ идентично распределению $W_A(A)$. Действительно, подставляя (6) в (4), получаем

$$W(\Re) = 2\pi C_1 \cos\beta\, \Re f_1(\Re). \tag{8}$$

Выполнив в (7) сначала обратное преобразование Бесселя, а затем обратное преобразование Фурье, с учетом (8) найдем

$$w_1(x) = (\pi C_1)^{-1} \int_0^\infty W(|x| chz) dz.$$

Полученное выражение с точностью до постоянного множителя совпадает с приведенным в [3], которое определяет взаимосвязь распределений $w_1(x)$ и $W_A(A)$. Следовательно, для ЭС двумерных плотностей (6), при условии выполнения (5), распределение $W(\Re)$ идентично распределению $W_A(A)$.

Конкретизируем высказанные положения для гауссовской плотности с дисперсией $\sigma^2$ и коэффициентом автокорреляции $r(t)$.

Из (4) получаем

$$W(\Re) = \frac{\Re}{\sigma^2}\left(\frac{1-\rho^2}{1-r^2}\right)^{1/2} exp\left[-\frac{\Re^2(1-\rho r)}{2\sigma^2(1-r^2)}\right] I_0\left[\frac{\Re^2(\rho - r)}{2\sigma^2(1-r^2)}\right], \tag{9}$$

где $I_0(z)$ – модифицированная функция Бесселя 1-го рода. При выполнении(5) функция (9) переходит в закон Релея, характеризующий распределение огибающей узкополосного гауссовского шума.

Сумма произвольного числа ЭС-процессов, обладающих одинаковым коэффициентом корреляции, также является ЭС-процессом. Следовательно, сумма двух независимых стационарных случайных процессов – нормального с дисперсией $\sigma^2$, коэффициентом $r_1(\tau)$ и квазидетерминированного гармонического колебания постоянной амплитуды $A_0$, частоты $\omega_0$ и случайной фазы, равномерно распределенной на интервале (0; 2π), будет ЭС-процессом при выполнении (5). Поскольку автокорреляционная функция для квазидетерминированного колебания пропорциональна $\cos\omega_0\tau$, (5) эквивалентно равенству

$$\rho(\tau) = r_1(\tau) = \cos\omega_0\tau. \tag{10}$$

С помощью [4] можно показать, что при выполнении (10) двумерная плотность вероятности суммарного процесса

$$w_2(x_1, x_2) = \left(2\pi\sigma^2\sqrt{1-\rho^2}\right)^{-1} exp\left(-\frac{A_0^2+\Re^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{A_0\Re}{\sigma^2}\right). \tag{11}$$

К распределению (11) можно прийти, используя (7) и характеристическую функцию для суммарного процесса

$$Q_1(v) = J_0(A_0 v) exp(-\sigma^2 v^2/2).$$

Выполнив в (7) интегрирование, получим (11).

Распределение $\Re(x_1, x_2)$, найденное с помощью (8), (11), описывается обобщенной формулой Релея, характеризующей распределение огибающей суммарного процесса при его узкополосном спектре [4]. Полученные вероятностные характеристики (9), (11) могут быть использованы для расчета трактов обнаружения с некогерентным накоплением сигнала при полосовом спектре помехи и в других радиотехнических задачах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Данилов В.А., Данилова Л.В.* Метод инерционного амплитудного подавления коррелированных негауссовских помех. // Радиотехника. – 1991, №7, с.3-8.
2. *McGROW D.K., Wagner J.F.* Elliptically Symmetric Distributions. // IEEE Trans. 1968, v. IT-14, №1, p. 110-120.
3. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982, – 624 с.
4. *Левин Б.Р.* Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989, – 656 с.
5. *Данилов В.А.* Вероятностные характеристики суммы произвольного числа случайно-модулированных колебаний и коррелированного гауссовского шума. // Радиотехника. – 1991, №1, с. 42-45.
6. *Данилов В.А.* Вероятностные характеристики гармонического колебания с амплитудно-угловой модуляцией. // Радиотехника и электроника. – 1990, т. 35, №1, с. 208-211.

**В.А. Данилов, Ю.В. Жабинский, А.С. Усик**

# ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУММЫ ПРОИЗВОЛЬНОГО ЧИСЛА СЛУЧАЙНО-МОДУЛИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ И КОРРЕЛИРОВАННОГО ГАУССОВСКОГО ШУМА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: многокомпонентный случайный процесс, характеристическая функция, плотность вероятности, моментная функция, амплитудное подавление.

В статье рассматриваются вероятностные характеристики многокомпонентного случайного процесса в виде n-мерной суммы гармонических колебаний и коррелированного гауссовского шума.

**V.A. Danilov, Y.V. Zhabinskiy, A.S. Usik**

# PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF AN ARBITRARY NUMBER AMOUNT OF RANDOMLY-MODULATED OSCILLATIONS AND CORRELATED GAUSSIAN NOISE

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Случайный процесс в виде суммы одного гармонического колебания со случайной угловой модуляцией и белого гауссовского шума часто встречается в радиотехнической практике. Двумерные вероятностные характеристики такого процесса известны [1]. Однако более реальна ситуация, когда на вход приемника воздействует сумма некоторого числа случайно-модулированных гармонических колебаний и вместо белого шума рассматривается коррелированный гауссовский шум. Такая модель многокомпонентного коррелированного случайного процесса точнее учитывает различные помеховые ситуации, возникающие в практике радиотехнических расчетов.

Цель работы – определение двумерной плотности вероятности многокомпонентного случайного процесса (МСП) и расчет характеристик МСП, вытекающих из двумерной плотности.

Математическую модель МСП примем в виде

$$x(t) = \sum_{j=1}^{n} y_j(t) + n(t), \tag{1}$$

где $y_j(t) = A_j\cos[\omega_j t + \Phi_j(t) + \theta_j]$ – $j$-я компонента МСП, амплитуда $A_j$ и частота $\omega_j$ которой фиксированные величины; $\theta_j$ – случайная начальная фаза, равномерно распределенная на интервале [0; 2π]; $\Phi_j(t)$ – нормальный случайный процесс, характеризующий закон угловой модуляции составляющей $y_j(t)$; $n(t)$ – коррелированный гауссовский шум с параметрами $\sigma^2$ и $R(\tau)$.

Случайные процессы $\Phi_j(t)$, $j$ = 1, 2, …, $n$ или их некоторая часть, могут быть нестационарными. Полагаем, что все суммируемые в (1) процессы независимы между собой и не зависят от гауссовского шума. Это означает, что случайные процессы $\Phi_j(t)$ и случайные начальные фазы $\theta_j$ считаются взаимонезависимыми.

Для определения двумерной плотности вероятности процесса (1) воспользуемся методом характеристических функций. С помощью [1] запишем выражение для двумерной характеристической функции составляющей $y_j(t)$ в виде

$$Q_j(u_1,u_2) = \sum_{k_j=0}^{\infty} \varepsilon_{k_j}(-1)^{k_j} F_{k_j}^{(j)}(t_1,t_2)\cos\left(k_j\omega_j\tau\right)\ \ J_{k_j}\left(A_j u_1\right)J_{k_j}\left(A_j u_2\right), \tag{2}$$

где $\varepsilon_0 = 1$, $\varepsilon_{k_j} = 2$ при $k_j \geq 1$; $\tau = (t_2 - t_1)$; $J_{k_j}(x)$ – функция Бесселя 1-го рода;

$$F_{k_j}^{(j)}(t_1,t_2) = [F_{k_j}^{(j)}(t_1,t_2)]^{k_j^2}, \quad k_j = 0,1,2,\dots,\infty. \tag{3}$$

Функция $F_1^{(j)}(t_1,t_2)$ в (2), (3) представляет собой характеристику, определяемую законом $\Phi_j(t)$ угловой модуляции составляющей $y_j(t)$. При этом на основании [1] заключаем, что $F_1^{(j)}(t_1,t_2)$ является огибающей корреляционной функции этой составляющей.

Воспользовавшись выражением для двумерной характеристической функции коррелированного гауссовского шума [2]

$$Q_n(u_1,u_2) = exp\left[-\frac{\sigma^2}{2}(u_1^2+u_2^2)\right]\sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m\frac{(\sigma^2 u_1 u_2)^m}{m!}R^m(\tau),$$

представим выражение для двумерной характеристической функции совокупного процесса (1) в виде

$$Q_n(u_1,u_2) = exp\left[-\frac{\sigma^2}{2}(u_1^2+u_2^2)\right]\sum_{\vec{k}=0}^{\infty}\sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m\frac{(\sigma^2 u_1 u_2)^m}{m!}R^m(\tau)\ \times$$
$$\times\prod_{j=1}^{n}\left\{\varepsilon_{k_j}(-1)^{k_j}F_{k_j}^{(j)}(t_1,t_2)\cos(k_j\omega_j\,\tau)(A_j u_1)J_{k_j}(A_j u_2\right\}, \tag{4}$$

где $k$ – набор символов

$$k = (k_1, k_2, \dots, k_n) \tag{5}$$

каждый из которых независимо принимает значения 0, 1, … , $\infty$; $\sum_{\vec{k}}(\cdot)$ – n - кратная сумма, соответствующая (5).

Формула (4) позволяет получить искомые вероятностные характеристики. Выполняя преобразование Фурье для (4), заменяя при этом функцию Бесселя $J_{k_j}$(x), $j = 1, 2, \dots, n$ ее интегральным представлением, после вычисления всех интегралов с помощью [3], получаем

$$w_2\left(\overset{*}{x}_1, \overset{*}{x}_2\right) = \sum_{\vec{k}=0}^{\infty}\sum_{m=0}^{\infty}\frac{R^m(\tau)}{m!}D_{\vec{k},m}(\overset{*}{x}_1)D_{\vec{k},m}(\overset{*}{x}_2)\prod_{j=1}^{n}\left\{\varepsilon_{k_j}F_{k_j}^{(j)}(t_1,t_2)\right\}\cos(k_j\,\omega_j\tau)\,, \tag{6}$$

где $\overset{*}{x}_1 = x(t_1)/A_0$ и $\overset{*}{x}_2 = x(t_2)/A_0$, $A_0 = (\sum_{j=1}^{n}A_j^2)^{1/2}$ – нормированные переменные.

Функция $D_{k,m}(x)$ в (6) представляет собой $n$ – кратный интеграл

$$D_{\vec{k},m}(x) = \frac{1}{(2\pi)^n}\sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}\int\dots\int_{-\pi}^{\pi}e^{-\alpha(x-a)^2}\,H_m\left[\sqrt{2\alpha}(x-a)\right]\times$$
$$\times\cos(k_1\varphi_1)\dots cos(k_n\varphi_n)d\varphi_1\dots\,d\varphi_n\,, \tag{7}$$

где $H_m(x)$ – полиномы Эрмита;

$$\alpha = \frac{A_0^2}{2\sigma^2} = \sum\nolimits_{j=1}^{n}\alpha_j\;; \qquad a = \sum_{j=1}^{n}\sqrt{\frac{\alpha_j}{\alpha}}\,cos\varphi_j\,, \tag{8), (9}$$

где $\alpha_j$ – отношение мощности составляющей $y_j(t)$ к мощности гауссовского шума; $\alpha$ – аналогичный параметр для совокупного процесса.

Таким образом, выражение (6) – искомая вероятностная характеристика суммарного процесса. В силу не стационарности $\Phi_j$(t) двумерная плотность (6) зависит от переменных $t_1, t_2$. Однако, для упрощения эта зависимость при записи левой части (6) опущена. Полагая в (6) $n = 1$ и $R(\tau) = 0$ легко получить выражение двумерной плотности для однокомпонентного случайного процесса, которое с точностью до обозначений совпадает с выражением из [1].

Рассмотрим некоторые частные случаи, вытекающие из (6) для чего приведем значения интегралов

$$\int_{-\infty}^{\infty}D_{\vec{k},m}(x)dx = \begin{cases} 1, & \vec{k} = m = 0 \\ 0, & \vec{k} \neq 0, m \neq 0 \end{cases} \tag{10}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty}xD_{\vec{k},m}(x)dx = \begin{cases} \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\alpha_i}{\alpha}}, & (\,k_j = 0,\;\; k_i = 1,\;\; i \neq j\,);\;\; m = 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2\alpha}}, & \vec{k} = 0, m = 1 \\ 0, & m \geq 2. \end{cases} \tag{11}$$

Эти интегралы получены с помощью (7) – (9) и с учетом свойств ортогональности тригонометрических функций и полиномов Эрмита [3]. Верхняя строка в (11) означает, что соответствующий интеграл отличен от нуля и равен $0{,}5\sqrt{\alpha_i/\alpha}$ при такой комбинации индексов (5), когда все $k_j = 0$ за исключением $k_i(i \neq j) = 1,$ при этом $m = 0$ .

С помощью (10) нетрудно проверить условие нормировки для (6), а также получить выражение для одномерной плотности вероятности:

$$w_1\left(\overset{*}{x}\right) = D_{0,0}\left(\overset{*}{x}\right) = \frac{1}{(2\pi)^n}\sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}\int \dots \int_{-\pi}^{\pi} \exp\left[-\alpha(\overset{*}{x}-\alpha)^2\right] d\varphi_1 \dots d\varphi_n. \qquad (12)$$

Интеграл из (11) позволяет вычислить корреляционную функцию $B_{\overset{*}{x}}(t_1, t_2)$ суммарного процесса (1). Принимая во внимание (3), (6), получаем

$$B_{\overset{*}{x}}(t_1, t_2) = \left[\sum_{j=1}^{n} \alpha_j F_1^{(j)}(t_1, t_2) cos\omega_j + R(\tau)\right](2\alpha)^{-1}$$

При $n = 1$ из последней формулы можно получить известное выражение для корреляционной функции однокомпонентного случайного процесса [1].

Рассмотрим теперь некоторые частные случаи, вытекающие из (12). Полагая в (8), (9) $n = 1$, учитывая, что при этом $\alpha = \alpha_1,\ \alpha = \cos\varphi_1$ , с помощью (12) получаем

$$\begin{aligned} w_1\left(\overset{*}{x}\right) &= \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}\int_{-\pi}^{\pi} exp\left[-\alpha(\overset{*}{x}-\cos\varphi_1)^2\right] d\varphi_1 = \\ &= \sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}\, e^{-\alpha\overset{*}{x}^2} e^{\alpha/2} \sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon_k\,(-1)^k\, I_k\left(\frac{\alpha}{2}\right)\, I_{2k}\left(2\alpha\overset{*}{x}\right) \end{aligned}, \qquad (13)$$

где $I_k(x)$ – функция Бесселя от мнимого аргумента.

Выражение (13) соответствует плотности вероятности однокомпонентного случайного процесса (1) и совпадает с приведенным в [2]. Дисперсия процесса (1), заданного распределением (12), $\sigma_x^2 = 1/2 + 1/2\alpha$ , где $\alpha$ – определяется (8).

Путем несложных вычислений с использованием свойств ортгональности тригонометрических функций и полиномов Эрмита, можно получить выражения и для начальных моментов распределения (12) более высокого порядка. Однако в силу громоздкости получаемой формулы, не будем приводить ее для произвольного значения $n$. Ограничимся выражением для начальных моментов порядка $2p$ при $n = 2$:

$$m_{2p}(n=2) = \frac{(2p)!}{\alpha^p 2^{2p}} \sum_{k=0}^{n} \sum_{q=0}^{(p-k)} \frac{1}{k!} \frac{\alpha_1^{p-k-q}\alpha_2^q}{(p-k-q)!^2\, q!^2}\ , \qquad p = 0{,}1{,}2 <, \dots, \infty\ . \qquad (14)$$

При $n \geq 3$ путем наращивания кратности суммы с одновременным уменьшением числа членов во внутренних суммах можно составить выражение для $m_{2p}$ при произвольном $n$. При $n = 1$ ($\propto_1 = \alpha;\ \alpha_2 = 0$) выражение моментной функции

однокомпонентного случайного процесса, вытекающее из (14), совпадает с приведенным в [4].

Распределение огибающей $\rho(t)$ ( ненормированной ) многокомпонентного случайного процесса (1), полученное на основании [5],

$$W(\rho) = \rho \int_0^\infty x J_0(\rho x) e^{-\frac{x^2\sigma^2}{2}} \prod_{j=1}^{n} J_0\,(A_j x) dx \quad (15)$$

При $n = 1$ для однокомпонентного случайного процесса, (15) определяет обобщенный закон Релея [2].

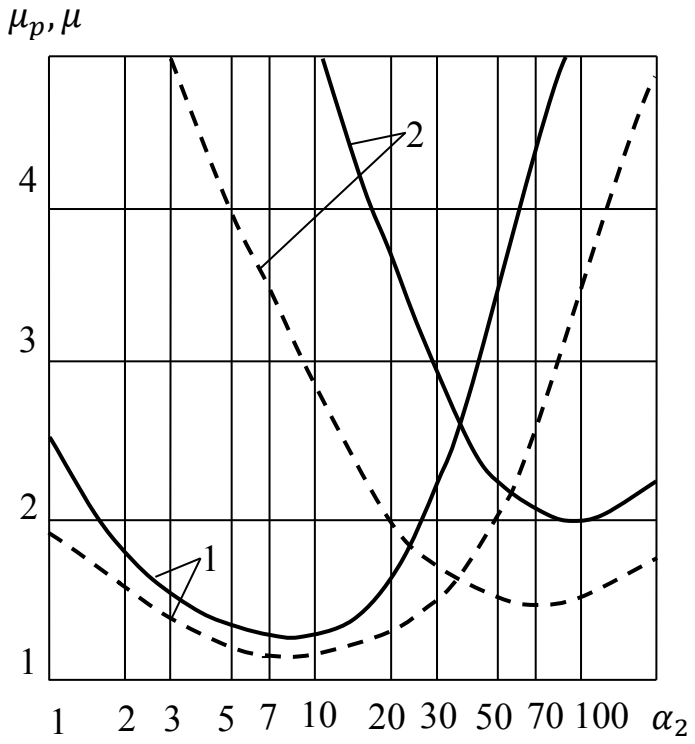



Рис.1.Эффективность амплитудного подавления двухкомпонентного случайного процесса

Рассмотрим расчет характеристик эффективности $\mu_p, \mu$ амплитудного подавления двухкомпонентного ($n = 2$) негауссовского случайного процесса (1), соответствующих полосовому и широкополосному спектру совокупной помехи, достигаемого применением безынерционных нелинейных преобразователей (НП) [6]. Будем считать, что характеристика НП аппроксимируется кубической параболой $f(x) = x + dx^3$, коэффициент $d$ которой оптимизируется для случая воздействия помех с заданным спектром. На рисунке непрерывными кривыми *1, 2* показаны зависимости $\mu_p(\alpha_2)$ при $\alpha_1 = 10$ и $\alpha_1 = 100$ соответственно. Штриховые кривыми *1, 2* соответствуют зависимости $\mu(\alpha_2)$ и построены при тех же значениях $\alpha_1$. В данном случае для расчета $\mu(\alpha_2)$ использованы выражения моментных функций из (14), а расчет $\mu_p(\alpha_2)$ проводился с помощью значений $M_2, M_4, M_6$ с начальных моментов распределения огибающей (15) при $n = 2$ . Общее значение взаимосвязи указанных моментов дается соотношением [7] $M_{2p} = (2p)!!\, m_{2p}/(2p-1)!!$ .

Как видно из приведенных данных, характеристики эффективности подавления имеют экстремум-минимум, соответствующий $\alpha_1 = \alpha_2$. Это объясняется тем, что при равной мощности отдельных модулированных составляющих, совокупная помеха в наибольшей степени приближается ( в вероятностном смысле ) к гауссовской помехи, и эффективность ее подавления минимальна. Эффективность подавления тем больше, чем в большей степени отличаются между собой значения $\alpha_1$ и $\alpha_2$.

Полученное выражение (6) для двумерной плотности многокомпонентного случайного процесса (1) обобщает известные результаты и может использоваться в практике конкретных радиотехнических расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Валеев В.Г., Данилов В.А.* – Радиотехника и электроника, 1971, т.16, №2.
2. *Левин Б.Р.* Теоретические основы статистической радиотехники. Кн. 1. – М: Сов. радио, 1974.
3. Гр*адштейн И.С., Рыжик И.М.* Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Наука, 1971.
4. *Данилов В.А.* – Радиотехника, 1987, № 11.
5. *Рытов С.М.* Введение в статистическую радиофизику. Ч. 1. – М.: Наука, 1976.
6. *Валеев В.Г., Гонопольский В. Б.* – Радиотехника и электроника, 1981, т.26 № 11.
7. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. – М. : Радио и связь, 1982.



**М.А. Дерканосов, А.Н. Чикалов**


## ПОИСК ДАННЫХ В БОЛЬШИХ МАССИВАХ ИНФОРМАЦИИ


Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия



Ключевые слова: базы данных, линейный поиск, бинарный поиск, индексирование, инструменты поиска.



В данной статье рассматриваются механизмы поиска в больших массивах информации, проведено сравнение этих методов, проанализированы инструменты поиска в современных базах данных, особенности и свойства механизма индексирования.

**M.A. Derkanosov, A.N. Chikalov**

# SEARCH DATA IN LARGE ARRAYS OF INFORMATION

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: databases, linear search, binary search, indexing, search tools.

This article discusses the search mechanisms in large amounts of information, a comparison of these methods, analyzed search tools in modern databases, features and properties of the indexing mechanism.

В настоящее время эффективность управленческих и инженерных решений основана на возможности получения полной и своевременной информации по различным направлениям деятельности. Для многих организаций информация, кроме всего, представляет собой самостоятельную ценность. Потеря важной информации или несвоевременное ее получение может привести к существенным финансовым, репутационным, оперативным и технологическим проблемам. Необходимость постоянно обеспечивать всех участников технологического процесса достоверной, полной, непротиворечивой и актуальной информацией определяет ключевую задачу в повышении эффективности управления на основе современных информационных технологий.

Одной из проблем этого процесса является эффективный поиск информации в существующих базах данных (БД). Он основан на принципах точного соответствия либо механизмах контекстного поиска.

В современных реляционных база данных информация организована в виде структурированных записей, каждая из которых имеет уникальное ключевое поле. Это поле называется первичным ключом и предназначено для идентификации каждой конкретной записи. Целью поиска является выделение всех записей, удовлетворяющих условию поиска.

Процедура поиска строится на основе методов последовательного, двоичного поиска или их комбинации.

## Последовательный поиск

Идея метода основана на последовательном переборе всех элементов в искомом массиве. Для реляционных баз данных ими являются выделенные для поиска поля всех записей в активных таблицах или запросах.

Алгоритм предполагает последовательное сравнение очередного выбранного поля с условием отбора. Процесс реализуется последовательно от первого ключа (записи) до последнего. Ели поле обнаружено, то процесс завершается фиксацией соответствующего ключа. Если поле не найдено, то завершение может отмечаться условным кодом или значением ключа, следующим за последним имеющимся в массиве. При самом неудачном расположении искомого поля, при котором он может быть последним в массиве, или

вообще при отсутствии искомого поля алгоритмический процесс завершится на максимальном шаге.

Последовательный поиск требует времени на реализацию пропорционально количеству записей в объекте поиска N. При отсутствии искомого элемента алгоритм однозначно переберет все N элементов. При случайном расположении искомых полей сложность алгоритма, обычно, оценивают некоторой средней величиной N/2 шагов. Сложность алгоритма линейна по отношению к размеру массива для поиска. Поэтому метод называют часто линейным методом.

## Двоичный поиск

Двоичный (или бинарный, или метод деления пополам, или поиск половинным делением) поиск предполагает наличие массива, который предварительно отсортирован в порядке возрастания по искомому полю. Суть метода сводится к разбиению массива на две равные части и продолжение поиска только в той половине, в которую входит искомый элемент.

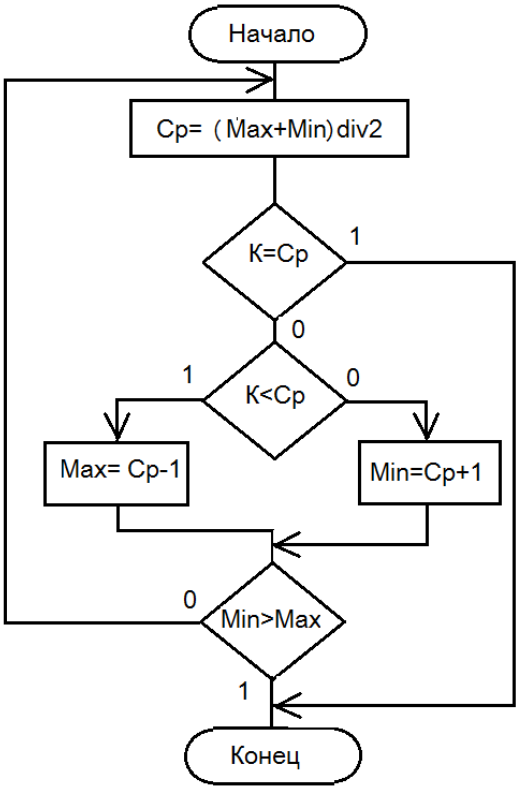



Рис.1. Схема алгоритма бинарного поиска

Алгоритм предполагает назначение наименьшего элемента массива (Min), максимального значения (Max) и искомого значения (К). Процедура начинается с вычисления среднего элемента (Ср) и определения факта совпадения искомого элемента со средним значением. Если искомый элемент обнаружен, то процедура завершается. Следует учесть, что деление должно происходить нацело.

Если совпадение не обнаружено, то в зависимости от положения среднего значения должно произойти переназначение минимальной и максимальной границы поиска таким образом, чтобы дальнейший поиск проходил только в той половине, где находится искомый элемент.

Например, если искомый элемент меньше среднего значения, то поиск должен повториться при прежней минимальной границе, а максимальная граница должна стать на единицу меньшей среднего значения. Совпадение с самой средней границей уже проверено на предыдущих шагах алгоритма.

Если элементы для поиска еще существуют, то процедура поиска повторяется заново. Если элементов для поиска больше нет, то алгоритм завершается и должен выдаваться отрицательный результат. Схема алгоритма бинарного поиска представлена на рис.1.

При N элементах массива каждое деление пополам сокращает количество элементов для поиска вдвое. Следовательно, искать необходимо количество возможных

делений на два. В представленном на рис.1 алгоритме фиксация найденного элемента происходит в начале следующего шага. Поэтому можно считать, что общее число шагов поиска n при самом неудачном количестве элементов N связано с количеством элементов массива соотношением

$$N = 2^n - 1$$

Поэтому сложность алгоритма, выраженная в количестве шагов может быть представлена в виде $log_2 N + 1$.

Поэтому, чем больше количество элементов, тем более значительней выигрыш будет у двоичного метода по сравнению с линейным. При малых объемах массива с учетом быстродействия вычислительной техники различие будет незаметным. Однако в условиях динамического изменения информационных массивов время, требуемое на упорядочение массива для применения двоичного поиска, может свести к минимуму все ожидания на выигрыш.

Алгоритм двоичного поиска реализуется в быту, например, при поиске в словаре искомого символа. Словарь открывается наугад, а дальнейший поиск осуществляется только выше или ниже открытой страницы. Однако, в отличие от алгоритма на рис.1, человек следующую страницу в выбранной половине ищет с некоторой оптимизационной функцией, прогнозируя следующую точку открытия словаря по текущему символу и степени удаленности его до ближайших границ.

Сравнение двух методов по различным критериям приведено в табл.1

Таблица 1

Сравнение линейного и двоичного методов поиска

| Критерии | Линейный поиск | Двоичный поиск |
|---|---|---|
| Средняя производительность метода | N/2 | $log_2 N + 1$ |
| Возможность динамического изменения массива поиска | Допустимо | Не предполагается |
| Требования к массиву поиска | Нет | Упорядочен (отсортирован) |
| Рост сложности алгоритма от количества элементов | Линейно | Логарифмически |
| Время внесения новой или удаления имеющейся информации из массива | Равно времени выполнения операции | Равно времени выполнения операции и осуществления повторной сортировки |

Блочный поиск

Блочный поиск предполагает организацию данных в виде самостоятельных блоков, разграниченных по определенному признаку. Например, как записи в телефонной книжке. К одной букве отнесены записи разных абонентов, но внутри блока,

идентифицированного этой буквой, записи могут быть упорядоченные, либо неупорядоченные. В зависимости от этого метод реализуется либо блочно-последовательный, либо блочно-бинарный.

Поиск при этом осуществляется в два этапа: сначала поиск блока, затем поиск внутри выделенного блока. Разделение самих блоков на составляющие приводит к необходимости решения самостоятельной задачи поиска на уровне уже самих блоков.

Отдельные многоуровневые структуры при декомпозиции могут образовывать иерархические структуры. Например, лексикографические для больших словарей, или файловая система для хранения данных на компьютере. Для них поиск осуществляется методом спуска: последовательный поиск блока верхнего уровня, затем в нем поиск блока нижнего уровня.

В любом случае, блочная организация информационных массивов обеспечивает значительное увеличение скорости поиска за счет упорядоченного отсечения неперспективных областей. Однако при этом, как и при упорядочении массива для бинарного поиска, возникает проблема предварительной классификации данных для размещения в требуемый блок.

## Типовые инструменты поиска в базах данных

Современные базы данных используют множество различных инструментов для поиска данных. Извлечение данных является одной из основных функций систем управление базами данных (СУБД). Инструменты поиска в БД представлены на рис.2.

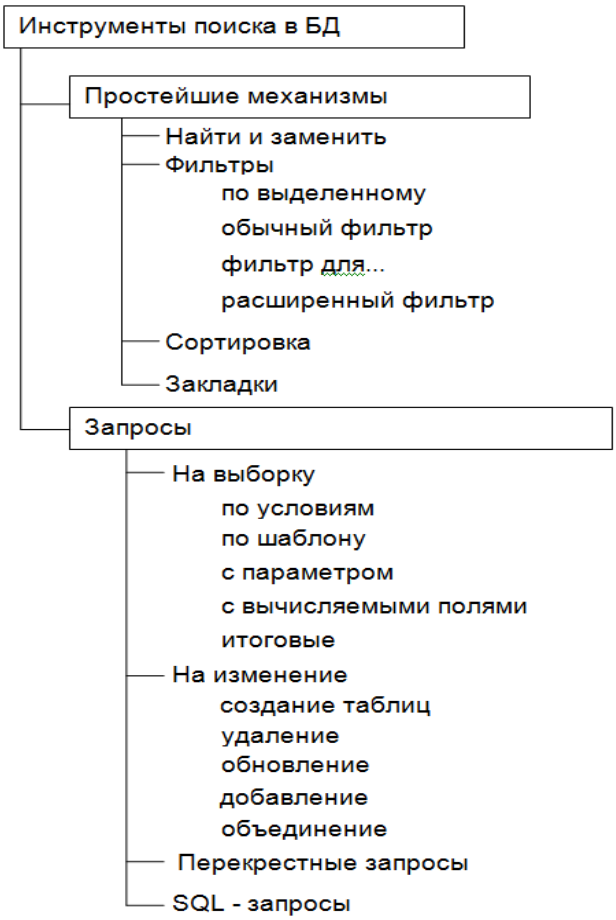



Рис.2. Классификация инструментов поиска в БД

В типовых СУБД используется несколько инструментов фильтрации данных:

– по выделенному. Механизм позволяет найти все записи, содержащие определенное значение в выбранном поле. Причем задание может осуществляться по всему полю, по шаблону (образцу), с учетом места размещения выделенного фрагмента в записи, с учетом формата, представлять данные по исключению;
– обычный фильтр. Этот механизм предполагает отбор записей по значениям нескольких полей;
– инструмент "Фильтр для". Предполагает самостоятельный ввод конкретного значения или выражения, которые будут использованы в качестве условия для поиска;
– расширенный фильтр. Этот механизм предусматривает поиск и сортировку по нескольким критериям, выражения для которых формируются в специальном бланке. По сути это некий аналог запроса.

Закладки используются как вспомогательный инструмент для быстрого возврата к нужной записи. Реализуются они с помощью макросов.

## Механизм индексирования данных в БД

Для увеличения скорости поиска данных в современных СУБД создают так называемые индексы для конкретных полей таблицы хранения. Фактически это означает создание дополнительной структуры из двух полей: в первом размещаются упорядоченные значения индексированного поля, во втором - указатель на запись, в которой имеется данное значение. Цель создания такой структуры - обеспечить быстрый поиск требуемой записи с помощью двоичного поиска по индексированному полю. На рис.3 представлена модель такой организации структур на примере БД "Строительство".

Исходная таблица ДОКУМЕНТЫ хранит материала по всем имеющимся текстам руководящих документов для строительства. Каждый из них имеет первичный ключ КодДОК. Проиндексированные документы задают ключевые слова, которые со своими первичными ключами КодСлов размещаются в таблице ключевых слов КЛЮЧЕВЫЕ_СЛОВА. На основе этих двух таблиц формируется таблица ссылок СВЯЗИ, в которой размещаются вторичные ключи обоих исходных таблиц. Создание этой таблицы необходимо в соответствии с правилами нормализации и принципами реализации законов реляционной алгебры. В данном случае речь идет о недопустимости образующихся отношений многие ко многим.

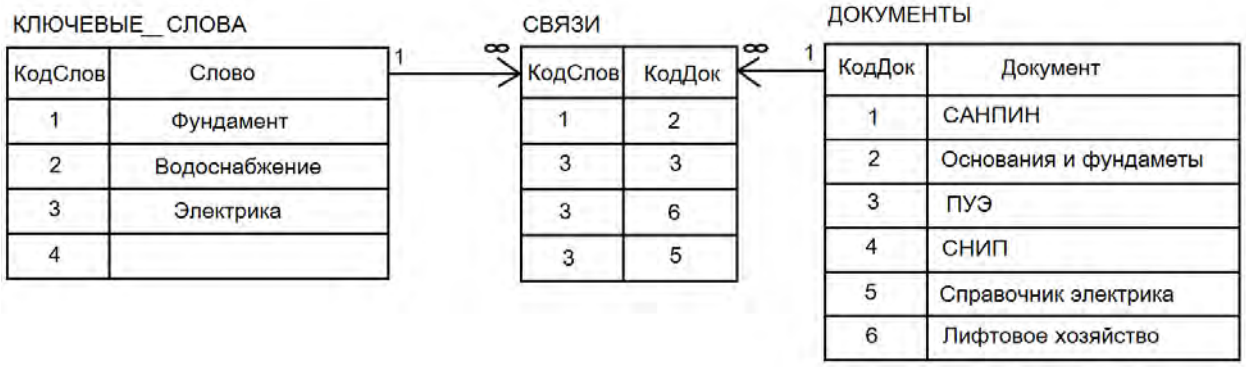



Рис.3. Структура хранения на основе индексирования

В индексной таблице КЛЮЧЕВЫЕ_СЛОВА записи упорядочены по алфавиту. Это обеспечивает быстрый бинарный поиск и последующее извлечение искомых документов из проиндекисрованной таблицы ДОКУМЕНТЫ. Расположение данных в последней значения не имеет. В данном примере найденное слово "Фундамент" позволит найти только один документ - "Основания и фундаменты". Но слово "Электрика" будет сопровождаться документами "ПУЭ", "Справочник электрика" и "Лифтовое хозяйство".

Индексированные структуры могут создаваться как B-деревья или в виде хеш-таблиц.

СУБД при необходимости поиска определяет наличие индексов для искомого поля, а затем принимает решение о применении того или иного метода поиска.

Скорость поиска по индексной таблице высокая, и чем больше записей, тем больший разрыв по сравнению с последовательным поиском в неиндексированной таблице ДОКУМЕНТЫ.

Индексирование имеет целый ряд ограничений:

- индексация требует дополнительной памяти и эти размеры значительны при индексировании по нескольким полям или нескольким ключевым словам;
- процесс индексирования занимает значительное время;
- при выполнении запросов на изменение индексы необходимо пересчитывать. Чем больше индексированных полей, тем более значительное время требуется. Для сохранения изменений сохранений также требуется два: в индексах и исходной таблице. Некоторые источники ограничивают число индексов цифрой 16 [1]. Их количество, кроме того, сказывается и на размерах дополнительной памяти;
- имеет смысл индексировать уникальные поля, которые часто привлекаются для выполнения операций. В противном случае это приведет только к потере памяти и времени;
- с течением времени требуется дефрагментация таблиц индексов. В противном случае затраты на дисковые операции станут значительными.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. http://www.programmerinterview.com/index.php/database-sql/what-is-an-index/
2. https://moluch.ru/archive/19/1968/
3. *Фуфаев Э.В.* Базы данных / Э.В. Фуфаев, Д.Э. Фуфаев. - М.: Академия, 2016. - 320 с.

**В.В. Евстафьев, Н.В. Руденко, В.А. Семенов, Д.Л. Сумин**

# ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: надёжность; коэффициент готовности; коэффициент сохранения эффективности; производительность; отказоустойчивость; самовостанавливаемость.

Рассматриваются особенности оценки характеристик надёжности сетей связи, в том числе с учётом введённого в 2017 году межгосударственного стандарта ГОСТ 27.002-2015 «Надёжность в технике. Термины и определения». Показано, что для оценки сетей связи как систем обладающих свойствами отказоустойчивости, реконфигурации и самовостанавливаемости целесообразно использовать коэффициент сохранения эффективности.

**V.V. Evstafiev, N.V. Rudenko, V.A. Semenov, D.L. Sumin**

# FEATURES OF THE EVALUATION OF THE RELIABILITY CHARACTERISTICS OF COMMUNICATION NETWORKS

Federal State Budgetary Institution of Higher Education « Don State Technical University», Rostov-on-Don, Russia

Keywords: reliability; availability factor; coefficient of efficiency conservation; performance; fault tolerance; self-healing.

Features of evaluation of reliability characteristics of communication networks are considered, including taking into account the interstate standard GOST 27.002- 2015 introduced in 2017 "Reliability in technology. Terms and Definitions". It is shown that for the evaluation of communication networks as systems having the properties of fault tolerance, reconfiguration and self-reinforcement, it is expedient to use the efficiency preservation coefficient.

**Актуальность задачи.** Надежность сетей связи - очень сложная для однозначного количественного определения понятие. Применительно для сетей связи понятие надежности имеет свои особенности. В ФЗ «О связи» 2003г. надежность подразумевается, когда говорится об обеспечении устойчивости функционирования единой сети электросвязи. Так исторически сложилось, что под устойчивостью понималось совокупность трех свойств: надежности, живучести, помехозащищенности [1].

В то же время понятие надежности имеет финансовый эквивалент. Последствия отказов сетей связи (как следствие отказа в предоставлении услуг связи) – это прямые финансовые потери (штрафные санкции, снижение доходов от предоставления услуг) и не только. Это еще и снижение привлекательности компании, переход потенциальных

клиентов к конкурентам и т.п. [2]. В сетях следующего поколения (*NGN*) несмотря на многие их преимущества необходимо уделять должное внимание обеспечению надежности. Особенно это касается надежности коммутаторов *softswitch* [2, 3].

Введение в действие в 2017 году ГОСТ 23.002-15 «Надежность в технике. Термины и определения»[4] обеспечивает только общий подход к оценке надежностных характеристик сетей связи. Хотя в этом ГОСТе учтены свойства современных и перспективных технических объектов и введен (кроме всего прочего) термин самовосстанавливаемость. Современные сети связи обладают свойством самовосстанавливаемости, т.к. способны восстанавливаться после отказа без ремонта и при этом (во многих случаях) внешние воздействия не требуются. Поэтому применение терминов и определений, приведенных в [4] требуют учета особенностей функционирования сетей связи.

**Цель и задача работы. 1. Анализ и уточнение терминов.** Проведем анализ терминов и определений, приведенных в ГОСТ 27.002-15 [4] с точки зрения применимости для оценки характеристик надежности сетей связи. «Надежность: свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования» [4, п.3.1.5]. Для обеспечения учета особенностей оценки характеристик надежности сетей связи следует уточнить слова «объект», «во времени» и «требуемые функции». «Объектом может быть сборочная единица, деталь, компонент, элемент, устройство, функциональная единица, оборудование, изделие, система, сооружение. Объект может включать в себя аппаратные средства, программное обеспечение, персонал или их комбинации»[4, п.3.1.1, прим. 1, 2].

Слова «во времени» означают естественный ход времени, в течение которого имеет место применение, техническое обслуживание, хранение и транспортирование объекта, а не какой-либо конкретный интервал времени” [4, п.3.1.5, прим. 1].

«Требуемые функции и критерии их выполнения устанавливают в нормативной, конструкторской, проектной, контрактной или иной документации на объект» [4, п.3.1.5, прим. 3]. Учитывая назначение сетей связи целесообразно в качестве требуемых функций и критериев их выполнения рассмотреть производительность (в частности, скорость передачи, задержка) и граничное значение этих показателей определяющие отказ сети связи. Поэтому для нашего конкретного случая «надежность» можно определить, как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. [4, п.3.1.5, прим. 4].

**2. Анализ и уточнение показателей надежности сетей связи.** В настоящий момент в большинстве случаев для оценки характеристик надежности используется «коэффициент готовности: вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени»[4, п.3.6.6.1]. Для традиционных узлов с коммутацией каналов нормируемое значение коэффициента готовности ($K_Г$) 0,99999. [2] Технические нормы на показатели надежности сетей связи общего пользования приведены в таблице 1 [5].

Таблица 1 - Технические нормы на показатели надежности сетей связи общего пользования

| № | Тип сети электросвязи | | Норма |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Сеть междугородной и международной телефонной связи | Коэффициент готовности ($K_г$) | Не менее 0,999 |
| 2 | Сеть зоновой телефонной связи | | Не менее 0,9995 |
| 3 | Сеть местной телефонной связи | | Не менее 0,9999 |
| 4 | Телеграфная сеть связи и сеть Телекс | | Не менее 0,9999 |
| Сеть передачи данных | | | Не менее 0,99 |

Однако при оценке коэффициента готовности необходимо уточнение термина «работоспособное состояние» и возможность его учета. В частности, для $K_г$ = 0,99999 сеть связи должна в течение 20 лет только 2 часа не быть в работоспособном состоянии. «Работоспособное состояние: состояние объекта, в котором он способен выполнять некоторые функции»[4, п.3.2.3].

Современные сети связи обладают свойством отказоустойчивости и при возникновении отказов элементов проводят реконфигурацию и продолжают функционировать теряя (возможно) в своей производительности, т.е. остаются (в большинстве случаев) в работоспособном состоянии [2, 6, 7]. Очевидно, в этом случае показатель надежности должен оценивать насколько сеть связи теряет в своей эффективности (например, в производительности) при возникновении отказов элементов и наличия свойства самовосстанавливаемости. В таких случаях наиболее приемлемым для оценки характеристик надежности сетей связи является другой «гостовский» комплексный показатель надежности – «коэффициент сохранения эффективности: отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают»[4, п.3.6.6.5]. При этом в качестве показателя эффективности рассматривать производительность сети, значения которой можно оценивать, как путем моделирования, так и проведением измерений при эксплуатации [3, 6, 8].

**3. Оценка характеристик надежности сетей связи с использованием оценок производительности.** Для сетей связи первичным индексом производительности отражающим свойство свойств и способность сети передавать и обрабатывать информацию целесообразно выбрать среднее время передачи (обработки) определенного объема информации сети (задержка) - $\bar{t}$ [6]. Тогда

$$K_{эф.с} = \bar{t}_а / \bar{t}_р, \quad (1)$$

где $K_{эф.с}$ - коэффициент сохранения эффективности сети связи, $\bar{t}_а$ - номинальное значение первичного индекса производительности (при условии, что отказы объекта не возникают);

$\bar{t}_{р.}$ - первичный индекс производительности сети при реальной надежности элементов.

Оценку производительности $\bar{t}$, а, следовательно, и оценку надежности сети связи $K_{эф.с}$ можно провести путем моделирования с использованием аппарата сетей массового обслуживания [6]. В этом случае при оценке надежности сети связи будет учитываться маршрутная матрица отражающая распределение потоков информации сети. В результате числовая оценка надежности сети связи будет иметь различное значение при различных вариантах распределения информации (маршрутной матрицы) при одном и том же наборов элементов сети. Это позволит рассматривать изменения надежности сети без изменения надежности элементов.

**Выводы**

1. Надежность сетей связи - очень сложное для однозначного количественного определения понятие.
2. Использование введенного в 2017 г межгосударственного стандарта ГОСТ27.002-2015 "Надежность в технике. Термины и определения" для оценки характеристик надежности сетей связи требует уточнения.
3. Для оценки надежности сетей связи как систем, обладающих свойствами отказоустойчивости, реконфигурации и самовосстанавливаемости, целесообразно применять коэффициент сохранения эффективности.
4. Моделирование сетей связи с использование аппарата сетей массового обслуживание позволяет определить числовую оценку ее надежности. При этом числовая оценка будет различной при различных вариантах распределения информации в сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Надежность и живучесть систем связи. Под ред. Дудника Б.Я //М.: Радио и связь, 1984.
2. *Нетес В.А.* Надежность сетей связи в период перехода к NGN. Вестник связи, 2007, №9 с. 129-130. [Электронный ресурс]: URL: // http://nilts.ru/public/2007/2007-040.pdf. (дата обращения 15.03.2018 г.).
3. Сети связи следующего поколения: Учебное пособие. / под ред. Д.С. Гулевича. М.: Интернет - Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория занятий, 2011, 183 с.
4. ГОСТ 27.002-2015 Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Тер-мины и определения. - М.: Стандарт и форм, 2016.
5. Технические нормы на показатели надежности сетей связи. [Электронный ре-сурс]: URL:// http://www.lant-netr.ru/normatinye-dokumenty-atrasli-svyaz/ttehnicheskie-normy-na-pokazateli-nadezhnosti-setej-sv. (дата обращения 15.03.2018 г.).
6. *Евстафьев В.В., Руденко Н.В., Елфимов М.А., Коньшина Н.А.*. Повышение надежности систем связи за счет перераспределения информационных потоков / /Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, 26-29 апр.// МТУСИ - Ростов на Дону, 2016, С.102-105.
7. Структурная надежность сетей связи. [Электронный ресурс]: URL: // http:// StudFiles.nethttps://studfiles.net/pneview/2948129/ (дата обращения 15.03.2018 г.).

8. *Егунов М.М., Шувалов В.П.*. Анализ структурной надежности транспортной се-ти. Вестник СибГУТИ - 2012, №1, с. 54-60. [Электронный ресурс]: URL: // http://vestnik.sibsutis.ru/uploads/1340087057-8309.pdf. (дата обращения 15.03.2018 г.).

**В.В. Евстафьев, Н.В. Руденко, В.А. Семенов, Д.Л. Сумин**

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СЕТЯХ СВЯЗИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: сети связи следующего поколения; надёжность; производительность; процессы эксплуатации; реконфигурации.

Обосновывается необходимость совершенствования процессов эксплуатации в сетях связи следующего поколения для обеспечения требуемой надежности и заданной производительности сетей. Предлагается при реконфигурации рассматривать распределение информационных потоков между значительным количеством элементов, относящихся к различным типам ресурсов сети. Перечисленные возможности проиллюстрированы методическим примером.

**V.V. Evstafiev, N.V. Rudenko, V.A. Semenov, D.L. Sumin**

## PERFECTION OF OPERATION PROCESSES IN THE NEXT GENERATION COMMUNICATION NETWORKS

Federal State Budgetary Institution of Higher Education « Don State Technical University», Rostov-on-Don, Russia

Keywords: next-generation communication networks; reliability; performance; operation processes; reconfiguration.

The necessity of improving the operation processes in next-generation communication networks is substantiated to ensure the required reliability and the specified performance of the networks. It is suggested during the reconfiguration to consider the distribution of information flows between a significant number of elements related to different types of network resources. The listed possibilities are illustrated by a methodical example.

**Актуальность задачи.** В области процессов эксплуатации в сетях связи следующего поколения (*NGN*) функционирует целый ряд процессов направленных на

обеспечение требуемой надежности и заданной производительности [1, 2, 3]. Реализация большинства указанных процессов обеспечивается возможностью предоставления множества альтернативных путей передачи информации и проведения реконфигурации при изменениях условий эксплуатации [3, 4, 5]. Однако всякое регулирование имеет свои пределы и уровни применения.

На практике можно наблюдать, когда элементы *NGN* продолжают функционировать, но требуемая надёжность и заданная производительность не обеспечивается. Например, несколько млн. пользователей сети *IP* японского оператора *NTT* в 2007 году на 7 часов «потеряли связь» в большей части восточной Японии. Оказалось, что при проведении реконфигурации проводимой переключением на резервные маршруты произошло некорректное обновление маршрутных таблиц в маршрутизаторах (от 2 до 4 тысячах шт.) производства «*Cisco*» [1]. Эксплуатационные процессы должны исключить подобные факты и обеспечивать рациональное использование имеющихся ресурсов сети. Таким образом, эксплуатационные процессы *NGN* требуют дальнейшего совершенствования.

**Материалы исследования.** Среди процессов эксплуатации *NGN* можно выделить процесс «Управления проблемами с ресурсами» (процесс второго уровня декомпозиции, входящий в вертикальную группу процессов «Обеспечение») и процесс «Поддержка управления проблемами с ресурсами» (третий уровень вертикальной группы «Поддержка и готовность операционных процессов») [1], направленные на обеспечение требуемой надёжности и заданной производительности.

Анализ, проведённый в ЦНИИС показывает, что проведение реконфигурации, изменение зон ответственности персонала и устранение неисправности в сети производится локально (с рассмотрением малого количества элементов), а в распределенной *NGN* это должно делаться централизованно [1], в том числе глобально с рассмотрением значительно большего количества элементов которые могут относиться к различным типам ресурсов сети.

Концепция *NGN*-сетей предполагает объединение в сеть значительного количества элементов, в том числе элементов использующих различные технологии обработки и передачи информации. При классификации всех элементов сети их можно условно объединить в группы по функциональным возможностям, обозначив эти группы как типы ресурсов сети. В результате, каждый элемент *NGN*-сети можно рассмотреть (в исследуемом аспекте) как представитель(назовём это копией) того или иного типа ресурсов.

Рассматриваемая классификация становится более целесообразной, если учесть наличие в *NGN*-сети устройств обеспечивающих соединение несхожих по технологиям фрагментов сети, в том числе таких как различные шлюзы, программный коммутатор *Softswitch.*

Обеспечение требуемой надёжности и заданной производительности сетей связи может проводиться распределением потоков информации, проведением оптимальной маршрутизации [3, 4]. Основные протоколы маршрутизации в сетях следующего поколения (*OSPF, IS-IS, BGP*) [2] ограничены, во-первых, действием только в рамках одной автономной области *AS*, с незначительными возможностями обмена информацией о структуре соседних (других) *AS*. В обоих случаях рассматриваются только копии одного типа ресурса.

Во-вторых, распределение потоков информации между копиями одного типа ресурса должно учитывать то, что эти копии рассматриваемого ресурса взаимодействуют с копиями других типов ресурсов. Перераспределение потоков в одном типе ресурсов приводит к перераспределению потоков и в других типах ресурсов. Улучшение отдельного фрагмента сети может привести к ухудшению характеристик всей сети.

В соответствии с выше изложенным, в данной работе рассматривается модель позволяющая провести совершенствование процессов эксплуатации *NGN*.

**Описание математической модели.**

Распределение потоков информации отражает маршрутная матрица, показывающая на входы каких элементов направляется информация с выхода рассматриваемого элемента. При этом стохастическая маршрутная матрица является более универсальной по сравнению с маршрутной матрицей отражающей конкретные объемы передаваемой информации. При увеличении общей нагрузки на сеть стохастическая маршрутная матрица останется без изменений, в отличии от матрицы отражающей конкретный объем передаваемой информации. Важным требованием является то, что строки и столбцы стохастической маршрутной матрицы соответствовали элементом сети принадлежащим к разным типам ресурсов, Тогда при решении оптимизационной задачи распределения потоков информации использование стохастической маршрутной матрицы в качестве варьируемой характеристики расширит возможности маршрутизации.

Используемая в сетях следующего поколения пакетная передача информации характеризуется временем задержки сигнала, Под временем задержки подразумевается совокупность передачи и обработки сигнала [3, 4, 5], время «обслуживания» копиями различных типов ресурсов.

Для операторов предоставляющих инфокоммуникационные услуги необходимо четко рассчитывать критическое время задержки сигнала, во избежание превышения допустимой нормы для того или иного вида услуг [3].

Выше перечисленным требованиям удовлетворяет модель, рассмотренная в [4] представляющая собой отображение по оценке среднего времени передачи (обработки) определённого объёма информации в сети (задержка) $\bar{t}$:

$$\text{Г1: X} \rightarrow \bar{t},\ X=\{Q,\ M^*,\ CB,\ COA,\ H0,\ K_{\text{эф.р}}\}, \qquad (1)$$

где $Q=\{q(i,j)\}$ - маршрутная матрица $\left(i=\overline{0,L};\quad j=\overline{0,L}\right)$;

$L$ – число элементов системы связи;

$M^*=\{M^*(i)\}$ – вектор интенсивностей обслуживания элементами системы связи входного потока при их абсолютной надежности; $\left(i=\overline{1,L}\right)$;

$CB=\left\{CB(i)\right\}$ - вектор коэффициентов вариации распределения интервалов времени между окончаниями обслуживания заданий в элементе системы;

$COA=\left\{COA(0,i)\right\}$ – вектор коэффициентов вариации распределения интервалов времени между поступлениями заданий в элемент от источника заданий $\left(i=\overline{1,L}\right)$;

$H0$ – интенсивность источника заданий;

$K_{эф.р.} = \{K_{эф.р.}(i)\}$ вектор реальных коэффициентов сохранения эффективности элементов системы $\left(i = \overline{1, L}\right)$.

**Методический пример.** Целесообразно рассмотреть сеть связи, имеющую несколько типов ресурсов, причём каждый тип ресурсов для наглядности должен быть представлен несколькими копиями (элементами).

Такое представление сети связи позволяет одновременно проводить распределение потоков, как между копиями одинаковых типов ресурсов, так и между копиями различных типов ресурсов.

Рассмотрим сеть связи, состоящую из 15 элементов, *L*=15. Входная нагрузка *H0*=2 заявки/с. Остальные исходные данные приведены в таблице 1. Рассматриваются две конфигурации системы связи, характеризующиеся маршрутными матрицами *Q*0 и *Q*3. Конфигурация с *Q*3 предполагает более рациональное распределение информационных потоков. Задача решалась методом наискорейшего спуска, при этом определялись элементы маршрутной матрицы, требующие изменения. Изменения значений выбранных элементов маршрутной матрицы проводились программными средствами итерационно на ЭВМ до тех пор, пока наблюдалось улучшение производительности сети.

Таблица 1 - Исходные данные примера

| | Ресурс 1-го типа | | | Ресурс 2-го типа | Ресурс 3-го типа | Ресурс 4-го типа | Ресурс 5-го типа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номер элемента / Параметр | 1 | 2 | 3 | 4,5,6 | 7,8,9 | 10,11,12 | 13,14,15 |
| *CB(i)* | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 1,2 | 1,5 | 0,8 |
| *COA(0,i)* | 0,7 | 0,8 | 0,9 | - | - | - | - |
| $M^*(i)$ | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 5,625 | 5,0 | 2,5 |
| $K_{эф}$(i) | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

Распределение информационных потоков в сети приведено в первоначальной маршрутной матрице *Q0* в таблице 2.

Таблица 2 - Первоначальная маршрутная матрица *Q0*

| j / i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 0.25 | 0.3 | 0.45 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.4 | | | | 0.4 | | | 0.2 | | | | | | | | |
| 2 | 0.3 | | | | | 0.5 | | | 0.2 | | | | | | | |
| 3 | 0.4 | | | | | | 0.3 | | | 0.3 | | | | | | |
| 4 | | 0.3 | | | | | | | | | 0.7 | | | | | |
| 5 | | | 0.4 | | | | | | | | | 0.6 | | | | |
| 6 | | | | 0.5 | | | | | | | | | 0.5 | | | |
| 7 | | 0.2 | | | | | | | | | 0,3 | | | 0.5 | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 8 | | | 0.25 | | | | | | | | | 0,35 | | | 0.4 | |
| 9 | | | | 0.2 | | | | | | | | | 0,4 | | | 0.4 |
| 10 | | | | | 0.6 | | | 0.4 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | 0.5 | | | 0.5 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | 0.4 | | | 0.6 | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |

Результат распределения потоков информации в сети связи представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Маршрутная матрица $Q3$

| i \ j | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 0.25 | 0.3 | 0.45 | | | | |
| 1 | 0.4 | | | | 0.346 | | 0.054 | 0.2 |
| 2 | 0.3 | | | | | 0.42 | 0.08 | |
| 3 | 0.4 | | | | | | 0.3 | |
| 4 | | 0.3 | | | | | | |
| 5 | | | 0.4 | | | | | |
| 6 | | 0.11 | 0.04 | 0.35 | | | | |
| 7 | | 0.2 | | | | | | |
| 8 | | | 0.25 | | | | | |
| 9 | | | | 0.2 | | | | |
| 10 | | | | | 0.6 | | | 0.4 |
| 11 | | | | | | 0.5 | | |
| 12 | | | | | | | 0.4 | 0.12 |
| 13 | | | | | | | | 1 |
| 14 | | | | | | | | 0.037 |
| 15 | | | | | | | | |

| i \ j | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | 0.2 | | | | | | | |
| 3 | | 0.3 | | | | | | |
| 4 | | | 0.7 | | | | | |
| 5 | | | | 0.6 | | | | |
| 6 | | | | | 0.5 | | | |
| 7 | | | 0.24 | | 0.06 | 0.425 | 0.075 | |
| 8 | | | | 0.35 | | 0.04 | 0.36 | |
| 9 | | | | | 0.4 | | | 0.4 |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | 0.5 | | | | | | | |
| 12 | | 0.48 | | | | | | |
| 13 | 0.02 | | | | | | | |
| 14 | 0.963 | | | | | | | |
| 15 | | 1 | | | | | | |

Результаты примера сведены в таблицу 4.

Таблица 4. Результаты решения методического примера

| Маршрутная матрица / Характеристика | $Q_0$ | $Q_3$ |
|---|---|---|
| $I_р$[с] | 8.900 | 8.060 |
| $\bar{t}_а$[с] | 5.570 | 5.290 |
| $K_{эф.с}$ | 0.629 | 0.656 |

**Выводы**

1. Анализ результатов решения методического примера показывает следующее:
   – распределение потоков информации, соответствующие $Q_0$ , обеспечивает реальную задержку 8,9 с (оценка производительности сети), коэффициент сохранения эффективности 0,629 (оценка надёжности сети);
   – распределение потоков информации, соответствующие $Q_3$ , обеспечивает реальную задержку 8,06 с (улучшение производительности сети), коэффициент сохранения эффективности 0,656 (улучшение надёжности сети).
2. Как видно из примера математическая модель (1) позволяет рассматривать количественные оценки надёжности и производительности *NGN* не только при значительном количестве элементов, но и при различных вариантах распределения потоков информации, а также при различных типах ресурсов сети. Всё это позволит провести совершенствование процессов эксплуатации *NGN*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Нетес В.А.* Надёжность сетей связи в период перехода к *NGN*. Вестник связи,2007, №9, С. 126- 130. [Электронный ресурс]: URL: // http:// nilts.ru/public/2007/2007-040.pdf. (дата обращения 15.03.2018 г.).
2. Сети связи следующего поколение: Учебное пособие / Д.С. Гулевич – М.:Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 183 с.
3. *Суботин М.Ю., Фирсов А.Ю.* Сети нового поколения. Задачи и проблемы. Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. [Электронный ресурс]: URL: // http://jurnal/org/artikes/2008/radio10.html (дата обращения 15.03.2018 г.).
4. *Евстафьев В.В., Руденко Н.В., Елфимов М.А., Коньшина Н.А.* Повышение надежности систем связи за счет перераспределения информационных потоков/ Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, 26-29 апр./ МТУСИ- Ростов н/Д, 2016. С.102-105.
5. *Макаренко С.И., Чаленко Н.Н., Крылов А.Г.* Сети следующего поколения NGN/ Системы управления, связи и безопасности. №1. 2016, С.81-102. [Электронный ресурс]: URL: // http://cyberleninka.ru/article/n/seti-sleduyuschego-pokoleniya-ngn. (дата обращения 15.03.2018 г.).

**А.В. Елисеев[1,2], А.Г. Жуковский[1,2], И.В. Дорохин[1], Э.Э. Мамедов[1]**

# АНАЛИЗ ВИДОВ И СИСТЕМ АВИАЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия[1]

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия[2]

Ключевые слова: источники радиоизлучения, классификация систем, авиационное наблюдение, кибербезопасность.

В статье проведен краткий обзор и классификация существующих систем авиационного наблюдения. Кратко рассмотрены их достоинства и недостатки. Показана проблема кибербезопасности авиационного наблюдения.

**A.V. Eliseev[1,2], A.G. Zhukovskiy[1,2], I.V. Dorokhin[1], E.E. Mamedov[1]**

# ANALYSIS OF TYPES AND AVIATION SURVEILLANCE SYSTEMS

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia[1]

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: sources of radio emission, classification of systems, aviation surveillance, cybersecurity.

The article provides a brief overview and classification of existing aviation surveillance systems. Their advantages and disadvantages are briefly considered. The problem of cybersecurity of aviation surveillance is shown.

Введение. Известно, что для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) источников радиоизлучения (ИРИ) различного назначения зачастую требуется решать задачу оценки их местоположения. Наибольшую сложность данная задача имеет в условиях плотной городской застройки, а также в случае размещения ИРИ на подвижных носителях, например, летательных аппаратах различного типа. Особую актуальность данная задача приобретает по причине активного развития малой авиации, в том числе и беспилотной, выполняющей полеты в уведомительном порядке по относительно свободным траекториям заранее не известным контролирующим ЭМС органам. Кроме того, полеты носителей ИРИ на некоторых участках траектории могут происходить в

режиме радиомолчания, что существенно затрудняет определение их местоположения пассивными средствами радиомониторинга. По этой причине актуальна задача использования более совершенных и разноплановых инструментов оценки местоположения ИРИ, размещенных на летательных аппаратах. Одним из таких важных инструментов, используемых в процессе организации воздушного движения (ОрВД), является авиационное наблюдение. Представляет интерес анализ существующих систем авиационного наблюдения с целью выявления их достоинств и недостатков применительно к решению задачи оценки местоположения носителя ИРИ.

**Назначение и классификация систем авиационного наблюдения**

Рассмотрим упрощенную классификацию видов авиационного наблюдения, представленную на рисунке 1.

Термин «зависимое наблюдение» характеризует наблюдение, при котором информация о векторе состояния (местоположение, параметры движения) воздушного судна (ВС) формируется в аппаратуре наблюдения на основе данных о координатах, определенных на борту и переданных с борта ВС [1, с.2-1, с. 3-1].

Термин «независимое наблюдение» характеризует наблюдение, при котором информация о векторе состояния ВС формируется в аппаратуре наблюдения на основе собственных наблюдений без использования каких-либо данных о координатах, передаваемых с борта ВС.

Термин «некооперативное наблюдение» характеризует наблюдение, при котором местоопределение ВС осуществляется наблюдателем без обмена какой-либо информацией между ним и ВС и без регенерации на борту сигнала, сформированного наблюдателем.

Рисунок 1 – Классификация видов авиационного наблюдения

Термин «кооперативное наблюдение» характеризует наблюдение, при котором местоопределение ВС осуществляется наблюдателем на основе обмена какой-либо информацией между ним и ВС.

В соответствии с рисунком 1 различают следующие разновидности видов авиационного наблюдения: независимое некооперативное наблюдение, независимое кооперативное наблюдение, зависимое кооперативное наблюдение, специальное наблюдение (особая разновидность независимого кооперативного наблюдения). Рассмотрим их сущность более подробно [1, с.2-1, с. 3-1].

***Независимое некооперативное наблюдение*** **–** то есть без использования бортового оборудования находящихся на удалении воздушных судов. Примером является система наблюдения на основе первичного обзорного радиолокатора (ПОРЛ), которая предоставляет диспетчеру данные о местоположении ВС, но не идентифицирует его и не дает другой информации о воздушном судне.

***Независимое кооперативное наблюдение*** **–** местоположение ВС определяется наблюдателем на основе собственных измерений с использования данных, передаваемых с борта ВС. Эти данные могут содержать информацию, полученную на борту ВС, например, данные о барометрической высоте, опознавательный индекс ВС и т. д. Примером являются системы на основе вторичных обзорных радиолокаторов (ВОРЛ).

***Зависимое кооперативное наблюдение*** **–** местоположение ВС определяется наблюдателем на основе данных о координатах ВС, которые были определены непосредственно на борту ВС и переданы наблюдателю с возможными дополнительными данными (например, опознавательный индекс ВС, барометрическая высота). Примером являются системы на основе автоматического зависимого наблюдения (АЗН-В, АЗН-К или англоязычное обозначение – ADS-B, ADS-C).

*Специальное наблюдение* – разновидность ***независимого кооперативного наблюдения*****, характеризующаяся как возможностью адресного определения местоположения ВС, то есть определения местоположения *конкретного* ВС из множества судов, находящихся в рабочей зоне системы наблюдения, так и увеличенным перечнем данных, передаваемых с борта воздушного судна [1,** с.2-1, с. 3-1**].**

**Анализ зависимых кооперативных систем**

Известно, что АЗН является одним из ключевых компонентов разработанной ИКАО концепции будущей системы связи, навигации, наблюдения и организации воздушного движения (CNS/ATM). Так, известно, что применение ADS-B должно стать обязательным в Европе с 2017 г., а в США – с 2020г. В нашей стране также ведутся работы в этом направлении, подтверждением является утвержденная Минтрансом России 19 мая 2011г. «Программа внедрения средств вещательного автоматического зависимого наблюдения (2011-2020 годы)».

Рассмотрим кратко принципы построения систем АЗН на примере ADS-B.

Режим ADS-B представляет собой радиовещательную, то есть доступную любому потребителю, передачу с борта ВС данных о его местоположении (широте и долготе), абсолютной высоте, скорости, опознавательном индексе, качестве данных и другой информации, полученной от бортовых навигационных и информационно-управляющих систем.

Данные о местоположении, скорости ВС и связанные с ними указатели качества данных обычно получают от комплексированных навигационных систем, включающих в себя установки GNSS и инерциальные навигационные системы. Данные об абсолютной высоте полета ВС обычно получают от кодирующего устройства барометрического высотомера.

Поскольку сообщения ADS-B передаются в радиовещательном режиме, то их может получать и обрабатывать любой потребитель, оборудованный соответствующим приемником сигналов. Для авиационного наблюдения в районе аэропортов и по маршрутам полетов ВС устанавливаются наземные станции, предназначенные для получения и обработки сообщений ADS-B. При бортовом применении ВС, оборудованные приемниками ADS-B, могут обрабатывать сообщения от других ВС для определения обстановки по маршруту полета с отображением её на индикаторе воздушной обстановки в кабине.

Функциональные характеристики системы ADS-B:

- устройство и конструкция наземной станция проще, по сравнению с оборудованием в системах первичной радиолокации, вторичной радиолокации и мультилатерации, что делает экономически их более выгодными;
- точность местоопределения ВС определяется точностью GNNS;
- система обеспечивает как наземное, так и бортовое наблюдение.

Недостатки системы ADS-B:

- требуется установка на борту ВС сертифицированного навигационного оборудования, способного предоставлять информацию о местоположении и скорости наряду с указанием на целостность и точность такой информации;
- существующее бортовое навигационное оборудование, используемое для формирования сигнала ADS-B, выполнено, как правило, на основе приемников GNSS. Поэтому возможны отказы в случаях, когда уровень характеристик или геометрический фактор видимой спутниковой группировки недостаточны для поддержки заданного качества;
- не предусмотрены регламентированные операции по проверке достоверности данных, получаемых приемниками системы ADS-B, что делает систему незащищенной к попыткам фальсификации данных (спуфингу).

Наличие на борту ВС приемной аппаратуры системы АЗН-В (ADS-D In) позволяет также использовать следующие, так называемые, примыкающие технологии:

- TIS-B (Traffic Information Service – Broadcast) – передача на борт данных о воздушной обстановке, полученных органами УВД от других систем;
- FIS-B (Flight Information Service – Broadcast) – передача на борт ВС метеорологической и аэронавигационной информации в текстовом или графическом виде;
- A-SMGSC – передача на борт информации о движении воздушных судов и транспортных средств на аэродроме;
- DGNSS – прием от наземной станции АЗН-В сигнала достоверности навигационной информации, поступающей от спутников ГНСС, и дифференциальных поправок для обеспечения точности навигации.

**Особенности многопозиционных систем наблюдения (МПСН)**

Одним из перспективных направлений является применение для авиационного наблюдения МПСН (мультилатерация) на основе технологий режима S.

МПСН характеризуются следующими достоинствами [1]:

–точность местоопределения ВС превышает точность ВОРЛ и определяется точностью ГНСС;

–работа МПСН обеспечивается только наличием на борту приемопередатчика режима A/C/S;

–МПСН позволяют эффективно бороться с ложными целями, формируемыми злоумышленниками (спуфинг).

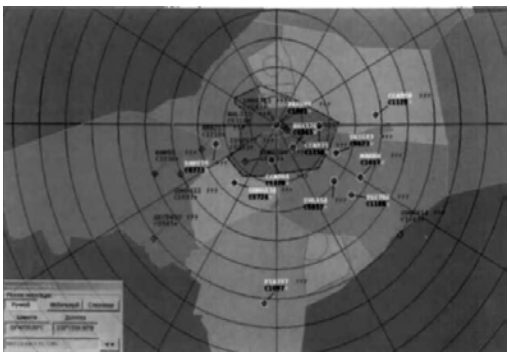
В качестве недостатка МПСН следует отметить необходимость как минимум четырех приемных позиций для определения пространственных координат ВС, высокую точность синхронизации их временных шкал, необходимость передачи измерений с каждой позиции на центральный пункт для их совместной обработки. Следует отметить также важность решения задач идентификации моделей вектора состояния ВС и разработку алгоритмов обработки измерений параметров движения, поступающих от системы первичной обработки МПСН. Для решения данных задач можно использовать результаты, полученные в работах [2, с.9-17, 3, с. 26-38, 4, с. 3-12].

**О проблеме кибербезопасности авиационного наблюдения**

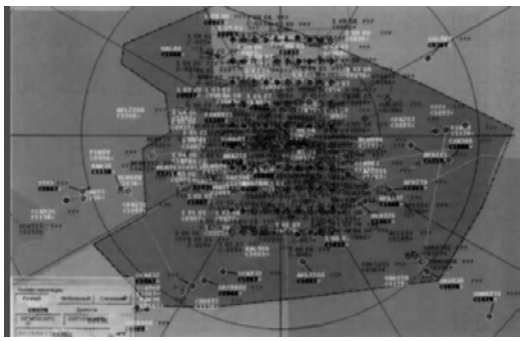
Известно, что для целей АЗН-В ИКАО одобрены три типа линий передачи данных (ЛПД): 1090ES «расширенный сквиттер», приемопередатчик универсального доступа UAT и УКВ ЛПД режима 4 (VDL-4) [5, с.3].

В настоящее время в Российской Федерации приняты для использования ЛПД 1090ES и VDL-4. Исследования ведущих западных организаций по связи свидетельствуют, что ЛПД 1090 ES беззащитна с информационной точки зрения [5, с.3]. При помощи несложного технического оборудования несанкционированные пользователи могут посылать ложные сообщения («фантомы») о положении несуществующих в данном месте и в данное время ВС любых типов в воздушном пространстве. При этом в рамках АЗН-В 1090 ES не существует аппаратно-программных средств для выделения ложных сигналов.

В подтверждение этого ФГУП «ГосНИИАС» провел компьютерное моделирование на стенде-имитаторе с использованием элементов наземного оборудования УВД, а в 2016г. – практический эксперимент с учетом реальной воздушной обстановки (при соблюдении мер авиационной безопасности) [5, с.3].



а) отображение реальной воздушной обстановки



б) отображение обстановки при применении спуфинга

Рисунок 2 – Иллюстрация необходимости верификации данных АЗН [5]

Экспериментально подтверждено, что с помощью общедоступного оборудования существует реальная возможность вывода из строя системы УВД по причине незащищенности ЛПД 1090 ES от внешнего вмешательства путем спуфинга.

В 2016г. появились рабочие документы ИКАО, подтверждающие незащищенность ЛПД 1090ES от киберугроз [5]. Для возможности использования информации АЗН-В 1090ES должна осуществляться постоянная верификация информации АЗН-В с применением методов вторичной радиолокации или мультилатерации. Прежде всего, по этим причинам западные страны подтвердили необходимость либо поддержания радарной системы наблюдения, либо разворачивания новой, относительно дорогой, системы мультилатерации.

На основе проведенного выше анализа можно выделить наиболее типичные недостатки (особенности) существующих систем авиационного наблюдения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа систем авиационного наблюдения

| Система | Недостатки (особенности) |
|---|---|
| ПРЛС | Ограниченная зона действия, невозможность идентификации ВС, высокая стоимость оборудования и его обслуживания, *сложность наблюдения ВС на малых высотах* |
| ВРЛС | Ограниченная зона действия, необходимость оборудования ВС приемоответчиком, высокая стоимость оборудования и его обслуживания, *сложность наблюдения ВС на малых высотах* |
| АЗН | Необходимость оборудования ВС аппаратурой АЗН*, незащищенность данных от их фальсификации* («спуфинга») |
| МПС | *Возможность наблюдения только излучающих объектов* |

**Заключение**

Анализ показал, что единая позиция ИКАО в части наблюдения любых ВС в наземной системе ОрВД состоит в использовании следующих методов и средств: радиолокационное наблюдение на основе вторичных радиолокаторов режимов A/C/S; мультилатерация – использование многопозиционных систем наблюдения; автоматическое зависимое наблюдение радиовещательного типа на базе использования спутниковых навигационных сигналов.

Установлено, что ЛПД 1090 ES не обеспечивает киберзащиту данных АЗН-В, поэтому требуется верификация данных в наземной системе наблюдения с помощью дополнительных систем или методов наблюдения, например, вторичной радиолокации или мультилатерации.

Для решения задачи оценки местоположения ИРИ, размещенного на борту ВС, полеты которого на некоторых участках траектории могут происходить в режиме радиомолчания, целесообразно использовать комплексирование активных или полуактивных [6] РЛС, аппаратуру АЗН-В и МПСН.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Doc 9924. Руководство по авиационному наблюдению. – Монреаль: ИКАО, 2012.
2. *Елисеев А.В., Калашников Р.М., Тюрин Д.А.* Алгоритм обработки измерений и адаптации математического обеспечения информационно-измерительной системы в условиях изменения модели информационного процесса // Успехи современной радиоэлектроники. 2013. № 8. С. 009-017.
3. *Булычев Ю.Г., Елисеев А.В.* обработка измерений в условиях мультиструктурных помех // Автометрия. 2007. Т. 43.№ 5. С. 26-38.
4. *Елисеев А.В.* Идентификация нечеткой модели в задаче синтеза регулятора // Автоматизация. Современные технологии. 2005. № 11. С. 3-12.
5. Рабочий документ ИКАО A39-WP/2961 TE/125 26/8/16. Наблюдение дистанционно пилотируемых воздушных судов и вопросы кибербезопасности // [Электронный ресурс]. URL: http:// www. icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp_296_ru.pdf (дата обращения: 25.07.2017).
6. *Семашко П.Г., Пархоменко Н.Г., Охрименко А.Е.* Перспективы полуактивной радиолокации в связи с развитием служб цифрового радиовещания // Успехи современной радиоэлектроники. 2010. №7. С. 38-46.

**А.В. Елисеев[1,2], А.Г. Жуковский[1,2], И.В. Дорохин[1], Э.Э. Мамедов[1]**

# ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БИСТАТИЧЕСКОГО РАДАРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА НОСИТЕЛЕЙ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия[1]

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия[2]

**Ключевые слова:** полуактивная радиолокационная система (РЛС), разрешающая способность, дальность действия.

Показана необходимость оценки местоположения источников радиоизлучения для решения задачи обеспечения электромагнитной совместимости. Рассмотрена возможность применения для этой цели полуактивной бистатической РЛС. Представлена методика оценки разрешающей способности и дальности действия полуактивной РЛС. Приведены результаты моделирования.

**A.V. Eliseev[1,2], A.G. Zhukovskiy[1,2], I.V. Dorokhin[1], E.E. Mamedov[1]**

# ESTIMATION OF POTENTIAL CHARACTERISTICS OF BISTATIC RADAR TO SOLVE THE PROBLEM OF MONITORING OF MEDIA RADIO RADIATION SOURCES

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia[1]

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: semi-active radar system (radar), resolution, range.

The need to estimate the location of radio emission sources for solving the problem of ensuring electromagnetic compatibility is shown. The possibility of using a semi-active bistatic radar for this purpose is considered. A methodology for estimating the resolution and range of a semi-active radar is presented. The results of modeling are presented.

**Введение**

При обеспечении электромагнитной совместимости работы различных источников радиоизлучения (ИРИ) решается, как правило, задача оценки их местоположения. Особый интерес представляет решение данной задачи для ИРИ, размещенных на борту летательного аппарата. Последние десятилетия характеризуются значительным увеличением парка малой авиации, в том числе и беспилотной, несанкционированное применение которой представляет серьёзную проблему для обеспечения безопасности как, в частности, полетов воздушных судов Гражданской авиации, так и общественной безопасности в целом.

Для оценки местоположения ИРИ на практике, как правило, используются пассивные методы радиолокации. Однако полеты носителей ИРИ на некоторых участках траектории могут происходить в режиме радиомолчания, что существенно затрудняет определение их местоположения пассивными средствами радиомониторинга. По этой причине актуальна задача использования более совершенных и разноплановых инструментов оценки местоположения ИРИ.

Для сохранения эффективности решения задачи радиомониторинга ИРИ необходим поиск нестандартных и экономически выгодных способов оценки местоположения ИРИ, размещаемых на борту летательного аппарата.

**Принцип полуактивной локации**

Рассмотрим возможность применения в качестве системы оценки местоположения ИРИ, размещенного на борту летательного аппарата и выполняющего полет на отдельных участках траектории в режиме радиомолчания, разновидность пассивного радиолокатора, а именно – полуактивный радиолокатор, который является разновидностью разнесенной (бистатической, мультистатической) РЛС, так как в ней, согласно принципу работы, реализуется пространственное разнесение передатчика подсвета и приемника. В дальнейшем такой радиолокатор будем называть полуактивной РЛС (ПАРЛС) [1, с. 38, 2, с.47].

Конструктивно когерентная ПАРЛС характеризуется наличием на одной приемной позиции двух каналов приема: один для прямого сигнала (сигнала передатчика подсвета), другой - для сигнала, отраженного целью, причем для обеспечения определения углового положения цели антенна последнего должна обеспечить требуемый режим сканирования, а приемник - обнаружение слабого отраженного сигнала на фоне намного более мощного прямого сигнала (рисунок 1) [1, с. 38, 2, с.47]. Имея информацию о координатах передатчика подсвета и приемной позиции и измеряя временной интервал между моментами приема прямого и отраженного целью сигналов, можно вычислить дальность до цели. Когерентная ПАРЛС также измеряет бистатическое доплеровское смещение частоты отраженного сигнала и угловые координаты цели. Совокупность этих измерений позволяет вычислить координаты цели, а в ходе вторичной и третичной обработки – оценить ее курс, скорость и ускорение.

Простейшей ПАРЛС является бистатическая система. Схема измерений в бистатической ПАРЛС представлена на рисунке 2.

На рисунке 2 использованы следующие обозначения: $d$ - база ПАРЛС (расстояние между приемником и передатчиком); $\alpha$ – направления на цель (азимут) относительно приемника (ось $Y$ направлена на север, угл отсчитывается от нее по часовой стрелке);

$R_{rc}, R_{tr}$ – расстояние до цели от приемника и передатчика соответственно; $\gamma$ – бистатический угол (угол у цели между направлениями на передатчик и на приемник); $V_{ac}$ – вектор скорости цели; $\varphi$ – угол между вектором скорости цели и биссектрисой бистатического угла.

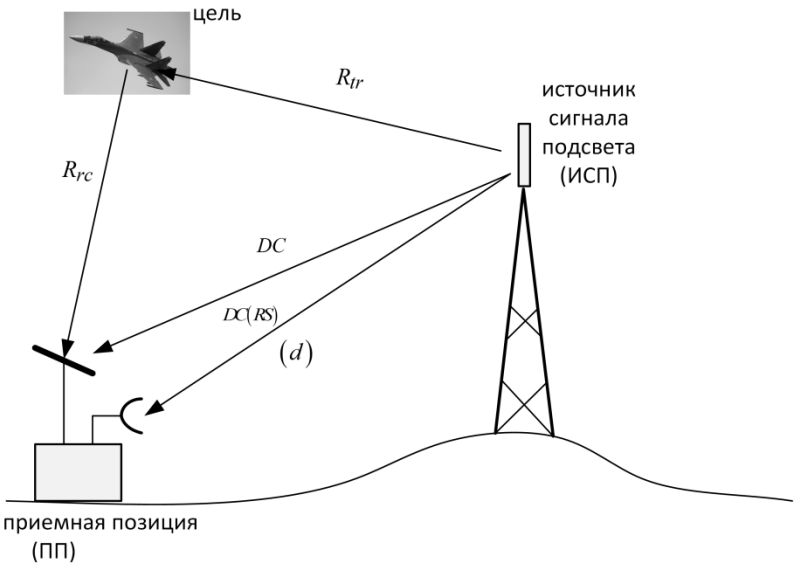



Рисунок 1 – Принцип построения бистатической РЛС с посторонним подсветом

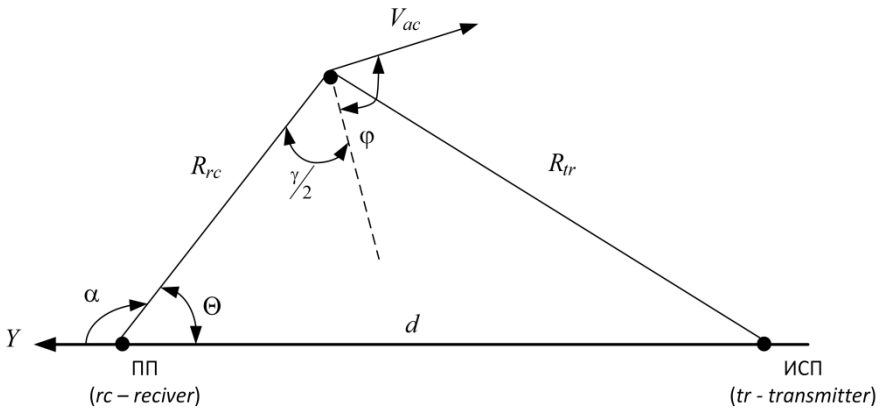



Рисунок 2 – Схема измерений в бистатической ПАРЛС

На рисунке 2 использованы следующие обозначения: $d$ - база ПАРЛС (расстояние между приемником и передатчиком); $\alpha$ – направления на цель (азимут) относительно приемника (ось $Y$ направлена на север, угл отсчитывается от нее по часовой стрелке); $R_{rc}, R_{tr}$ – расстояние до цели от приемника и передатчика соответственно; $\gamma$ – бистатический угол (угол у цели между направлениями на передатчик и на приемник); $V_{ac}$ – вектор скорости цели; $\varphi$ – угол между вектором скорости цели и биссектрисой бистатического угла.

На приемной позиции последовательно решаются две задачи: обнаружение отраженного от летательного аппарата сигнала; измерение геометрических и сигнальных параметров: углового положения цели (азимута и угла места или только азимута); суммарной дальности «ИСП-Цель-ПП»; доплеровского сдвига частоты отраженного сигнала.

Для определения углового положения цели используется остронаправленная основная антенна приемной позиции. Суммарная дальность $R_\Sigma$ рассчитывается на основе измерения времени задержки $\tau_{sd}$ отраженного от цели сигнала, принятого основной антенной, относительно прямого сигнала, принятого вспомогательной антенной:

Измеренные значения угловой координаты, например азимута цели $\alpha$, и суммарной дальности $R_\Sigma$ позволяют рассчитать расстояние от цели до приемной позиции $R_{rc}$

$$R_{rc} = \frac{R_\Sigma^2 - d^2}{2\left(R_\Sigma + d\cos(\alpha)\right)}. \quad (1)$$

Таким образом, имея в каждый момент времени набор измерений $\left(t, \alpha, R_{rc}\right)$ можно определить местоположение цели на плоскости с использованием позиционного угломерно-дальномерного метода, геометрическая интерпретация которого показана на рисунке 3.

Для определения местоположения цели в пространстве необходимо измерять не только азимут цели, но и угол места.

Следует отметить также важность решения задач идентификации моделей вектора состояния воздушного судна и разработку алгоритмов обработки измерений параметров движения, поступающих от системы первичной обработки ПАРЛС. Для решения данных задач можно использовать результаты, полученные в работах [3, с.9-17, 4, с. 26-38, 5, с. 3-12].

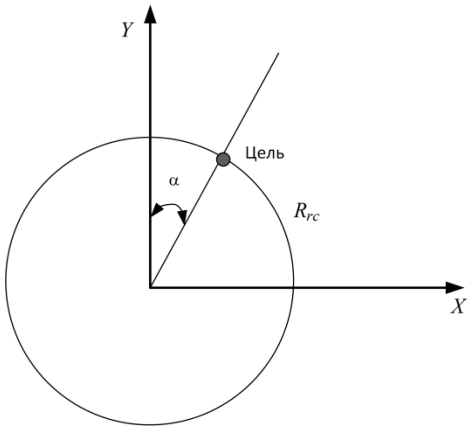



Рисунок 3 – Угломерно-дальномерный метод
определения местоположения цели

**Основные характеристики ПАРЛС**

Рассмотрим такие важные тактические показатели как разрешающую способность по измеряемым координатам и дальность действия ПАРЛС.

*Разрешающая способность по угловым координатам.* При использовании амплитудного метода определения угловых координат, который и реализуется в ПАРЛС, потенциальная разрешающая способность по азимуту $\Delta\Theta_\alpha$ (в радианах) будет определяться параметрами основной антенны и значением длины волны источника сигнала подсвета:

$$\Delta\Theta_\alpha = \frac{\lambda}{L_\alpha}, \tag{2}$$

где $\lambda$ – длина волны источника сигнала подсвета; $L_\alpha$ – линейный размер раскрыва антенны в азимутальной плоскости.

*Разрешающая способность по дальности.* Для определения потенциальной разрешающей способности по дальности $\Delta R_{rc}$ следует учитывать, что дальность до цели $R_{rc}$ определяется косвенным методом на основе измерения суммы дальностей $R_\Sigma$, то есть, согласно (1), $R_{rc} = f\left(R_\Sigma\right)$.

С учетом сказанного, для определения $\Delta R_{rc}$ следует использовать функцию чувствительности [2, с.48] $S_{R_\Sigma} = \dfrac{\partial R_{rc}}{\partial R_\Sigma}$ и показатель $\Delta R_\Sigma$ разрешающей способности ПКРЛС по суммарной дальности $R_\Sigma = R_{rc} + R_{tr}$:

$$\Delta R_{rc} = S_{R_\Sigma} \Delta R_\Sigma, \tag{3}$$

где

$$S_{R_\Sigma} = \frac{\partial R_{rc}}{\partial R_\Sigma} = \frac{R_\Sigma^2 + 2R_\Sigma d\cos(\alpha) + d^2}{2\left(R_\Sigma + d\cos(\alpha)\right)^2}. \tag{4}$$

Потенциальная разрешающая способность ПАРЛС по суммарной дальности определяется выражением:

$$\Delta R_\Sigma = c\tau_u = c/\Delta f_0, \tag{5}$$

где $c$ – скорость света.

*Дальность действия ПАРЛС.* Мощность сигнала, отраженного от цели, на входе приемника ПКРЛС равна [6, с.64 ]:

$$P_{rc.вх} = \frac{P_{tr} G_{tr} G_{rc} \lambda_{tr}^2 \sigma_b}{(4\pi)^3 R_{tr}^2 R_{rc}^2}, \quad (6)$$

где $P_{tr}$ – мощность передатчика источника сигнала подсвета; $G_{tr}$ – коэффициент усиления антенны передатчика; $G_{rc}$ – коэффициент усиления антенны приемника; $\lambda_{tr}$ – длина волны излучения передатчика; $\sigma_b$ – бистатическая эффективная площадь рассеяния (ЭПР) цели; $R_{tr}$ – дальность от передатчика до цели; $R_{rc}$ – дальность от цели до приемника.

Отсюда

$$R_{tr}^2 R_{rc}^2 = \frac{P_{tr} G_{tr} G_{rc} \lambda_{tr}^2 \sigma_b}{(4\pi)^3 P_{rc.вх}} . \quad (7)$$

Величину $\left(R_{tr} R_{rc}\right)_{max}$ называют эквивалентной моностатической максимальной дальностью.

Дальность действия зависит от многих параметров, в том числе и от ЭПР. В результате моделирования была получена данная зависимость, представленная на рисунке 4.

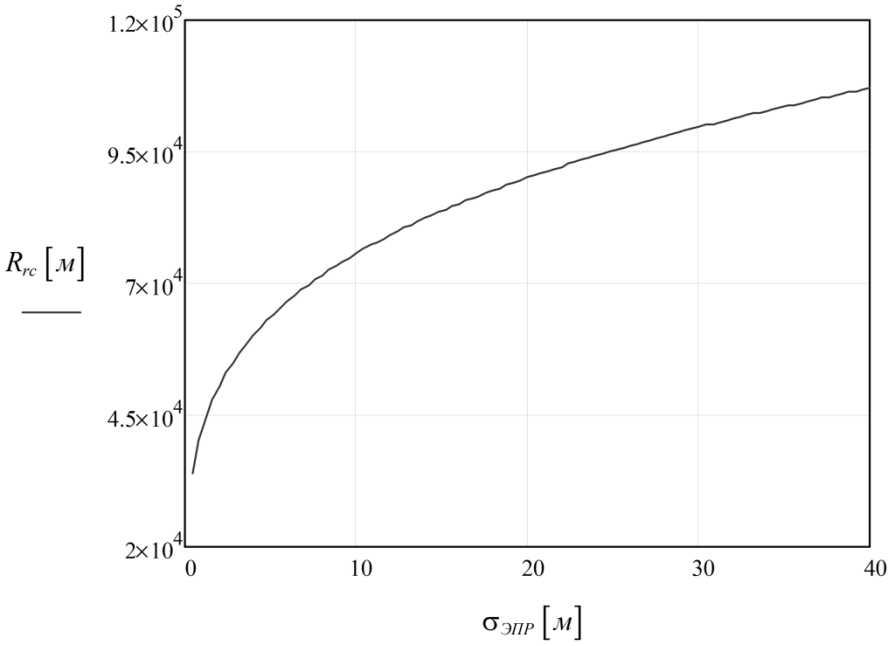



Рисунок 4 – Зависимость энергетической дальности действия ПАРЛС от значения ЭПР цели

*Точность измерения дальности.* Для определения потенциальной точности по дальности $\sigma_R$ следует учитывать, что дальность до цели $R_{rc}$ определяется косвенным

методом на основе измерения суммы дальностей $R_\Sigma$, угловой координаты (азимута) $\alpha$, а также знания значения базы $d$, то есть, согласно (1), $R_{rc} = f\left(R_\Sigma, \alpha, d\right)$.

СКО погрешности косвенных измерений $R_{rc}$ можно найти по формуле:

$$\sigma_{Rnmц} = \sqrt{\left(\frac{\partial f\left(R_\Sigma, \alpha, d\right)}{\partial R_\Sigma}\right)^2 \sigma_{R_\Sigma}^2 + \left(\frac{\partial f\left(R_\Sigma, \alpha, d\right)}{\partial \alpha}\right)^2 \sigma_\alpha^2 + \left(\frac{\partial f\left(R_\Sigma, \alpha, d\right)}{\partial d}\right)^2 \sigma_d^2}, \qquad (8)$$

где $\sigma_{R_\Sigma}$, $\sigma_\alpha$, $\sigma_d$ – СКО измерения суммарной дальности, азимута и базы, соответственно.

Частные производные в (8) имеют вид:

$$\frac{\partial f\left(R_\Sigma, \alpha, d\right)}{\partial R_\Sigma} = \frac{R_\Sigma^2 + 2R_\Sigma d\cos\left(\alpha\right) + d^2}{2\left(R_\Sigma + d\cos\left(\alpha\right)\right)^2}, \quad \frac{\partial f\left(R_\Sigma, \alpha, d\right)}{\partial \alpha} = \frac{d\sin\left(\alpha\right)\left(R_\Sigma^2 - d^2\right)}{2\left(R_\Sigma + d\cos\left(\alpha\right)\right)^2},$$

$$\frac{\partial f\left(R_\Sigma, \alpha, d\right)}{\partial d} = -\frac{2dR_\Sigma + \cos\left(\alpha\right)\left(R_\Sigma^2 + d^2\right)}{2\left(R_\Sigma + d\cos\left(\alpha\right)\right)^2}.$$

Входящие в выражение (8) СКО измерения суммарной дальности и азимута определяются следующим образом [6]:

– $\sigma_\alpha$ – в соответствии с выражением $\sigma_{\alpha nmц} = k\Delta\Theta_\alpha \big/ \sqrt{q^2}$, $k$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от формы диаграммы направленности антенны и способа измерения угловой координаты;

– $\sigma_R$ – в соответствии с формулой для потенциальной точности

$$\sigma_{R_\Sigma} = \sigma_{Rnmц} = \frac{c}{2\Delta f_э \sqrt{q^2}},$$

где $\Delta f_э$ – эффективная ширина спектра зондирующего сигнала; $q^2 = 2E/N_0$ – отношение сигнал/шум на входе измерительного устройства (на выходе корреляционного приемника), $E$ – энергия сигнала, $N_0$ – спектральная плотность шума.

Для определения СКО задания значения базы $\sigma_d$ примем, что известны декартовы координаты приемной позиции $\left(x_{rc}, y_{rc}\right)$ и источника сигнала подсвета $\left(x_{tr}, y_{tr}\right)$, а также СКО их определения $\left(\sigma_{xrc}, \sigma_{yrc}\right)$, $\left(\sigma_{xtr}, \sigma_{ytr}\right)$ соответственно.

В этом случае справедливо:

$$d = \sqrt{\left(x_{rc} - x_{tr}\right)^2 + \left(y_{rc} - y_{tr}\right)^2}. \qquad (9)$$

Тогда по аналогии с (8) СКО $\sigma_d$ может быть найдена на основе выражения:

$$\sigma_d = \left( \left( \frac{\partial d}{\partial x_{rc}} \right)^2 \sigma_{xrc}^2 + \left( \frac{\partial d}{\partial x_{tr}} \right)^2 \sigma_{xtr}^2 + \left( \frac{\partial d}{\partial y_{rc}} \right)^2 \sigma_{yrc}^2 + \left( \frac{\partial d}{\partial y_{tr}} \right)^2 \sigma_{ytr}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

где

$$\frac{\partial d}{\partial x_{rc}} = \frac{x_{rc} - x_{tr}}{d} = k_x, \ \frac{\partial d}{\partial x_{tr}} = -\frac{x_{rc} - x_{tr}}{d} = -k_x, \ \frac{\partial d}{\partial y_{rc}} = \frac{y_{rc} - y_{tr}}{d} = k_y, \quad (11)$$

$$\frac{\partial d}{\partial y_{tr}} = -\frac{y_{rc} - y_{tr}}{d} = -k_y, \quad (12)$$

С учетом (11) и (12) выражение (8) примет вид:

$$\sigma_d = \sqrt{k_x^2 \left( \sigma_{xrc}^2 + \sigma_{xtr}^2 \right) + k_y^2 \left( \sigma_{yrc}^2 + \sigma_{ytr}^2 \right)}.$$

*Точность определения местоположения угломерно-дальномерным методом.* Определив показатели точности определения азимута $\sigma_{\alpha лпц}$ и дальности $\sigma_{Rлпц}$ рассчитаем показатель точности $\sigma_{удм}$ позиционного угломерно-дальномерного метода [6], реализуемого в ПАКРЭС:

$$\sigma_{удм} = \frac{\sqrt{\left( R_{rc} \sigma_{\alpha лпц} \right)^2 + \sigma_{Rлпц}^2}}{\sin\left( \alpha_{лп} \right)},$$

где $\alpha_{лп}$ – угол, под которым пересекаются линии положения (для угломерно-дальномерного метода $\alpha_{лп} = \pi/2$).

На основе (1)-(12) была проведена оценка основных характеристик ПАРЛС, предназначенной для контроля полетов летательных аппаратов на малых и сверхмалых высотах в районе аэропорта «Платов» (Ростовская область).

На рисунке 5 показаны результаты моделирования, позволяющие оценить рабочую зону ПАРЛС по дальности действия в зависимости от высоты полета летательного аппарата и высот размещения антенн ПАРЛС.

На рисунке 6 показана рассчитанная рабочая зона ПКРЛС применительно к территории размещения аэропорта «Платов».

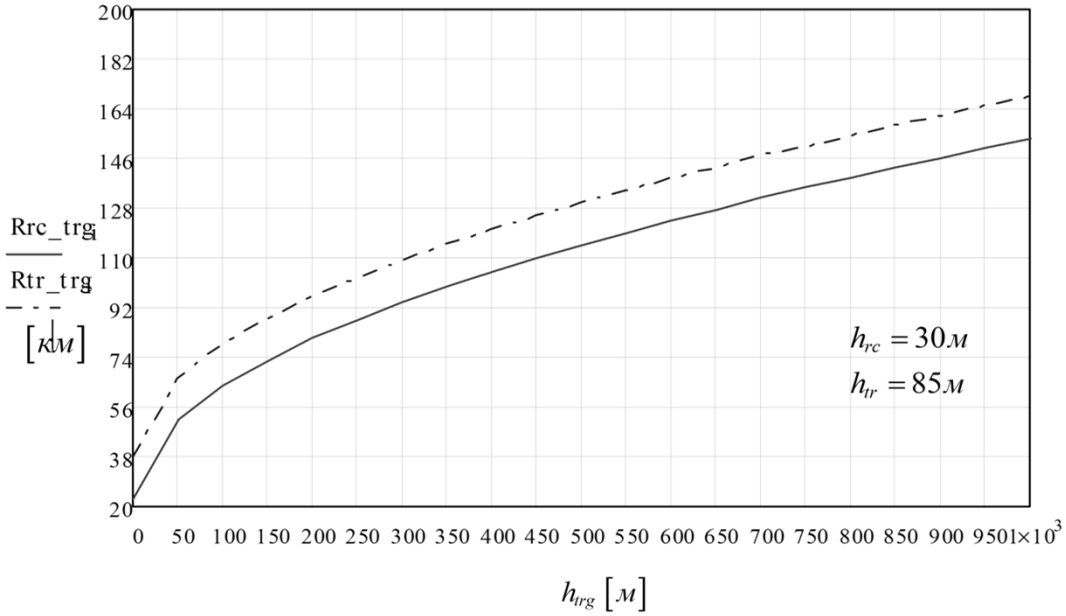



Рисунок 5 – Зависимость геометрической дальности действия ПКРЛС от высоты полета цели $h_{trg}$ при фиксированных значениях высот приемной и передающей антенн: $R_{rc_trg}$ – дальность «приемник – цель», $R_{tr_trg}$ – дальность «передатчик – цель»

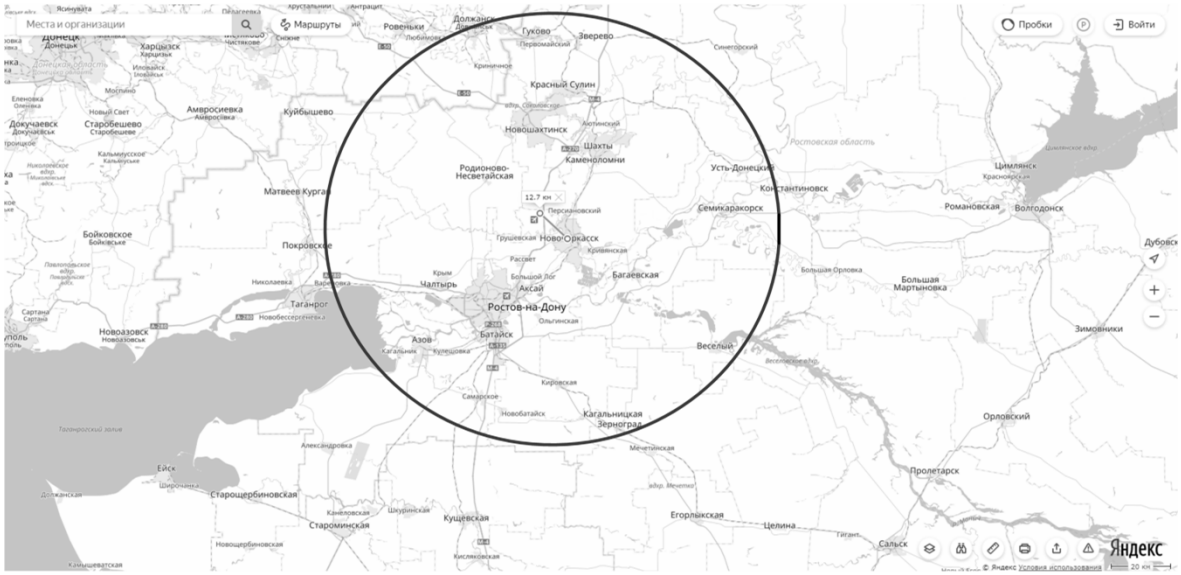



Рисунок 6 – Рабочая зона ПАРЛС применительно к аэропорту «Платов»

**Заключение**

Применение разработанной методики оценки потенциальных характеристик позволило получить соответствующие оценки для ПАРЛС, предназначенной для оценки местоположения ИРИ, размещенных на борту летательных аппаратов, выполняющих полеты на малых и сверхмалых высотах в районе аэропорта «Платов». Установлено, что ПАРЛС, использующая в качестве сигнала подсвета излучение передатчика DVB-T2 телецентра в г. Новочеркасске, обеспечивает следующие показатели: оценка разрешающей способности по угловой координате (азимуту) $\Delta\Theta_{\alpha} = 0.1$ рад; оценка разрешающей способности по дальности $\Delta R_{rc} = 19$ м (при значительном удалении цели

от базы ПАРЛС); зону обнаружения в форме близкой к окружности радиусом примерно 75 км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Семашко П.Г., Пархоменко Н.Г., Охрименко А.Е.* Перспективы полуактивной радиолокации в связи с развитием служб цифрового радиовещания // Успехи современной радиоэлектроники. 2010. №7. С. 38-46.
2. *Семашко П.Г., Пархоменко Н.Г., Охрименко А.Е.* Потенциальные характеристики радиолокаторов с цифровым телевизионным подсветом // Успехи современной радиоэлектроники. 2011. №10. С. 47-51.
3. *Елисеев А.В., Калашников Р.М., Тюрин Д.А.* Алгоритм обработки измерений и адаптации математического обеспечения информационно-измерительной системы в условиях изменения модели информационного процесса // Успехи современной радиоэлектроники. 2013. № 8. С. 009-017.
4. *Булычев Ю.Г., Елисеев А.В.* обработка измерений в условиях мультиструктурных помех // Автометрия. 2007. Т. 43.№ 5. С. 26-38.
5. *Елисеев А.В.* Идентификация нечеткой модели в задаче синтеза регулятора // Автоматизация. Современные технологии. 2005. № 11. С. 3-12.
6. *Черняк В.С.* Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416с.



***В.В. Ершов, Н.В. Руденко, *К.А. Решетникова, Р.И. Русанов**


## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ СОТОВОЙ СВЯЗИ


*Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия



Ключевые слова: автономная базовая станция сотовой связи, альтернативные источники базовой станции, технико-экономические характеристики источников, алгоритм работы альтернативных источников.



В статье показано влияние технико-экономических характеристик альтернативных источников в составе автономной базовой станции сотовой связи на эффективность системы электропитания станции. Предложено учитывать различие этих характеристик в

алгоритме работы источников в составе ее системы электропитания на основе показателя эффективности. В качестве показателя эффективности энергетической установки станции выбрана физическая величина, обратная стоимости производства единицы мощности установки. Предложен алгоритм работы альтернативных источников автономной базовой станции сотовой связи, в котором учитывается мощность, вырабатываемая отдельным источником и удельная стоимость производства этой мощности.

***V.V. Ershov, N.V. Rudenko, *K.A. Reshetnikova, R.I. Rusanov,**

## ESTIMATION OF EFFICIENCY OF SOURCES OF ENERGY IN THE COMPOSITION OF THE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM OF THE BASIC STATION OF CELLULAR COMMUNICATION

* North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Key words: autonomous base station of cellular communication, alternative sources of base station, technical and economic characteristics of sources, algorithm of operation of alternative sources.

The article shows the influence of technical and economic characteristics of alternative sources in the autonomous base station of cellular communication on the efficiency of the power supply system of the station. It is suggested to take into account the difference in these characteristics in the algorithm of the operation of the sources in the structure of its power supply system on the basis of the efficiency index. As an indicator of the efficiency of the station's power plant, a physical quantity, inverse to the cost of production of a unit of power of the plant, was chosen. An algorithm for the operation of alternative sources of an autonomous cellular base station is proposed, which takes into account the power generated by a separate source and the unit cost of production of this power.

**Постановка задачи.** Бесперебойность сотовой связи является важнейшей задачей. Она достигается прежде всего организацией надежного электропитания оборудования и систем базовых станций (БС). С точки зрения бесперебойности питания электроприемники БС относятся к первой и второй категориям [1]. Поэтому для обеспечения устойчивой связи в сети оборудование станции должно надежно и бесперебойно обеспечиваться электрической энергией от районной Госэнергосистемы.

Особую актуальность решение этой задачи представляет для автономных базовых станций, для которых исключена возможность электроснабжения от стационарных центров электропитания Госэнергосистемы.

Известно [2, 3], что в качестве первичных источников электрической энергии на таких станциях широкое применение в настоящее время находят устройства на основе

возобновляемых источников, использующих энергию солнца и ветра в сочетании с резервным источником на базе дизель – электрической установки (ДЭУ).

Достоинством альтернативных источников является возможность получения электрической энергии благодаря преобразованию нетрадиционных видов энергии, без использования углеводородных компонентов, в частности, энергии ветра, солнца и окислительно- восстановительных реакций. Анализ [4,5,6,7,8,9] показывает, что мощность и затраты на ее производство каждым источником отличаются. Причина отличия – особенности протекания энергопреобразовательных процессов в каждом из источников, и обусловленные этими отличиями технико-экономические характеристики. Это означает, что эффективность системы электропитания автономной базовой станции системы сотовой связи в целом определяется технико-экономическими показателями ее источников, как показано в [10]. Однако в настоящее время вопрос об учете этих показателей в алгоритме работы источников в составе станции и формировании ее структуры не находит своего отражения в прямой постановке.

Полагая, что продолжительность функционирования электроприемников станции системы сотовой связи при их питании от альтернативных источников является определяющей, а ДЭУ как резервный источник вступает в работу лишь при дефиците этой мощности, вопрос оценки эффективности системы электропитания станции в целом и её составных компонентов является актуальным.

**Материалы исследования.** Задача формулируется следующим образом. Имеется электроэнергетическая установка на основе возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭЭ) и ДЭУ. Обобщённая структурная схема установки представлена на рисунке 1.

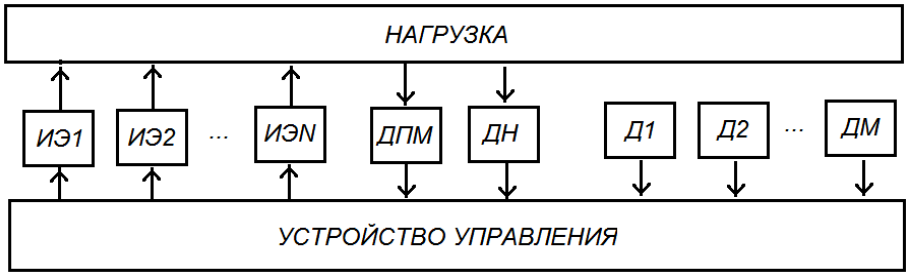



Рисунок 1 - Обобщённая структурная схема электроэнергетической установки

Установка содержит следующие элементы:

– ИЭ1, ИЭ2,...,ИЭN – источники электрической энергии (солнечная батарея, ветрогенератор, гидротурбина и т.д., а также ДЭУ);
– ДПМ – датчик потребляемой мощности;
– ДН – датчик напряжения;
– Д1, Д2,...,ДМ – датчики параметров окружающей среды, влияющих на работу источников (датчик солнечной радиации, датчик скорости ветра, датчик температуры окружающей среды, датчик потока воды и т.д.)

Требуется разработать показатель эффективности электроэнергетической установки станции исходя из эффективности ее источников.

Из функционального назначения и особенностей функционирования автономной базовой станции следует, что различия эффективностей её составных источников должны

учитываться при разработке структуры системы электропитания станции и формировании алгоритмов управления этими источниками.

**Обоснование показателя эффективности.** Показатель эффективности электроэнергетической установки должен учитывать в себе экономичность отдельных источников. В частности, экономичность отдельного источника ($Э_i$) можно представить отношением мощности ($P_i$), вырабатываемой i – м источником к затратам ($C_i$) на производство единицы этой мощности, т.е.

$$Э_i = \frac{P_i}{C_i}, \tag{1}$$

где $C_i$ = [руб. / 1 кВт].

Как следует из (1) экономичность i – го источника характеризует собой долю мощности станции, выработанную этим источником, к затратам на производство единицы этой мощности, например к одному киловатту.

Отношение экономичности i– го источника ($Э_i$) к требуемой мощности станции ($P_{ТР}$) выражает собой эффективность этого источника в составе станции. Иначе говоря, эффективность отдельного источника характеризует собой долю, вносимую i–м источником в эффективность системы электропитания станции. В практическом плане эффективность i– го источника ($П_{ЭФФ.i}$) представляет собой число, обратное стоимости производства единицы этой мощности, например, 1 кВт в составе станции, т.е.

$$П_{ЭФФ.i} = \frac{Э_i}{P_{ТР}}, \left[\frac{1кВт}{руб.}\right]. \tag{2}$$

Сумма составляющих эффективности всех источников выражает собой эффективность системы электропитания станции ($П_{ЭФФ.\Sigma}$), т.е.

$$П_{ЭФФ.\Sigma} = \frac{П_{ЭФФ.1} + П_{ЭФФ.2} + \cdots + П_{ЭФФ.K}}{P_{ТР}} = \frac{\sum_{i=1}^{K} П_{Эфф.i}}{P_{ТР}}. \tag{3}$$

Из анализа (2) и (3) следует:

– чем большую мощность вырабатывает отдельный источник и чем меньше стоимость выработки единичной мощности, тем выше эффективность источника и станции в целом;
– эффективность системы электропитания станции в целом определяется эффективностями ее источников, отнесенными к требуемой мощности ее электроприемников $P_{ТР}$.

**Результаты исследований.** Такой подход позволяет количественно оценить не только долю мощности отдельного источника в общем ее балансе в составе всей системы электропитания, но и затраты на ее производство каждым источником. Исходя из результата такой оценки предлагается алгоритм, в соответствии с которым задействуются в работу источники с большей вырабатываемой мощностью и меньшей стоимостью

выработки единицы этой мощности. В частности при мощности отдельного источника, достаточной для покрытия требуемой мощности станции, т.е. $P_i = P_{TP}$, для питания электроприемников станции должен задействоваться источник с большей по сравнению с другими источниками эффективностью, поскольку затраты на производство требуемой мощности у него меньше.

В случае, если мощности каждого из источников станции по отдельности оказывается недостаточно для покрытия требуемой мощности $P_{TP}$, то она должна быть набрана их некоторой комбинацией. При этом в работе должны быть задействованы источники электрической энергии, характеризующиеся большей эффективностью, а значит меньшими суммарными затратами на производство требуемой генерируемой мощности.

**Вывод.** Предлагаемый подход позволяет дать обоснованную оценку эффективности системы электропитания автономной базовой станции с разнотипными альтернативными источниками в её составе и на этой основе решать задачи по структурному составу системы электропитания станции и алгоритмам управления её источниками с целью достижения минимальных затрат на производство суммарной генерируемой мощности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Библиотека гостов и нормативов. РД 45.162-2001 «Ведомственные нормы технологического проектирования. Комплексы сетей сотовой и спутниковой подвижной связи общего пользования». [Электронный ресурс]: URL: //http:// www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10939/ (дата обращения 24.02.2018 г.).
2. *Rudenko N.V., Sukiyazov A.G., Shokova Yu.A.* Adaptive control efficiency enhance-ment for hybrid solar-wind energy farms // 7th International Scientific Conference Science and Society. Held by SCIEURO in London. 25-26 November 2014. P.43-50.
3. *Руденко Н.В., Ершов В.В., Воржев В.Б.* Система автономного электроснабжения крестьянского фермерского хозяйства на основе возобновляемых источников энергии. // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: Сборник статей 10 международной научно-практической конференции 1 – 3 марта 2017 г., г. Ростов-на-Дону. В рамках 20-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2017», Ростов н/Д, 2017. С.563-567.
4. Цена средней солнечной электростанции. [Электронный ресурс]: URL:http://www.solarhome.ru/solar/pv/tsena-srednej-solnechnoj-elektrostantsii.htm (дата обращения 26.02.2018 г.).
5. Ветрогенераторы 1 кВт в России. [Электронный ресурс]: URL: https://tiu.ru/Vetrogeneratory-1-kvt.html?sort=-score (дата обращения 26.02.2018 г.).
6. Ветряк EnergyWind 1 кВт. [Электронный ресурс]: URL: http://energywind.ru/katalog/vetrogeneratory/vetryak-energywind-1000w (дата обращения 3.03.2018 г.).
7. Wind generator 1kw. [Электронный ресурс]: URL: https://ru.aliexpress.com/popular/wind-generator-1kw.html (дата обращения 8.03.2018 г.).

8. Выбор и эксплуатация аккумуляторов для солнечных батарей. [Электронный ресурс]: URL: http://energomir.biz/alternativnaya-energetika/solnce/akkumulyatory-dlya-solnechnyx-batarej.html (дата обращения 8.03.2018 г.).
9. Батарея для солнечной батареи: обзор, виды, характеристики: [Электронный ресурс]: URL: http://fb.ru/article/244251/batareya-dlya-solnechnoy-batarei-obzor-vidyi-harakteristiki (дата обращения 8.03.2018 г.).
10. *Руденко Н.В., Ершов В.В.,* Выбор показателей эффективности гибридных энергетических установок систем электропитания базовых станций сотовой связи. // «INTERMATIC–2016»/ Материалы Международной НТК, 21 – 25 ноября 2016 г. МОСКВА.:, МИРЭА, С.181-184.

**В.А. Жильцов, И.Н. Яремко**

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАФИКА В СЕТЯХ MPLS

Государственное общеобразовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

Ключевые слова: трафик, сеть, коммутация, маршрутизация, оптимизация, Traffic engineering, многопротокольная коммутация по меткам.

В статье рассмотрены проблемы и актуальные вопросы оптимизации трафика в сетях многопротокольной коммутации по меткам (MPLS), представлены основные задачи для достижения поставленной цели, рассмотрены основные методы Traffic engineering.

**W.A. Zhiltsov, I.N. Yaremko**

## STUDY AND OPTIMIZATION OF TRAFFIC IN MPLS NETWORKS

State Educational Establishment of Higher Professional Education "Donetsk National Technical University", Donetsk

Key words: traffic, network, switching, routing, optimization, Traffic engineering, multiprotocol label switching.

The problems and topical issues of traffic optimization in multiprotocol label switching networks (MPLS) are considered in the article, main tasks for achieving the set goal are presented, basic methods of Traffic engineering are considered.

В эпоху информации связь является важнейшим инструментом в руках человечества. Она развивается, модернизируется и проникает во все сферы жизнедеятельности человека, параллельно адаптируясь к ним. Исходя из этого появляется

необходимость внедрять методы оптимизации трафика, которые должны обеспечивать заданные классы обслуживания для различных типов трафика посредством перераспределения сетевых ресурсов. С внедрением приложений QoS (Quality of Service) в Интернет, было разработано много новых сетевых технологий. Так как каналы в сетях связи на транспортном уровне зачастую перегружены, то внедрение и совершенствование такой системы является актуальным в наше время. Наиболее распространенной из таких систем является технология многопротокольной коммутации по меткам MPLS, которая используется на транспортном уровне и позволяет обеспечить эффективную передачу трафика с поддержкой параметров QoS.

Целью работы является повышение производительности MPLS сети за счет более эффективного распределения ресурсов пропускной способности магистральных каналов связи между набором заданных путей, перераспределения нагрузки между LSP в условиях изменения трафика в сети.

Для реализации данной цели были поставлены следующие задачи:

- проведение анализа существующих методов оптимизации трафика в MPLS сетях;
- исследование требований QoS, предъявляемых к MPLS тоннелям;
- применение технологии Traffic Engineering (TE) для прогнозирования трафика в MPLS сетях;
- разработка алгоритма функционирования механизма оптимизации трафика сетей.

MPLS основан на принципе обмена метками. Любой переданный пакет связан с определенным классом сетевого уровня (FEC), каждый из которых идентифицируется определенной меткой. Значение метки уникально только для участка пути между соседними узлами сети MPLS, которые также известны как маршрутизаторы на основе LSR. Метка добавляется в любой пакет, а способ привязки к пакету зависит от технологии, используемой на канальном уровне. Технология многопротокольной коммутации с помощью меток MPLS считается на данный момент многими специалистами одной из наиболее перспективных и оптимальных транспортных технологий [1].

При поступлении пакетов на границу MPLS-домена пограничный маршрутизатор (LER - Label Edge Router) анализирует IP-заголовок и присваивает пакету идентификатор, называется меткой (label). LER выполняет такую важную функцию, как направление входящего трафика в один из выходных путей LSP. Для реализации этой функции в MPLS введено такое понятие, как класс эквивалентности продвижения FEC (Forwarding Equivalence Class). FEC – это классы трафика. В простейшем случае идентификатором класса является адресный префикс назначения (грубо говоря, IP-адрес или подсеть назначения). После принятия решения о принадлежности пакета к определенному классу FEC его нужно связать с существующим путем LSP. Для этой операции LER использует таблицу FTN (FEC To Next hop - отражение класса FEC на следующий хоп).

Пример MPLS сети и прохождения пакета по сети проиллюстрировано на рис. 1.

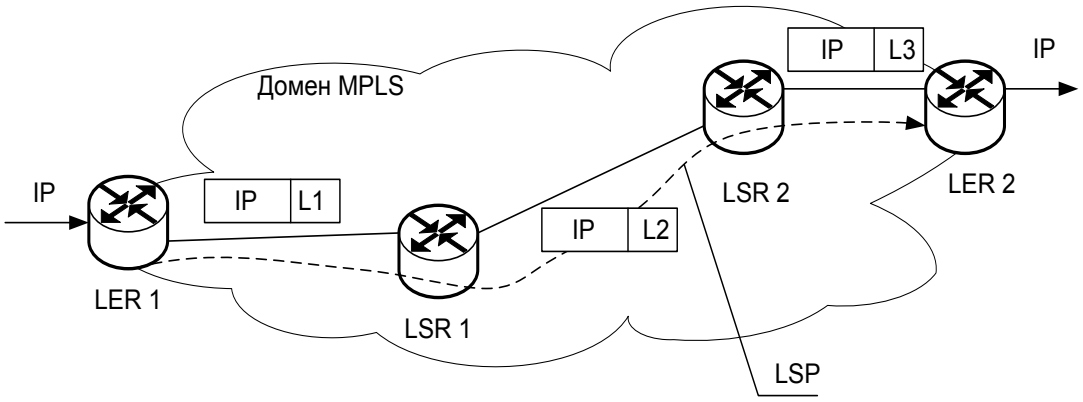



Рисунок 1 – Типовая схема MPLS сети

Сложные настройки и конфигурирования выполняются только в LER, а все промежуточные устройства LSR выполняют простую работу, продвигая пакет согласно техники виртуального канала. Выходное устройство LER удаляет метку и передает пакет в следующую сеть уже в стандартной форме IP-пакета. Таким образом, технология MPLS остается прозрачной для остальных IP-сетей [2].

Наиболее важной задачей при построении сетей передачи данных также является оптимизация трафика и выбор алгоритмов маршрутизации, которые должны обеспечивать производительность сети и ее адаптацию к изменениям трафика, без необходимости изменения структуры сети и повышения ёмкости каналов. Для достижения этой используются различные средства [3]:

– натурное моделирование;
– имитационное моделирование;
– математические оптимизационные модели.

Оптимизация – процесс выбора наилучшего варианта из нескольких возможных.

Методы оптимизации любой сети, в том числе и сети с многопротокольной коммутацией по меткам (MPLS), включают в себя распределение ресурсов пропускной способности между набором заданных путей с коммутацией по меткам (LSP) и преобразование их в физическую сеть трактов с ограничением производительности. Процесс оптимизации также определяет пороги производительности трактов, связанных с использованием некоторой схемы резервирования пропускной способности для защиты обслуживания. Защита обслуживания управляет качеством обслуживания (QoS), предложенной для конкретных типов обслуживания при помощи ограничения пропускной способности или предоставления приоритета доступа одного типа трафика над другим.

Каждый метод оптимизации имеет свои цели и критерии, посредством которых достигаются желаемые результаты. Результаты же должны удовлетворять имеющимся граничным условиям. При оптимизации сетей MPLS речь идет о некотором оптимальном дизайне LSP, который, при соблюдении требований по качеству обслуживания (QoS), гарантирует достижение максимальной пропускной способности сети. Уровень нагрузки на каждой линии связи непосредственно характеризует вероятность возникновения ситуаций перегрузки, косвенно задержку и потери пакетов данных. Таким образом, соблюдение параметров качества обслуживания определяется коэффициентом использования линии связи. Можно определить пороговое значение для возможно

наибольшего коэффициента использования линии, при достижении которого еще гарантируются параметры качества обслуживания.

Проблема оптимизации заключается в следующем: для всех требований по распределению потоков заданной трафик-матрицы должны быть найдены те пути, которые обеспечивают оптимальное распределение нагрузки всех требований. Полученный в итоге дизайн LSP должен выполнять все поставленные граничные условия. При этом сумма всех требований на распределение потоков на отдельно взятом ребре не должна превышать его пропускной способности. Некоторый дизайн LSP, который удовлетворяет всем граничным условиям, называется допустимым. Так как задержка сильно зависит от числа прыжков (Hops), то необходимо, по возможности, ограничивать длину пути.

Чтобы выбрать один из множества вариантов дизайнов, используются следующие два критерия для оценки качества и оптимальности дизайна:

– для заданной трафик-матрицы максимальная нагрузка на ребро должна быть, по возможности, минимальной;
– для всех требований на распределение потоков трафик-матрицы пути, по возможности, должны быть кратчайшими. Длина пути определяется числом промежуточных узлов.

Одной из ключевых задач при обеспечении заданного качества обслуживания в сети передачи данных является управление трафиком (Traffic engineering, TE). Под управлением трафиком понимается совокупность алгоритмических средств, реализованных как аппаратно, так и программно, направленных на обеспечение функционирования данной сети с требуемым качеством обслуживания и эффективным использованием ресурсов сети. С точки зрения топологии сети, управление трафиком включает в себя сетевое планирование и оптимизацию [4].

При традиционной маршрутизации IP-трафик маршрутизируется путем его передачи от одной точки назначения в другой и направляется в пункт назначения по маршруту, имеет наименьшую суммарную метрику сетевого уровня. Этот путь может не быть оптимальным, поскольку он зависит от информации о статической метрике канала. В данном случае, при выборе пути не учитываются свободные сетевые ресурсы, текущая загрузка каналов, а также требования к обслуживанию трафика. Таким образом, если кратчайший путь уже перегружен, то пакеты все равно будут направляться по этому пути, в результате чего будет наблюдаться картина перегруженности одних каналов связи и простой других. Следует заметить, что при наличии в сети нескольких равноценных альтернативных маршрутов, трафик делится между ними, и нагрузка на маршрутизаторы и каналы связи распределяется более сбалансировано. Но, если маршруты не являются полностью равноценными, распределение трафика между ними не происходит.

Применение механизмов TE позволяет лучше использовать сетевые ресурсы за счет перевода части трафика с более загруженной на менее загруженный участок сети. При этом не только лучше используется доступная полоса пропускания, но и достигается более высокое качество обслуживания трафика, так как уменьшается вероятность перегрузки в сети. Кроме того, для услуг, которые требуют выполнения заданных норм качества обслуживания QoS, например, заданного коэффициента потерь пакетов и / или задержки / джиттера, инжиниринг трафика позволяет обеспечивать надлежащее QoS путем назначения явно соответствующих маршрутов. Как эксплуатационный инструмент,

инжиниринг трафика регулярно оптимизирует использование сетевых ресурсов при изменениях распределения нагрузки в сети [5].

Задача TE состоит в определении маршрутов потоков трафика по сети, то есть для каждого потока необходимо указать точную последовательность промежуточных маршрутизаторов и их интерфейсов на пути между входной и выходной точкой потока. При этом все ресурсы сети должны быть нагружены наиболее сбалансированно.

Другим способом постановки задачи TE является поиск такого набора путей, при которых все значения коэффициентов использования ресурсов не будут превышать определённый заданный порог Kmax. Данный подход более простой в реализации, так как связанный с перебором меньшего количества вариантов и поэтому чаще используется на практике.

Существуют следующие механизмы Traffic Engineering в MPLS:

- на применение тоннелей LSP, которые формируются на основе протокола RSVP-TE;
- на протоколах маршрутизации внутреннего шлюза, основанные на расширенных протоколах определения состояния канала;
- на алгоритме вычисления пути, который определяет пути LSP;
- на механизмах доступа к ресурсам сети.

При решении задач управления трафиком необходимо решить три основные задачи:

- определить соответствия пакетов к определенному классу FEC;
- определить соответствии FEC и каналов передачи данных;
- определить соответствия каналов передачи данных физической топологии сети через маршруты с коммутацией по меткам.

Также для решения задачи TE технология MPLS использует расширенные протоколы маршрутизации, которые работают на основе алгоритма состояния каналов связи. Сегодня такие расширения стандартизированы для протоколов OSPF и IS-IS. Причиной использования протоколов маршрутизации данного класса является то, что они, в отличие от дистанционно-векторных протоколов, к которым относится, например, RIP, дают маршрутизатору полную информацию о топологии сети. OSPF и IS-IS рассылают сообщения для каждого маршрутизатора, содержащие полную информацию о топологии сети, метрики сети по всем каналам, с целью обеспечения вычисления кратчайшего пути к адресату. Управление трафиком реализуется благодаря тому, что в данные протоколы включены дополнительные типы сообщений, в которых по сети распространяется информация о начальной и доступную пропускную способность каждого канала. Благодаря данной информации маршрутизатор LSR, согласно с заданными требованиями к качеству обслуживания, определяет путь передачи трафика.

В технологии MPLS TE пути LSP называют TE-туннелями, которые прокладываются не распределенным способом вдоль путей, находимых обычными протоколами маршрутизации независимо в каждом отдельном устройстве LSR. Вместо этого TE-туннели формируются в соответствии с техникой маршрутизации от источника, когда централизованно задаются промежуточные узлы маршрута. В этом отношении TE-туннели подобны PVC-каналам в технологиях ATM и Frame Relay. Источником маршрута для TE-туннеля выступает его начальный узел, а рассчитываться такой маршрут может как этим же начальным узлом, так и внешней по отношению к сети программной системой или администратором [6].

В технологии MPLS TE информация про найденный рациональный путь используется полностью – то есть запоминается не только первый транзитный узел, как в основном режиме маршрутизации IP, а все промежуточные узлы пути вместе с начальным и конечным, то есть маршрутизация производится от источника. Поэтому достаточно, чтобы поиском TE-туннелей занимались только пограничные LSR сети, а внутренние – только поставляли им информацию о текущем состоянии сети, которая необходима для принятия решений. Такой подход применяется не только в MPLS, но и в других технологиях (например, в протоколе PNNI ATM), владеет несколькими преимуществами в сравнении с распределенной моделью поиска пути, который лежит в основе стандартных протоколов маршрутизации IP. Во-первых, он позволяет использовать «внешние» решения, когда пути являются любой системой оптимизации сети в автономном режиме, а потом прокладываются в сети. Во-вторых, каждый из пограничных LSR может работать с собственной версией алгоритма, в то время как при распределённом поиске на всех LSR необходим идентичный алгоритм, что усложняет построение сети с оборудованием разных производителей. И, в-третьих, такой подход разгружает внутренние LSR от работы по поиску туннелей.

После нахождения пути, независимо от того, найденный он был пограничным LSR или внешней системой, его необходимо установить. Для этого в MPLS TE используется специальный протокол сигнализации, который умеет распространять по сети информацию про явный (explicit) маршрут. В данный момент в MPLS TE используется два таких протокола: RSVP с расширением и CR-LDP. Сообщения этих протоколов передаются от одного узла сети к другому соответственно данным о IP-адресах маршрута. MPLS поддерживает два типа явных путей [7]:

– строгий TE-туннель, который определяет все промежуточные узлы между двумя пограничными устройствами;
– свободный TE-туннель, который определяет только часть промежуточных узлов от одного пограничного устройства до другого, а остальные промежуточные узлы выбираются устройством LSR самостоятельно.

На рисунке 2 представлены оба типа туннелей.

Туннель 1 является примером строгого туннеля, при задании которого внешняя система указала начальный, конечный узлы туннеля, а также все промежуточные узлы, то есть последовательность IP-адресов для устройств LERI, LSR1, LSR2, LSR3, LER3. Таким образом, решена задача инжиниринга трафика за счёт выбора пути с достаточной неиспользуемой пропускной способностью. При формировании туннеля 1 задается не только последовательность LSR, но и требуемая пропускная способность пути. Несмотря на то, что выбор пути происходит в автономном режиме, все устройства сети вдоль туннеля 1 проверяют, действительно ли они обладают запрошенной неиспользуемой пропускной способностью, и только в случае положительного ответа туннель прокладывается.

При установлении туннеля 2 (свободного) задается только начальный и конечный узлы, то есть устройства LER5 и LER2. Промежуточные устройства LSR4 и LSR2 находятся автоматически начальным узлом туннеля 2, то есть устройством LER5, а затем с помощью сигнального протокола устройство LER5 сообщает этим и конечному устройствам о необходимости прокладки туннеля [8].

При установлении нового TE-туннеля в сообщениях сигнализации рядом с последовательностью адресов пути указывается также и резервированная пропускная способность. Каждый LSR, получив такое сообщение, вычитает запрашиваемую пропускную способность из пула свободной пропускной способности соответствующего интерфейса, а затем объявляет остаток в сообщениях протокола маршрутизации.

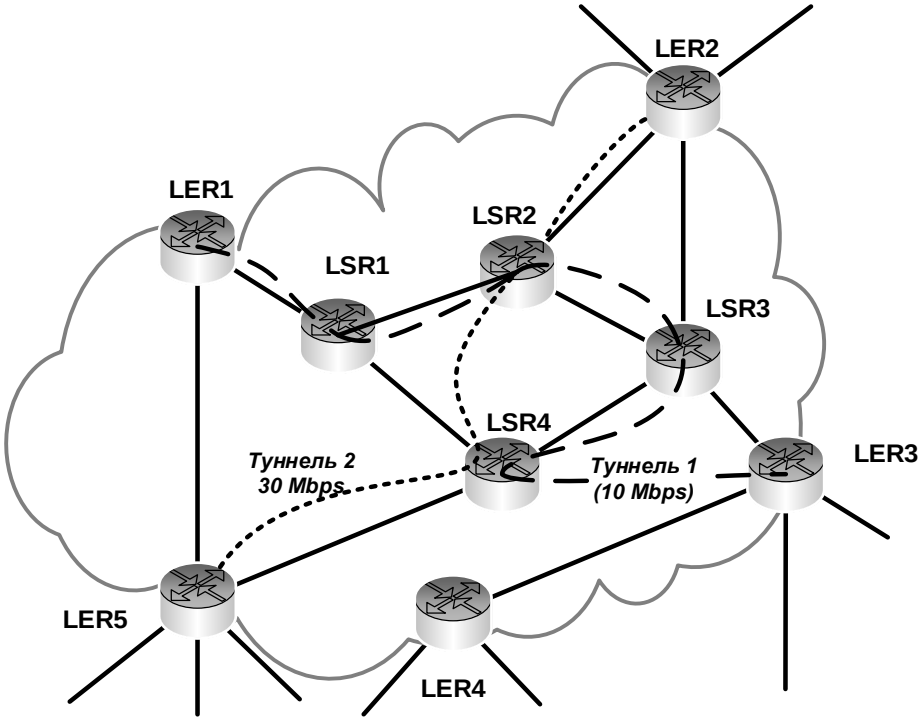



Рисунок 2 – Два типа TE-туннелей в технологии MPLS

В данном примере туннель 1 резервирует для трафика 10 Мбит/с, а туннель 2 — 30 Мбит/с. Эти значения определяются администратором, и технология MPLS TE никак не влияет на их выбор, она только реализует запрошенное резервирование. Чаще всего администратор оценивает резервируемую для туннеля пропускную способность на основании измерений трафика в сети, характера его изменения или других параметров. Некоторые функции MPLS TE позволяют затем автоматически регулировать величину зарезервированной пропускной способности на основании автоматических измерений реальной интенсивности трафика, проходящего через туннель.

Таким образом, в статье рассмотрены и проанализированы основные методы оптимизации трафика в сетях многопротокольной коммутации по меткам (MPLS).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Изд. 4-е. – СПб.: Питер, 2010. – 944 с.
2. *Гулевич Д.С.* Технология MPLS [Электронный ресурс] // Интернет университет информационных технологий. – Режим доступа: URL: http://www.intuit.ru/department/network/ndnets/9/
3. *Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С.* Технология и продукты MPLS. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2005. – 304 с.

4. *Олвейн В.* Структурная реализация современной технологии MPLS // Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 480 с.
5. *Столингс В.* "Современные компьютерные сети". Пер.с англ.- Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Воронеж, Ростов-на-Дону, Екатеринбург, Самара, Киев, Харьков, Минск; Изд.-во «Питер», 2003.
6. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* "Виртуальные частные сети на основе MPLS", Журнал сетевых решений LAN. № 3.-март 2002.
7. *Гольдштейн А.Б.,Гольдштейн Б.С.* "Технология и протоколы MPLS", BHV, «БХВ-Санкт-Петербург»,2005.13. http://zxcv.stsland.ru/200 l05multiservice/index.htm
8. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* "Компьютерные сети". Принципы, технологии, протоколы. - 3-е издание.- Питер,2006.

**Н.Б. Жмайлова, И.В. Щербань**

## МЕТОДИКА ВЫБОРА БАЗИСНОЙ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ ИЗ УСЛОВИЯ МАКСИМУМА СОВМЕСТНОЙ ЭНТРОПИИ ФУРЬЕ- И ВЕЙВЛЕТ- ТРАНСФОРМАНТ СИГНАЛА

Южный федеральный университет, г.Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: непрерывное вейвлет-преобразование, анализ сигналов, энтропия, совместная энтропия.

В статье рассмотрены теоретические информационные критерии выбора базисной вейвлет-функции для непрерывного вейвлет-преобразования, их сравнение, а также выявлена их применимость в практических задачах.

**N.B. Zhmailova, I.V. Shcherban**

## TECHNIQUE OF THE CHOICE OF BASIC WAVELET FUNCTION FROM THE CONDITION OF THE MAXIMUM OF THE JOINT ENTROPY OF FOURIER AND WAVELET TRANSFORMS OF THE SIGNAL

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: Continuouswavelet transform, signal analysis, entropy, joint entropy

The article considers the information cost function to select a base wavelet function of a continuouswavelet transform for future extraction from noise signals.

Анализ измерительных сигналов,временных рядов или иных распределений исходных данных достаточно важен во многихпрактических приложениях. Одним из наиболее эффективных инструментариев при этом является анализ частотных свойств

исходных данных, основанный на оценке амплитудных спектров сигналов [1], или их вейвлет-трансформант [2,3]. Несмотря на очевидную вычислительную эффективность дискретного вейвлет-преобразования (ДВП), во многих практических приложениях оказывается целесообразным использованием непрерывного вейвлет-преобразования (НВП). Избыточность НВП позволяет более полно проанализировать содержащуюся в исходных данных информацию, позволяет эффективно выявлять в составе анализируемых данных локальные особенности или иные структуры [2].

Качество НВП-анализа в первую очередь зависит от правильного выбора базисной вейвлет-функции (б.в.ф.) $\psi^{\langle j \rangle}\left(j=1,2,\ldots,L\right)$,где $L$ – набор вейвлет-функций различного типа.Ясно, что выбор б.в.ф. выполняется, исходя из вида анализируемых сигналов, их частотного состава, наличия неоднородностей и других особенностей. Известно, что б.в.ф. должны обладать некоторыми свойствами: быть локализованными как во временной, так и в частотной области, график вейвлет-функции должен осциллировать вокруг нуля по оси времени и иметь нулевую площадь и т.д. В то же время, выбрать таким образом б.в.ф., наилучшую для каждого конкретного анализируемого сигнала не представляется возможным.

На практике выбор б.в.ф. осуществляют на основе различных оптимизационных критериев [4]. Очевидно, наиболее эффективным является критерий минимума среднего квадрата отклонения, восстановленногопосле последовательного применения процедур вейвлет-преобразования (ВП) и обратного вейвлет-преобразования сигнала(ВП$^{-1}$)сигнала $\tilde{s}(t)$ от исходного сигнала$s(t)$:

$$\min_{\psi^{\langle j \rangle},\, j\in\overline{1,L}} \left\{ J = \int \left( s(t) - \tilde{s}(t) \right)^2 dt \right\}. \qquad (1)$$

Структурная схема данного способа выбораб.в.ф. показана на рисунке 1.

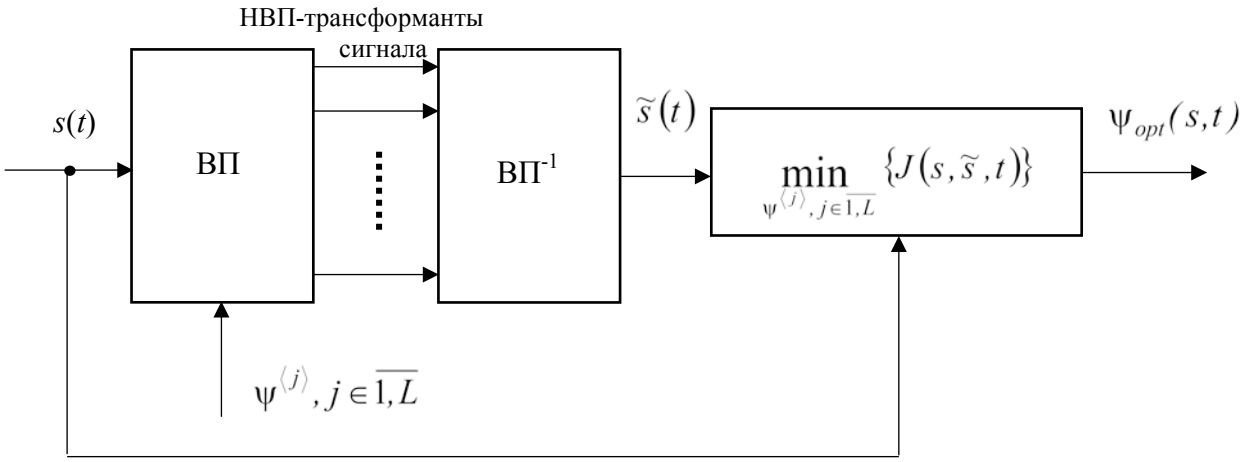



Рисунок 1 – Структурная схема алгоритма выбора б.в.ф. из условия (1)

В то же время понятно, что подобный подход может быть выполнен только лишь в случае, когда обратное ВП$^{-1}$ возможно и, соответственно, для НВП такой подход чаще всего является достаточно трудоемким или нереализуем принципиально [3]. Поэтому в

настоящее время предлагаются другие критерии для выбора оптимальной б.в.ф., применимые для любых НВП. Например, в работах [4-6] используются критерии выбора б.в.ф., основанные на энтропии Шеннона (ЭШ). Критерии основаны на том очевидном предположении, что НВП-трансформанты должны сохранять все информационные характеристики исходных данных. Следовательно, оптимальная б.в.ф. должна обеспечивать максимальное соответствие информационных характеристик, рассчитанных для оригинала и для его частотных отображений.

На основе вышеназванных подходов был разработан следующий алгоритм выбора б.в.ф. при НВП, структурная схема которого представлена рисунке 2. В ходе НВП сигнала рассчитываются его частотные трансформанты – скейлограммы. Далее определяется энтропия Шеннона (ЭШ) $H$ распределениявейвлет-энергии сигнала по масштабам (частотам) на всем временном интервале анализа при выбранной б.в.ф. $\psi^{\langle j \rangle}$. Параллельно выполняется Фурье-преобразование входного сигнала $s(t)$ на том же временном интервале его регистрации. По спектральным коэффициентам Фурье рассчитывается спектральная энтропия Шеннона (СЭШ) $\widetilde{H}$. Ясно, что максимальное соответствие информационных характеристик частотных трансформант НВП и ФП одного и того же фрагмента входного сигнала $s(t)$ свидетельствует о наилучшем выборе б.в.ф. Следовательно, выбор б.в.ф. осуществляется из критерия

$$\max_{\psi^{\langle j \rangle},\, j \in \overline{1,L}} \left\{ \Gamma = \frac{H\left(\psi^{\langle j \rangle}\right) - \widetilde{H}}{\widetilde{H}} \right\}. \qquad (2)$$

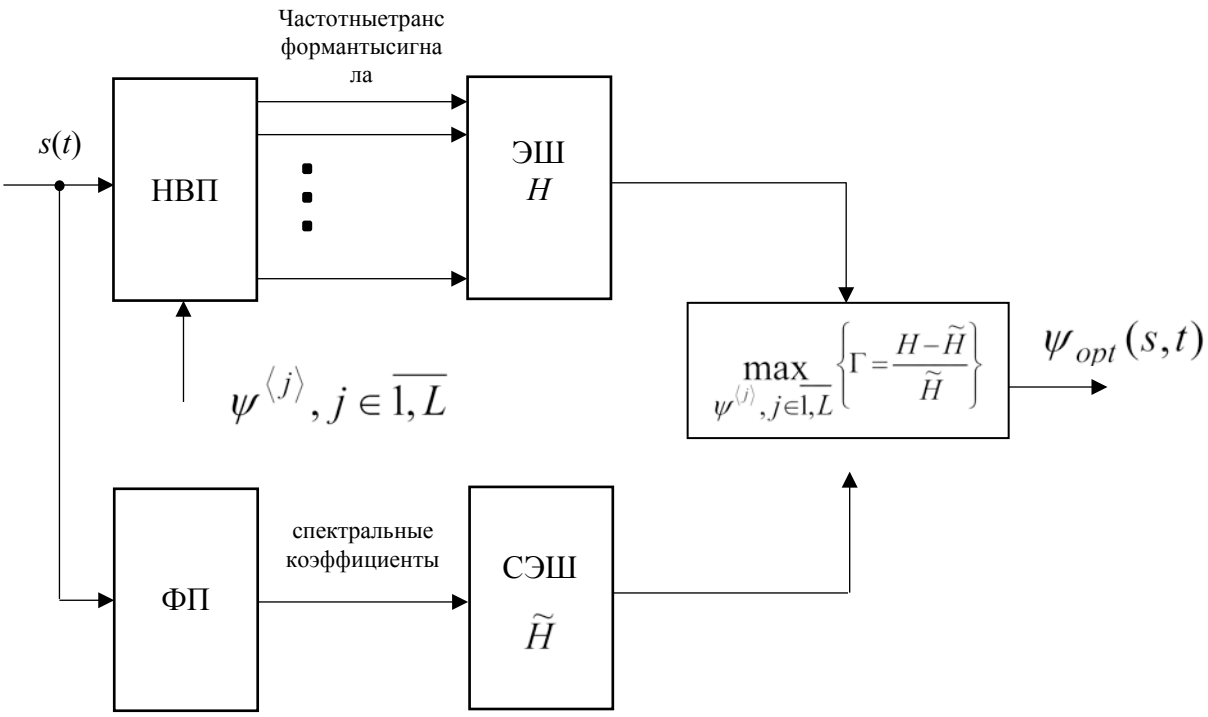



Рисунок 2 – Структурная схема разработанного алгоритма выбора б.в.ф.

Для оценки применимости информационного критерия (2) к задаче выбора б.в.ф.были проведены численные исследования и анализрезультата выбора б.в.ф. по данному критерию.

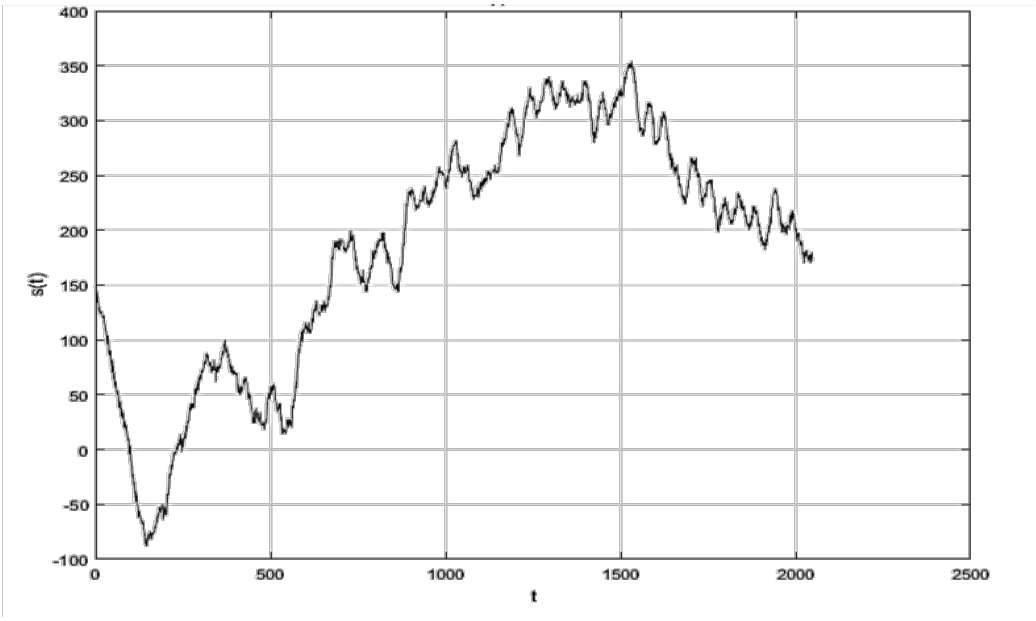



Рисунок 3 – входной сигнал $S(t)$

Эксперименты проводились в среде Matlab. К исходному сигналу, состоящему из 2048 отсчетов, изображенному на рисунке 3, было применено НВП. Для этого использовались двенадцать б.в.ф. ($L$=12) из 4-х различных семейств, а именно: Добеши 4, 6, 8,10, койфлетов 2,5 и биортогональных вейвлетов 1.3, 2.4, 3.1 и симлетов 2, 6 ,8 [5]. Задавались разложения на 128, 256 и 512масштабов. Находили ЭШ $H$ и СЭШ $\widetilde{H}$ . Затем рассчитывался критерий (2), по которому делали вывод об оптимальной б.в.ф. (см. алгоритм на рисунке 2). Результаты вычислений представлены на рисунках 4-7.

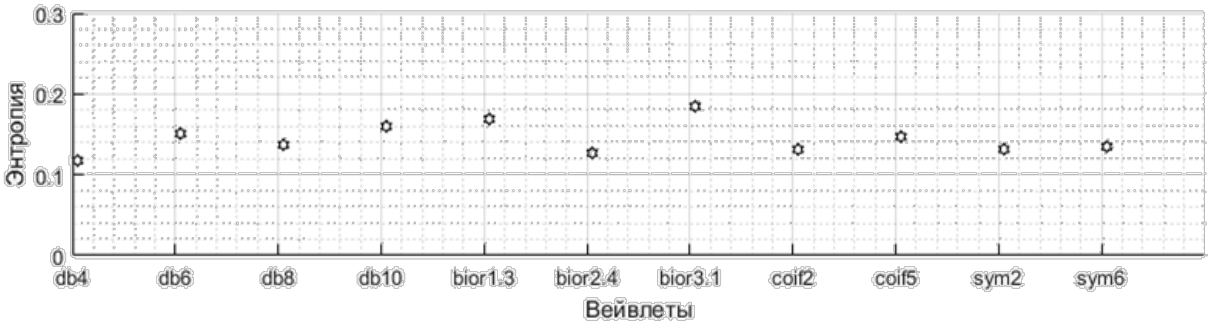



Рисунок 4 – Энтропия Шеннона для вейвлет-коэффициентов в масштабе 128

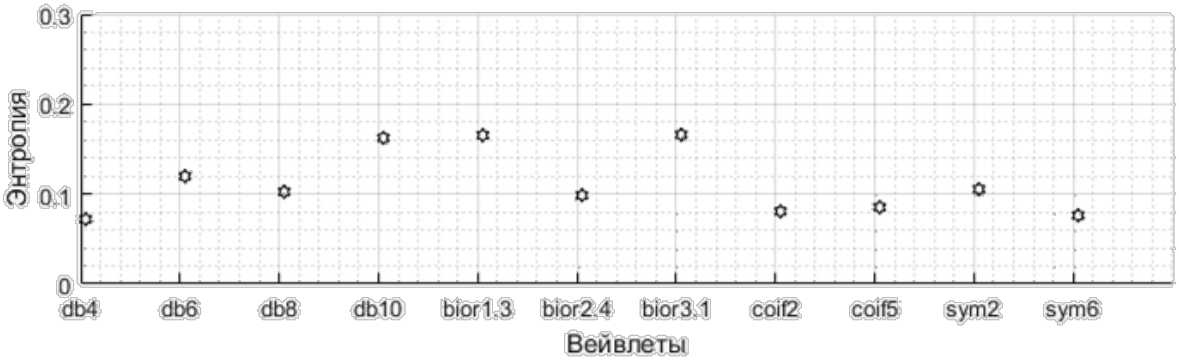



Рисунок 5 – Энтропия Шеннона для вейвлет-коэффициентов в масштабе 256

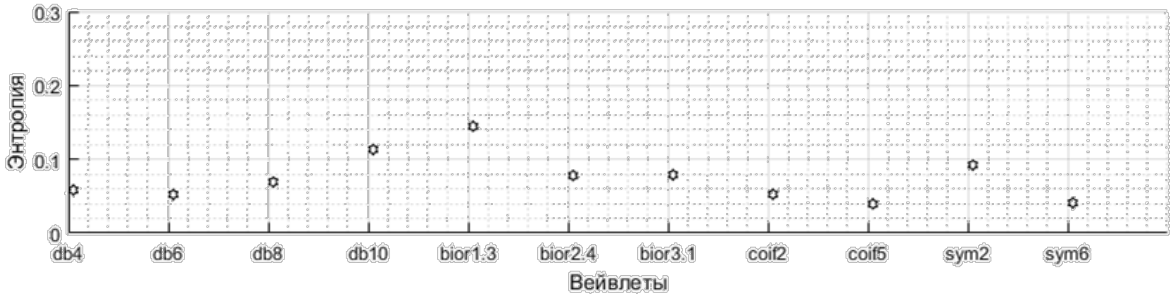



Рисунок 6 – Энтропия Шеннона для вейвлет-коэффициентов в масштабе 512

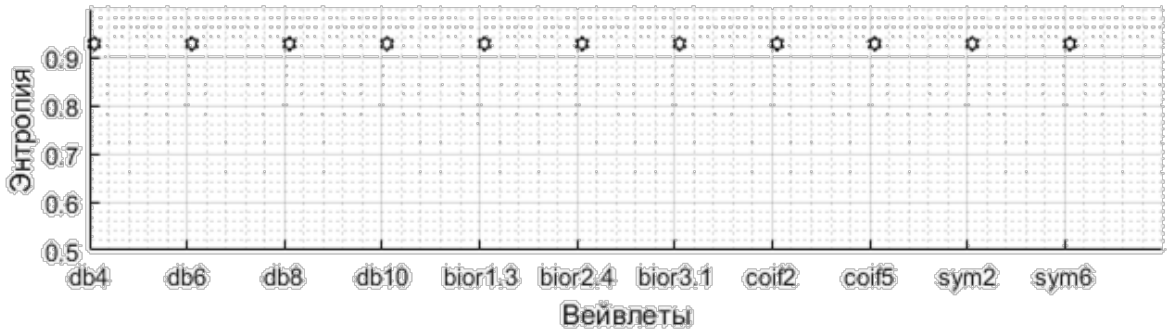



Рисунок 7 – Энтропия Шеннона для спектральных коэффициентов

Из представленных результатов видно, что значения ЭШ $H(c)$ и совместной энтропии $\widetilde{H}(S,C)$ при одинаковых б.в.ф. различны, из чего следует их несоответствие в рассматриваемой задаче. Следовательно, критерий (2) не может быть использован для выбора оптимальной базисной вейвлет-функции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Щербань И.В.*, *Кириленко Н. Е.*, *Щербань О.Г.* Эффективные критериальные функции спектральной энтропии для поиска высокочастотных паттернов в составе зашумленных электрограмм // Информационно-управляющие системы. 2018. № 2. С. 8-17.
2. *Астафьева Н.М.*Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н.М. Астафьева // Успехи физических наук. 1996. Т. 166, №11. С. 1145-1170.

3. *Смоленцев Н.К.* Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. М.: ДМК Пресс, 2005.
4. *Полозов Ю.А., Мандрикова О.В.* Критерий выбора вейвлет-фунцкии в задачах аппроксимации природных временных рядов сложной структуры // Информационные технологии. 2012. №1. С. 31-36.
5. *Щербань И.В., Кириленко Н.Е., Кубах Е.В.* Виртуальный прибор выбора оптимальной базисной вейвлет-функции в реальном времени // «Концепции фундаментальных исследований – 2017»/ Материалы Международной НПК, 9 декабря 2017 г. Уфа, С. 179-182.
6. *Hong He, Yonghong Tan, YuexiaWarg*. Optimal Base Wavelet Selection for ECG Noise Reduction UsingaComprehensive Entropy Criterion // Entropy. 2015. Vol.17. Pp. 6093-6109.
7. *Дьяконов В.П.*MATLAB. Полный самоучитель. М.: ДМК Пресс, 2012.

**М.В. Загинайло, Д.В. Маршаков**

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫХОДНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: распознавание образов, искусственная нейронная сеть, статистическая гипотеза, классификация.

В работе рассматривается возможность применения к задаче нейросетевого распознавания образов методов математической статистики, согласно которым оценка выходных результатов искусственной нейронной сети может быть рассмотрена как задача статистической классификации выборки её выходных результатов, а именно статистической проверки статистических гипотез.

**M.V. Zaginaylo, D.V. Marshakov**

## STATISTICAL ESTIMATION OF THE OUTPUT RESULTS OF THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN PATTERN RECOGNITION TASK

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: pattern recognition, artificial neural network, statistical hypothesis, classification.

The paper deals with the possibility of application of the methods of mathematical statistics to the task of artificial neural network pattern recognition, according to which the estimation of output results of an artificial neural network can be considered as a task of statistical verification of statistical hypotheses.

Высокая эффективность решения задачи распознавания образов искусственными нейронными сетями (ИНС), достигаемая массовой параллельностью функционирования их элементов, гибкостью и универсальностью механизмов обучения, обобщающими возможностями поиска и установления связи между ключевыми признаками входных образов, обуславливает широкое применение ИНС в оптическом распознавании символов, автомобильных номеров, лиц, речи, изображений и т.д.

Задача распознавания образов сводится к классификации и идентификации объектов, характеризуемых конечным набором отдельных свойств и признаков. ИНС определяет принадлежность входного образа, представляемого вектором признаков фиксированной длины, к классам, задаваемым выходными нейронами ИНС. При этом решением считается такая альтернатива, при которой значение сигнала выходного нейрона, соответствующего тому или иному классу, является максимальным.

Недостатком такой интерпретации выходных результатов ИНС является отсутствие оценки уровней активности выходных нейронов, т.е. степени принадлежности образа к каждому из классов. Между тем в реальных условиях (ограниченная точность измерения параметров объектов, сильная зашумленность входного сигнала, перемещение объектов и пр.) признаки распознаваемого объекта могут изменяться случайным образом, и входной образ окажется близок граничным значениям двух или более классов. Такая ситуация значительно снижает качество распознавания нейронной сетью, вплоть до возможной ошибочной классификации. В связи с этим, при решении задачи распознавания образов, актуальной задачей является разработка методов оценки достоверности выходных результатов ИНС. В данной статье рассматривается методика вероятностной оценки результатов распознавания образов нейронной сетью.

Одним из существующих практических решений является применение радиально-базисных [1] или вероятностных нейронных сетей [2]. Однако в первом случае решение задачи вероятностной оценки степени достоверности выходных результатов ИНС достигается для нейросетей с точно известной функцией распределения значений выходных данных, в то время как для других нейросетевых решений статистики выходных данных будут описываться своими, заранее неизвестными, законами распределения значений. В случае применения вероятностных нейронных сетей для аппроксимации неизвестных плотностей вероятностей по обучающим выборкам используются ядерные функции Парзена, которые позволяют решить задачу оценки плотности вероятности по имеющимся данным, однако для реализации таких алгоритмов требуется использование достаточно большого объема памяти для хранения всех обучающих выборок.

Для многослойных ИНС прямого распространения применимы алгоритмы оценки различия наборов значений фактического и эталонного класса [3], методы оценки расстояния между классами, методы сравнения и др.

В данной работе рассматривается возможность применения к описываемой задаче методов математической статистики, согласно которым оценка выходных результатов ИНС может быть рассмотрена как задача статистической классификации выборки её выходных результатов, а именно статистической проверки статистических гипотез.

Для её реализации предлагается $n$ последовательных наблюдений для каждого динамически изменяемого входного образа, например, подверженного воздействию статического шума изображения или перемещаемого в пространстве объекта, в результате чего получается набор из $n$ соответствующих выходных векторов. В этом случае выходное значение ИНС представляется как набор выходных векторов ИНС $Y = \{Y_j\}$, $j = \overline{1,n}$, где $Y_j = \{y_{i,j}\}$, $i = \overline{1,m}$, – выходной вектор, формируемый из $m$ выходов

нейронной сети, представляющий собой «отклик» на каждый $j$-й входной образ. Общая схема предлагаемого нейросетевого распознавания приведена на рис. 1.

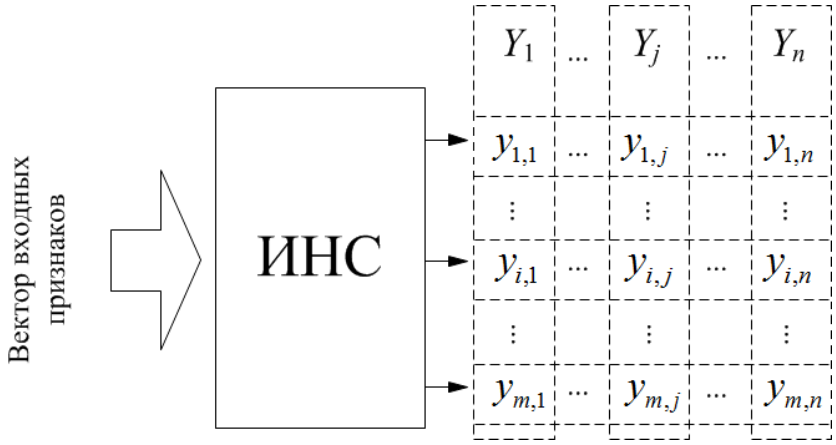



Рисунок 1 – Схема нейросетевого распознавания динамически изменяемых входных образов.

Результаты каждого выходного вектора можно определить как наблюдение за распределением случайной величины по классам. Такое допущение позволит в полной мере применить аппарат математической статистики, а именно статистическую проверку статистических гипотез.

Статистической гипотезой называют утверждения, которые касаются распределения случайной величины или их параметров. Рассматривают основную (нулевую) гипотезу, результат которой необходимо доказать, и противоречащую ей, конкурирующую гипотезу (альтернативную) [4]. При этом выделяют ошибку первого рода, которая состоит в том, что отвергается правильная (нулевая) гипотеза, и ошибку второго рода, заключающаяся в принятии неправильной гипотезы. Математическое правило, по которому принимается или отвергается гипотеза с определенным уровнем α значимости, называется статистическим критерием. Сам уровень α значимости определяет допустимую для данной задачи вероятность появления ошибки первого рода.

Общий принцип проверки гипотез состоит в вычислении значения статистического критерия, если значение критерия принадлежит области критических значений, то нулевую гипотезу отвергают, если значение принадлежит области принятия гипотезы, то гипотезу принимают.

В настоящей статье для статистической оценки выходных результатов ИНС предлагается прибегнуть к сравнению выборочной средней всего распределения с гипотетической генеральной средней. По результатам сравнения делается вывод о значимом или незначимом различии средней вычисленной величины и гипотетической идеальной.

Гипотетическое значение нулевой гипотезы, на наш взгляд, может быть получено исходя из анализа разрешающей способности $\sigma$ нейросетевой системы распознавания образов [5], определяющей степень сходства полученных на выходе ИНС решений, и которая может быть соотнесена с разностью максимальных значений сигналов нейронов выходного слоя:

$$\sigma_j = Max_1(Y_j) - Max_2(Y_j),$$

где $Max_1(Y_j)$, $Max_2(Y_j)$ – соответственно первый и второй максимумы $j$-го выходного вектора ИНС, $j = \overline{1,n}$.

Минимальное значение разрешающей способности $\sigma$ соответствует трудноразличимым изображениям и в зависимости от величины $\sigma$ может быть определен порог чувствительности меры сходства выходных сигналов, по величине разницы с которым определяется качество проводимой ИНС классификации.

В этом случае в качестве нулевой гипотезы, которую можно взять за пороговое значение, принимается среднее значение максимумов выходных векторов ИНС:

$$a_0 = \sum_{j=1}^{n} \frac{Max_1(Y_j) + Max_2(Y_j)}{2},$$

где $Y_j$ – выходной вектор ИНС *j*-го наблюдения, $j = \overline{1,n}$, *n* – количество наблюдений.

Для того чтобы при заданном уровне значимости α проверить нулевую гипотезу $H_0 : a = a_0$ о равенстве неизвестной генеральной средней *a* нормальной совокупности с неизвестной дисперсией генеральной совокупности (что характерно для случая малого объема наблюдений) гипотетическому значению $a_0$ при конкурирующей гипотезе $H_1 : a < a_0$ необходимо вычислить наблюдаемое (эмпирическое) значение статистического критерия для каждого *j*-го, $j = \overline{1,n}$, наблюдения:

$$T_{набл}^{j} = \frac{\left(\overline{y_{i,j}} - a_0\right)\sqrt{n}}{s_i},$$

где $\overline{y_{i,j}}$ – выборочная средняя по каждому *i*-му выходу ИНС, $i = \overline{1,m}$, $s_i$ – «исправленное» среднее квадратичное отклонение, применяемое при малом объеме выборки ($n \le 30$), для каждого *i*-го выхода ИНС.

Выборочная средняя определяется как среднее арифметическое всех значений выборки для каждого *i*-го выхода ИНС:

$$\overline{y_{i,j}} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} y_{i,j}, \; i = \overline{1,m}, \; j = \overline{1,n}.$$

«Исправленное» среднее квадратичное отклонение для каждого *i*-го выхода определятся как:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} y_{i,j}^2 - \frac{1}{n}\left[\sum_{j=1}^{n} y_{i,j}\right]^2}{n-1}}.$$

Далее при конкурирующей гипотезе вида $H_1 : a < a_0$ по таблице критических точек распределения Стьюдента по уровню значимости α и числу степеней свободы $k = n - 1$ определяется значение «вспомогательной» критической точки $t_{правостор.кр.}(\alpha; k)$ правосторонней критической области и полагают границу левосторонней критической области $t_{левостор.кр.} = -t_{правостор.кр.}$. Уровень значимости α обозначает вероятность возникновения ошибки первого рода и, как правило, фиксируется произвольно, но чаще всего встречаются уровни значимости 0.05, 0.025, 0.01, 0.005, 0.001, 0.0005.

По результатам сравнения значения наблюдаемого критерия с его критическим значением принимается решение о нулевой гипотезе: если $T^{j}_{набл} > -t_{правостор.кр.}$, то нет оснований отвергать нулевую гипотезу, если $T^{j}_{набл} < -t_{правостор.кр.}$, то нулевая гипотеза отвергается и принимается альтернативная.

Подтверждение гипотезы о генеральной средней статистического распределения на *i*-м выходе ИНС позволяет утверждать, что среднее значение всех заключений ИНС, даже при небольших количествах наблюдений, будет превышать значение, принятое в качестве порогового, разрешающей способности ИНС.

Проведенные предварительные вычислительные эксперименты, на примере распознавания номеров автомобильных знаков, показали применимость и высокую эффективность предложенной методики.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Качайкин Е.И., Иванов А.И., Безяев А.В., Перфилов К.А.* Оценка достоверности нейросетевой автоматизированной экспертизы авторства рукописного почерка // Вопросы кибербезопасности. – №2 (10). – 2015. – С. 43-48.
2. *Савченко А.В.* Статистическое распознавание образов на основе вероятностной нейронной сети с проверкой однородности // Искусственный интеллект и принятие решений. – №4. – 2013. – С. 45-56.
3. *Маршаков Д.В.* О методе вероятностной интерпретации выходных результатов искусственной нейронной сети // Системный анализ, управление и обработка информации: Труды 7-го Международного научного семинара, пос. Дивноморск, 2 – 12 октября 2016 г. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2016. – С. 102-106.
4. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2004. – 479 с.
5. *Маршаков Д.В., Фатхи В.А.* Повышение качества распознавания образов в задачах агропромышленного комплекса // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 5-й междунар. науч.-практ. конф. 29 февраля – 1 марта 2012 г., г. Ростов-на-Дону. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2012. – С. 281-282.

**А.П. Зверев, *И.П. Рыбалко**

# ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С НАЗЕМНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Академия Гражданской Защиты МЧС России, г. Химки, Россия

* Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, спасательные работы, трехмерные модели, терагерцовый диапазон, центр масс беспилотного летательного аппарата, антенна, поляризатор.

В статье предложен программно-аппаратный способ предотвращения столкновения с различными объектами беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Программный комплекс представляет БПЛА в качестве фигуры – сферы, а окружающие объекты в виде набора базовых элементарных фигур, что позволит достаточно точно рассчитать параметры сближения БПЛА и объектов. Аппаратный способ основан на применении контроля полётной обстановки с помощью замеров характеристик окружающих объектов в качестве антенны целесообразно использовать высоко точные поляризованные антенны, работающие в терагерцовом диапазоне. После корреляции полученных результатов повышается точность принятия решения о манёвре.

**A.P. Zverev, *I.P. Rybalko**

# HARDWARE AND SOFTWARE METHODS TO PREVENT THE COLLISION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES WITH GROUND OBJECTS

Academy Of civil Protection of EMERCOM of Russia, Khimki, Russia

* North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: unmanned aerial vehicle, rescue operations, three-dimensional models, terahertz range, center of mass of the unmanned aerial vehicle, antenna, polarizer.

The paper proposes a hardware-software method for preventing collisions with various objects of unmanned aerial vehicles (UAVs). The software package represents UAV as a shape-sphere, and the surrounding objects as a set of basic elementary shapes, which will allow to accurately calculate the parameters of the convergence of UAV and objects. The hardware

method is based on the use of flight situation control by measuring the characteristics of surrounding objects as an antenna it is advisable to use highly accurate polarized antennas operating in the terahertz range. After the correlation of the results increases the accuracy of the decision to maneuver.

Основные преимуществом БПЛА перед самолетами и вертолетами является их полет на малых высотах. Однако на этих высотах, как следует из статистики, происходит примерно две трети катастроф БПЛА.

При использовании БПЛА при спасательных работах, строительстве, тушении пожаров, где опасность столкновения наиболее высока, оператору приходится следить не только за ходом работ, но и за тем, чтобы избежать аварий. Что вызывает трудности, поскольку конструкция современных БПЛА не позволяет контролировать с высокой точностью дистанцию между наземными объектами и летательным аппаратом.

Следовательно, вероятность возникновения катастроф при таких полетах чрезвычайно высока. Существующие сегодня бортовые системы предупреждения столкновений (БСПС) представляют собой классические радиолокационные или лазерные системы. Их применение при полете БПЛА в условиях города при облёте зданий и сооружений не всегда может быть эффективным.

Для снижения опасности требуется создание БСПС способной обнаруживать угрожающую ситуацию и сигнализировать оператору об опасном приближении к препятствию и следовательно, о необходимости совершить маневр.

Для решения этой задачи может быть использована система предупреждения столкновений, функционирующая на основе анализа трехмерных моделей окружающих объектов - промышленных площадок, элементов городской застройки зданий и сооружений.

Использование такой системы предупреждения столкновений предполагает наличие в памяти бортовой ПЭВМ базы данных цифровых трехмерных моделей наземных объектов – промышленных площадок, элементов городской застройки, а также датчиков, определяющих местоположение летательного аппарата.

Формализуем задачу идентификации аварийной ситуации.

БПЛА - это объемное тело, обладающее формой и геометрическими размерами, которые необходимо учитывать при выполнении процедуры увода от столкновения. Поскольку расхождение БПЛА и препятствия должно выполняться на определенном безопасном интервале, то наиболее целесообразно окружить БПЛА защищаемым объемом воздушного пространства, который может быть представлен в виде пространственной геометрической фигуры. В качестве такой фигуры могут выступать: параллелепипед, цилиндр, параболоид, эллипсоид, сфера. Из перечисленных фигур наиболее предпочтительнее использовать сферу или эллипсоид, центр которых совпадает с центром масс БПЛА. Трехосный эллипсоид, по сравнению со сферой, более приближен к форме БПЛА. Однако у сферы имеется ряд неоспоримых преимуществ:

– уравнение сферы самое простое из всех уравнений объемных тел и поэтому при выполнении математических операций требует, при прочих равных условиях, меньше затрат ресурсов бортовой цифровой вычислительной машины;
– при изменении угловых положений самолета относительно центра масс не требуется дополнительных операций над уравнением сферы.

Для решения задачи уклонения летательного аппарата опишем БПЛА сферой с радиусом $R_B$, при этом центр сферы совпадает с центром его масс.

Поскольку существуют различного рода ошибки (методические ошибки алгоритма работы БСПС, погрешности измерения датчиков, вычисления и т.д.), а также необходимость обеспечения расхождения БПЛА и препятствия на некотором безопасном расстоянии, то к радиусу полученной сферы, учитывающей их размеры, необходимо добавить некую величину - $R_{без}$, которая учитывает все выше описанное.

Таким образом, далее будем рассматривать защищаемый БПЛА - как объем воздушного пространства, ограниченный сферой

$$\left(x - X_P\right)^2 + \left(y - Y_P\right)^2 + \left(z - Z_P\right)^2 = R^2, \qquad (1)$$

где $\mathrm{R} = \mathrm{R}_{\mathrm{B}} + \mathrm{R}_{\text{без}}$.

Для упрощения последующих математических выкладок свяжем с центром масс БПЛА нормальную систему координат $OX_gY_gZ_g$ с равнонаправленными осями. При таком подходе уравнение сферы ограничения в системе координат $OX_gY_gZ_g$ будет иметь вид

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2. \qquad (2)$$

Для построения геометрической модели объектов искусственного происхождения, которые могут быть препятствиями для БПЛА, используются известные способы - параметрическое представление, непараметрическое представление и представление с помощью базовых элементов формы (БЭФ).

Реализация первых двух способов построения моделей весьма трудоемка, поэтому их использование не всегда приемлемо. Более предпочтительным для описания поверхностей пространственных объектов является представление с помощью БЭФ. Обычно в качестве БЭФ используют геометрические объекты в виде многогранников (участок плоскости, параллелепипед, призма и т.д.).

Вместе с тем, значительное число объектов искусственного происхождения, например жилые и административные здания, производственные сооружения и т.д., могут быть достаточно точно описаны поверхностями второго порядка (сфера, эллипсоид, эллиптический цилиндр и т.д.), либо комбинацией нескольких поверхностей второго порядка.

Поверхности второго порядка определяются уравнением второй степени относительно декартовых прямоугольных координат. Общее уравнение второй степени относительно переменных x, y, z имеет вид:

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + a_{33}z^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}xz + 2a_{26}yz + 2a_{14}x + 2a_{24}y + 2a_{34}z + a_{44} = 0 \qquad (3)$$

Значения коэффициентов $a_{ij}$ в выражении (3) определяют вид поверхности. Для синтеза пространственного объекта с использованием в качестве БЭФ поверхностей второго порядка, определение только значений коэффициентов $a_{ij}$ недостаточно. Необходимо знать максимальное и минимальное значение переменных *x, y, z* в выражении (3), то есть еще дополнительно шесть коэффициентов $b_{ij}$ к десяти коэффициентам $a_{ij}$, определяющих вид поверхности.

Таким образом, для представления объекта или его части в геометрической модели необходима информация о шестнадцати коэффициентах.

Перепишем выражение (3) в следующем виде:

$$a_{11}x^2 + a_{12}y^2 + a_{13}z^2 + 2a_{14}xy + 2a_{15}xz + 2a_{16}yz + 2a_{17}x + 2a_{18}y + 2a_{19}z + a_{110} = 0 \qquad (4)$$

Коэффициенты в выражении (4) равны соответствующим коэффициентам в выражении (3). Коэффициенты, определяющие максимальные и минимальные значения переменных *x, y, z*, обозначим таким же символом, как и коэффициенты в выражении (4). Тогда $a_{111}$ и $a_{112}$ будут определять максимальное и минимальное значение переменной x соответственно. Аналогично $a_{113}$, $a_{114}$ для переменной *y* и $a_{115}$ и $a_{116}$ для переменной *z*. Если объект синтезировать из нескольких БЭФ, то информация о его форме и размерах может быть записана в виде матрицы размером $r \times 16$, где *r*- количество БЭФ.

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{116} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & a_{216} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{r1} & a_{r2} & \cdot & a_{r16} \end{vmatrix}$$

Такая форма записи информации удобна для представления в ЭВМ и обеспечивает компактность и эффективность доступа.

Рассмотрим процесс идентификации конфликтной ситуации на примере БПЛА и здания.

Пусть в начальный момент времени $t_0$ известны координаты $H(X_0, Y_0, Z_0)$ центра масс летательного аппарата и проекции вектора скорости $V_1$ БПЛА , а также размеры сферы ограничения, определяемые радиусом *R*. Ставится задача идентификации конфликтной ситуации.

Если ограничиться рассмотрением линейного прогноза траектории движения защищаемого БПЛА, то координаты точки прогнозируемого столкновения определяются путем совместного решения уравнения поверхности второго порядка и параметрического уравнения прямой *l*, содержащей вектор скорости БПЛА:

$$\left.\begin{array}{l} a_{11}x^2 + a_{12}y^2 + a_{13}z^2 + 2a_{14}xy + 2a_{15}xz + 2a_{16}yz + 2a_{17}x + 2a_{18}y + 2a_{19}z + a_{110} = 0 \\ \dfrac{x - X_0}{\dot{X}_0} = \dfrac{y - Y_0}{\dot{Y}_0} = \dfrac{z - Z_0}{\dot{Z}_0} \end{array}\right\}, \quad (5)$$

Для решения системы уравнений (5) переменные *Y* и *Z* во втором уравнении системы выражаются через переменную *X* и подставляются в первое уравнение. После преобразований получаем алгебраическое уравнение второй степени, которое имеет вид:

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad (6)$$

При решении уравнения (6) возможны три случая.

- уравнение не имеет действительных корней, следовательно прямая *l*, содержащая вектор скорости БПЛА не пересекает объект (конфликтной ситуации нет);
- уравнение имеет один двукратный действительный корень, следовательно прямая *l* касается объекта в одной точке (конфликтной ситуации нет);
- уравнение имеет два действительных корня, следовательно прямая *l* пересекает объект. В данном случае полетная ситуация идентифицируется как конфликтная, а наземный объект является потенциально опасным.

В случае получения двух точек пересечения объекта и прямой с координатами $T_1(X_{П1}, Y_{П1}, Z_{П1})$ и $T_2(X_{П2}, Y_{П2}, Z_{П2})$ необходимо выбрать точку, которая расположена ближе к БПЛА (точка $H(X_0, Y_0, Z_0)$).

Расстояния от точки $H(X_0, Y_0, Z_0)$ до точек $T_1(X_{П1}, Y_{П1}, Z_{П1})$ и $T_2(X_{П2}, Y_{П2}, Z_{П2})$ определяются как:

$$R_{П1} = \sqrt{(X_0 - X_{П1})^2 + (Y_0 - Y_{П1})^2 + (Z_0 - Z_{П1})^2}$$
$$R_{П2} = \sqrt{(X_0 - X_{П2})^2 + (Y_0 - Y_{П2})^2 + (Z_0 - Z_{П2})^2}$$

Тогда искомая точка определится:

$$T(X_1, Y_1, Z_1) = \begin{cases} T_1(X_{П1}, Y_{П1}, Z_{П1}) & \text{если } R_{П1} \le R_{П2} \\ T_2(X_{П2}, Y_{П2}, Z_{П2}) & \text{если } R_{П2} < R_{П1} \end{cases}, \quad (7)$$

Вопрос о возможном столкновении с препятствием решается путем проверки следующего условия:

$$\sqrt{(X_0 - X_1)^2 + (Y_0 - Y_1)^2 + (Z_0 - Z_1)^2} \le R, \quad (8)$$

Если условие (8) выполняется, то существует опасность столкновения БПЛА с препятствием.

Когда в непосредственной близости от БПЛА находится конечное число объектов,

то идентификация конфликтной ситуации осуществляется с каждым из них.

В второй метод для расчётов характеристик использует методы радиолокации и использует поляризованные приемо-передающие антенны. Данные устройства реализуются в виде сетки из простых круглых стержней (проволок, ламелей) [1,2]. Как показали исследования последних лет, улучшение характеристик поляризаторов оказалось возможным при усложнении конфигурации поперечного сечения стержней (проволок). Следовательно, необходимо решить задачу определения параметров матрицы рассеяния идеализированного ТГц - четырехполюсника в заданном диапазоне частот.

На предварительных этапах апробации было проведено ее тестирование с привлечением экспериментальных данных для рабочей частоты 142 ГГц и размеров дифракционной решетки $s$ = 0,1 мм, $t$ = 0,05 мм и $w$ = 0,007 мм. Экспериментальное значение модуля коэффициента прохождения составили: $|S_{21}|$ = 0,0199 (-34 дБ), а теоретическое значение – $|S_{21}|$ = 0,0246 (-32.2 дБ). На сегодняшний день очень трудно произвести электроосаждение стали, латуни и прочих материалов, широко используемых в указанных диапазонах частот.

Использование технологии струйного травления, позволит реализовать не только сетки поляризаторов, но и элементы других устройств, которые также могут быть использованы для определения места БПЛА, в террагерцовом диапазоне, а именно фильтры и другие устройства.

На рисунке 1 представлен сеточный поляризатор с использованием лент нержавеющей стали. Его основные характеристики  сетка 40 × 40 мм (всего – 400 проволок) и 15 × 21,5 мм (150 проволок). Данный сеточный поляризатор с такой структурой (рисунок 1) обладает намного большей механической прочностью и является более практичным по сравнению с имеющимися, на основе вольфрамовых проволок [3,4].

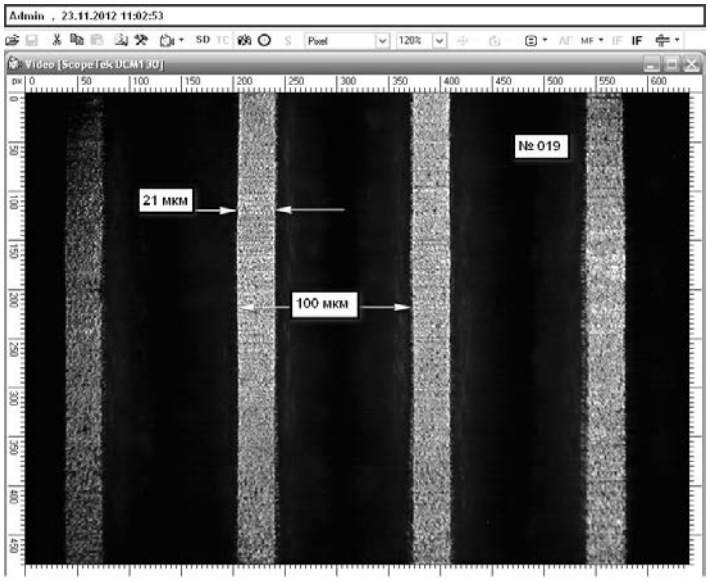



Рисунок  1 - Фотография фрагмента сетки поляризатора с шириной перемычки 21 мкм с использованием лент из нержавеющей стали.

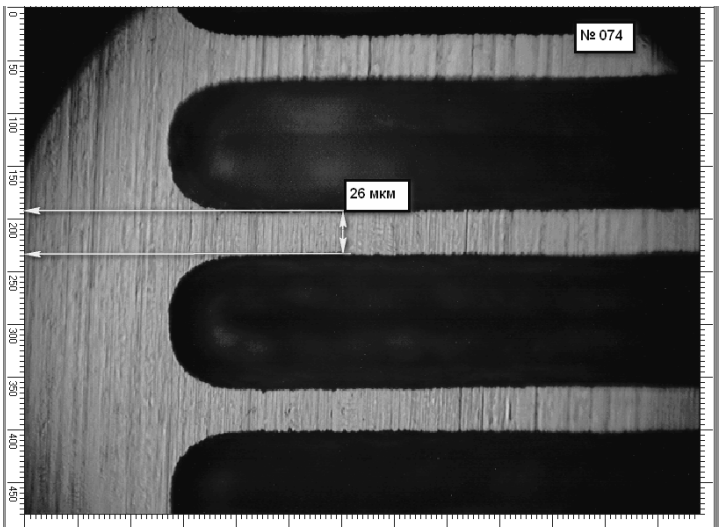



Рисунок 2 - Фотография фрагмента сетки поляризатора с шириной перемычки 26 мкм

На рисунке 2 показан фрагмент сетки поляризатора с шириной перемычек, 26 мкм

Экспериментальные исследования описанных поляризаторов проведены на частоте 142 ГГц.

Данные модели показали хорошие не только теоретические, но и практические результаты. Приведенные результаты находят свое широкое применение в создаваемых различных связных радиокомплексах, где необходимо производить переключения антенных каналов. Для данных комплексов характерна высокая чувствительность, помехозащищенность, избирательность.

Применение предложенного программно-аппаратного комплекса позволит с высокой точностью определять местоположение объектов и значительно снизить возможность столкновения БПЛА с наземными объектами во время полета.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Козлов А.И., Логвин А.И., Сарычев В.А.* Поляризация радиоволн.// Москва, Радиотехника, 2008, 719 с.
2. *Креницкий А.П., Алавердян С.А., Мещанов В.П.* Квазиоптические и волноводные компоненты на основе плёночных структур для диапазонов СВЧ, КВЧ и ТГЧ.// Антенны вып. 3, 2012 г., с. 15-17.
3. *Алавердян С.А., Боков С.И., Зайцев Н.А., Исаев В.М., Кабанов И.Н., Креницкий А.П., Мещанов В.П.* Сеточные структуры поляризации электромагнитных волн в терагерцовом диапазоне частот. //Электромагнитные волны и электронные системы, т. 17, 2012, с. 21-25.
4. *Безбородов В. И., Киселев В. К., Кулешов Е. М., Яновский М. С.* Квазиоптические поляризационные аттенюаторы в терагерцовом диапазоне частот // Радиофизика и электроника, 2007, т. 12, № 2, с. 451-455.

**Б.Г. Ибрагимов, Н.Д. Гахраманова**

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ НА БАЗЕ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОЙ СЕТИ

Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан
E-mail: i.bayram@mail.ru

Ключевые слова: надежность, концепция SDN, работоспособность, программно-конфигурируемые сети, будущие сети, коэффициент сохранения эффективности.

В данной работе исследована функциональная надежность систем телекоммуникации на базе программно-конфигурируемой сети и создан новый подход для расчета показателей системы. Новый подход основан на системе со многими уровнями работоспособности системы телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN (Software Defined Network) с аддитивным выходным эффектом, что позволяет оценить коэффициент сохранения эффективности и показатели вероятностных характеристик надежности.

**B.G. Ibrahimov, N.D. Gahramanova**

# RESEARCH OF THE FUNCTIONAL RELIABILITY TELECOMMUNICATION SYSTEMS ON THE BASIS OF THE SOFTWARE-DEFINED NETWORK

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan
E-mail:i.bayram@mail.ru

Keywords. reliability, SDN concepts, operability, software-defined network, future networks, efficiency preservation coefficient.

In this paper we investigate the functional reliability of telecommunication systems on the basis software-defined network and create a new approach for calculating system indicators. The new approach is based on a system with many levels of operability, a telecommunications system based on the SDN network architecture with an additive output effect, allows you to estimate the efficiency retention coefficient and the probabilistic reliability characteristics.

**Введение.** Создание единого инфокоммуникационного пространства и единой многооператорской среды, использующих ИКТ-технологии, требует создания высокопроизводительных систем телекоммуникации общего пользования на базе программно-конфигурируемой сети с повышенной функциональной надежностью.

Одной из важных характеристик эффективности терминальных, канальных и программно-аппаратных средств системы телекоммуникации является показатель надежности. Надежность системы телекоммуникации обусловлена ее свойством

обеспечивать связь и доставку информации, сохраняя во времени значения установленных показателей качества в заданных условиях эксплуатации. Она отражает влияние на работоспособность аппаратно-программных средств системы телекоммуникации на базе программно-конфигурируемых сетей.

Программно-конфигурируемая сеть SDN является динамичной, управляемой и адаптируемой сетевой архитектурой, в которой разделены уровни управления сетью и передачи данных, что обеспечивает программное управление сетью и абстрагирование уровня сетевой инфраструктуры от уровня приложений и сетевых услуг [ 2, 3].

В рамках доклада рассматривается один из подходов к решению задачи исследования функциональной надежности систем телекоммуникации на базе программно-конфигурируемой сети (ПКС) связи будущего поколения FN (Future Network) на базе современных ИКТ технологий с использованием коммутаторов и контроллеров сетей SDN.

**Создание нового подхода для расчета функциональной надежности систем телекоммуникации на базе программно-конфигурируемой сети.** Проведенные исследования показывают [2, 4], что сетевая архитектура SDN состоит из трех уровней:

- уровень сетевых приложений – на данном уровне реализуются различные функции управления сетью: управление потоками данных в сети, управление безопасностью, мониторинг трафика, управление QoS, управление политиками и т.д. [1, 3, 5];
- уровень управления: на нем отслеживается и поддерживается глобальное представление сети, также на этом уровне реализуется программный интерфейс (API) для сетевых приложений;
- уровень инфраструктуры сети: включает в себя сетевые устройства SDN – коммутаторы, протоколы OpenFlow и каналы передачи данных.

Из вышеперечисленного следует, что система телекоммуникации на основе трех уровней сетевой архитектуры SDN представляет собой систему с иерархической ветвящейся структурой [6].

Последнее предположение означает [6, 7], что система телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN является системой со многими уровнями работоспособности и основным показателем функциональной надежности служит коэффициент сохранения эффективности, $K_{эф}(\lambda)$.

Коэффициент сохранения эффективности системы определяется как отношение значения показателя эффективности использования системы телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя.

С учетом данного определения, коэффициент сохранения эффективности системы телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN в зависимости от $\lambda$ выражается следующим образом:

$$K_{эф}(\lambda) = [E(\lambda) / E_0(\lambda)] \le 1, \qquad (1)$$

где $E(\lambda)$ – некоторый показатель эффективности использования сетевой архитектуры SDN; $E_0(\lambda)$ – номинальное значение этого показателя.

Из выражения (1) видно, что, поскольку $0 \le E(\lambda) \le E_0(\lambda)$, то получаем, что $0 \le K_{эф}(\lambda) \le 1$ , причем с повышением функциональной надежности при прочих равных условиях коэффициент сохранения эффективности $K_{эф}(\lambda)$ системы возрастает.

В качестве показателя эффективности использования обычно берется математическое ожидание некоторого выходного эффекта системы телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN или вероятность выполнения им своей задачи.

Выходной эффект может выражаться в натуральных единицах – число оказываемых мультимедийных услуг, объем передаваемых пакетов трафиков, количество обработанной информации и др.

Из консорциумом ONF (Open Networking Foundation) следует, что рассматриваемая система телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN представляет собой систему с аддитивным выходным эффектом [3, 4]. Здесь, каждая система может находиться в одном из двух состояний: работоспособности или неработоспособности.

Состояние всей системы описывается $n-$мерным бинарным вектором $X = (x_1,...,x_n)$,

$i-$я компонента которого характеризует состояние $i-$го блок-модуля [6]:

$$x_i = \begin{cases} 1, \textit{ если } i-\textit{я система работоспособна}; \\ 0, \textit{если } i-\textit{я система неработоспосбна.} \end{cases}$$

Система телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN в целом также может быть работоспособна или неработоспособна, что описываются структурной функцией:

$$f(X) = \begin{cases} 1, \textit{ если в состоянии } X \textit{ система работоспособна}; \\ 0, \textit{если в состоянии } X \textit{ система неработоспосбна.} \end{cases}$$

С учетом последнего на множестве всех состояний системы $S = \{X\}$ вводится функция эффективности $f(X)$, являющаяся обобщением рассматриваемой ранее структурной функции. Именно, $f(X)$ есть относительное ($E_0(\lambda) = f(X)$) значение выходного эффекта системы в состоянии $X$. При этом функция эффективности $f(X)$ может принимать любые значения из интервала [0,1], в отличие от структурной функции, которая принимает лишь два крайних значения этого интервала: 0 и 1.

Если система телекоммуникации построена на основе сетевой архитектуры SDN с аддитивным выходным эффектом, то можно определить вероятность работоспособности системы $P = P\{f(X) = 1\}$.

Эта вероятность равна

$$M[f(X)] = 1 \cdot P\{f(X)\} + 0 \cdot P\{f(X)\}, \qquad (2)$$

Учитывая (2), определим вероятность работоспособности системы, которая равна:

$$P = M[f(X)] = \sum_{X} f(X) \cdot p(X), \tag{3}$$

где $p(X)$ – вероятность нахождения системы в состоянии $X$ и определяется следующим выражением:

$$p(X) = \prod_{i=1}^{n} p_i^{x_i} \cdot (1 - p_i)^{1-x_i}, \quad i = \overline{1, n} \tag{4}$$

На основе (3) и (4) коэффициент сохранения эффективности системы равен математическому ожиданию функции эффективности:

$$K_{эф}(\lambda) = M[f(X)] = \sum_{X \in S} f(X) \cdot \prod_{i=1}^{n} p_i^{x_i} \cdot (1 - p_i)^{1-x_i}, \tag{5}$$

Для системы телекоммуникации на основе сетевой архитектуры ПКС, использующей контроллер SDN с высоконадежными блок-модулями, можно использовать для $K_{эф}(\lambda)$ приближенную формулу [6]:

$$K_{эф}(\lambda) = 1 - \sum_{i=1}^{n} [(1 - w_i(\lambda)] \cdot q_i, \text{ при } \max\{q_i : i = 1,...,n\} << 1/n, \quad i = \overline{1, n} \tag{6}$$

где $w_i(\lambda)$ – относительное значение выходного эффекта при неработоспособности только одного $i$ – го блочного модуля.

Однако, проведенный расчет на основе (6) показывает заниженную оценку. Поэтому, ниже будем рассматривать классы систем с аддитивным выходным эффектом. Эта связано с тем, что исследуемая система телекоммуникации на основе сетевой архитектуры ПКС, использующая контроллер SDN, представляет собой систему с иерархической ветвящейся структурой: $1, G_1, ..., G_k, k$.

Допустим, что система телекоммуникации на основе сетевой архитектуры ПКС с использованием контроллера SDN состоит из нескольких подсистем $G_1, ..., G_k$, и выходной эффект всей системы представляет собой сумму значений выходного эффекта подсистем. Обозначим через $w_j(\lambda)$ «вес» $j$ – й подсистемы, т.е. долю, вносимую ею в общую номинальную эффективность $E_0(\lambda)$: $w_j(\lambda) = E_{0j}(\lambda) / E_0(\lambda)$, где $E_{0j}(\lambda)$ – номинальная эффективность $j$ -й подсистемы. Тогда, обозначив через $f_j(X)$ структурную функцию $j$ -й подсистемы, получим

$$f(X) = \sum_{j=1}^{k} w_j(\lambda) \cdot f_j(X). \tag{7}$$

С учетом (7) можно определить коэффициент сохранения эффективности системы следующим образом [6]:

$$K_{эф}(\lambda) = \sum_{j=1}^{k} w_j(\lambda) \cdot P_j(\lambda), \quad (8)$$

где $P_i(\lambda)$ – вероятность работоспособности $j$ -й подсистемы.

Учитывая вышеизложенную методику, рассмотрим два частных случая систем телекоммуникации на основе сетевой архитектуры ПКС с использованием контроллера SDN с аддитивным выходным эффектом.

Пусть каждый нормально функционирующий исполнительный элемент вносит свой вклад в общий выходной эффект системы. При этом такой элемент считается нормально функционирующим, если работоспособен как он сам, так и вся цепочка элементов верхних уровней, которым он подчинен.

Для системы телекоммуникации на основе сетевой архитектуры ПКС с использованием контроллера SDN $G_j$ является подсистемой, состоящей из $j-$го исполнительного элемента и всех вышестоящих элементов, которым он подчинен. При этом $w_j(\lambda)$ – вклад $j-$го исполнительного элемента системы.

Рассмотрим теперь систему телекоммуникации на основе сетевой архитектуры ПКС с использованием контроллера SDN для доставки пакетов трафика. В качестве ее подсистем выделим подмножества элементов, обеспечивающих связь между различными парами узлов коммутаторов SDN.

Обозначим через $P_{ij}(\lambda)$ вероятность возможности связи между узлами $i$ и $j$ коммутаторов, а через $w_{ij}(\lambda)$ – долю пакетов трафика между парой узлов $i$ и $j$ коммутаторов в общей величине пакетов трафика в системе телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN. При этом коэффициент сохранения эффективности системы с аддитивным выходным эффектом выражается следующим образом:

$$K_{эф}(\lambda) = \sum_{i \neq j=1}^{k} w_{ij}(\lambda) \cdot P_{ij}(\lambda) \quad , i \neq j, \; i, j = \overline{1,k}, \quad (9)$$

Таким образом, в зависимости от перегруженности полезного и служебного трафиков $K_{эф}(\lambda)$ система телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN может оцениваться по-разному: временем занятия, числом типовых каналов, объемом передаваемых пакетов.

На основе предлагаемого нового подхода одним из важных показателей функциональной надежности систем телекоммуникации на базе программно-конфигурируемой сети является коэффициент готовности системы. При этом необходимо учитывать возможные неоднородности потоков отказов и восстановлений системы телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN с аддитивным выходным эффектом. Такие возможности позволяют определять коэффициент готовности соответствующих систем $K_Г(\lambda, t)$, находящихся в произвольный момент времени в двух возможных состояниях – в работоспособном состоянии и состоянии отказа.

С учетом совокупности интервалов работоспособности системы, коэффициент готовности системы, работающей в таком режиме, определяется следующей формулой:

$$K_{\Gamma}(\lambda,t) = P[K_{эф}(\lambda)] = M[\Omega_B(\lambda,t)] - M[\Omega_O(\lambda,t)], \quad (10)$$

где $M[\Omega_B(\lambda,t)]$ – среднее значение числа восстановлений к моменту времени $t$;
$M[\Omega_O(\lambda,t)]$ – среднее значение числа отказов к моменту времени $t$.

Выражение (10) характеризует коэффициент готовности – вероятность того, что система окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование системы по назначению не предусмотрено.

Допустим, что последние функции потока отказов и восстановления распределены по показательному закону с интенсивностями $\lambda$ и $\mu$. Тогда коэффициенты готовности по (10) совпали с классическими результатами, получаемыми по известной формуле для частного случая экспоненциально распределенных наработок и времени восстановления произвольным образом [5–7]:

$$K_{\Gamma}(\lambda,t) = \frac{\rho}{1+\rho} + \frac{1}{1+\rho}\exp[-(\lambda+\mu)\cdot t], \quad (11)$$

В (11) в начальный момент времени $t = 0$, тогда $K_{\Gamma}(\lambda,0) = 1$, и система считается работоспособной. При $t \to \infty$, $K_{\Gamma}(\lambda,t)$ стремится к пределу $\mu/(\lambda+\mu)$, который называется стационарным коэффициентом готовности.

Выражение (11) является важным показателем QoS и комплексным показателем функциональный надежности системы телекоммуникации на базе сетей SDN, характеризующим безотказность и ремонтопригодность.

**Заключение.** В результате исследования системы телекоммуникации предложен новый подход для оценки функциональной надежности программно-конфигурируемых сетей, использующих коммутаторы и контроллеры с протоколом OpenFlow.

Новый подход основан на системе со многими уровнями работоспособности системы телекоммуникации на основе сетевой архитектуры SDN с аддитивным выходным эффектом, позволяющим оценить коэффициент сохранения эффективности и показатели вероятностных характеристик надежности. Полученные результаты по надежности позволят выбрать необходимый тип контроллера сетей ПКС при планировании системы телекоммуникации с различным количеством подключаемых абонентов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Ефимушкин В.А.и др.* Сравнительный анализ архитектур и протоколов программно-конфигурируемых сетей//Электросвязь, №8. 2014. – с.9-14.
2. Росляков А.В., Ваняшин С.В. Будущие сети (Future Networks). Самара. ПГУТИ. 2015. – 274 с.
3. *Ибрагимов Б.Г., Керимов В.Р., Гаджизаде Н.К., Исаев А.М.* Исследование ресурсов в мультисервисных сетях связи на базе единого инфокоммуникационного пространства//Материалы Всероссийской конференции (с международным участием)

«Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем», Российский Университет Дружбы Народов, Москва.2018. – с.34– 37.
4. *Dotcenko S., Vladyko A., Letenko I. A.* fuzzy logic-based information security management for software-defined networks // 16-th International Conference on Advanced Communication Technology . 2014. - pp. 167–171.
5. *Ибрагимов Б.Г., Исаев Я.С., Ибрагимов Р.Ф.* Повышение показателей надежности системы Softswitch/IMS при использовании эффективной стратегии восстановления// Труды Международного Симпозиума «Надежность и Качество», II-том. Пенза, ПГУ. 2017. – с.370-371.
6. *Нетес В.А.* Основы теории надежности. МТУСИ. - М.: 2014. – 74 с.
7. *Полтавский А.В., Юрков Н.К., Нгуен З.Ф.* Телекоммуникация сетевых систем на основе высотных платформ// Надежность и качество сложных систем. №1 (20), 2018. с.46 -55.

**Б.Г. Ибрагимов[1], Я.С. Исаев[2]**

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВЕНА МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ БУДУЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ НА БАЗЕ АРХИТЕКТУРНОЙ КОНЦЕПЦИИ SDN

Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан[1]

Военная академия Вооруженных сил Республики Азербайджан, Баку[2]

E-mail: i.bayram@mail.ru

В статье проанализирована эффективность звена мультисервисных сетей связи будущего поколения на основе архитектурной концепции SDN (Software Defined Network). На основе исследования предложена математическая модель качества эффективности звена сети SDN и получены аналитические выражения, позволяющие оценить показатели канальных ресурсов и показатели качества совместного обслуживания потоков пакетов трафика.

Ключевые слова: концепция SDN, полезный и служебный трафик, программно-конфигурируемые сети, звенья мультисервисных сетей связи, канальный ресурс, качество обслуживания, будущие сети.

**B.G. Ibrahimov, Y.S. Isaev**

# ANALYSIS EFFICIENCY OF THE LINK MULTISERVICE COMMUNICATION NETWORKS FUTURE GENERATIONS NETWORK ON THE BASIS ARCHITECTURAL CONCEPT SDN

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

Military Academy of the Republic of Azerbaijan, Baku

E-mail:i.bayram@mail.ru

The article analyzes the efficiency of the link multiservice communication networks of the future generation on the basis of the architectural concept SDN. Based on the research, a mathematical model quality of functioning of the SDN network is proposed and analytical expressions are obtained, which allow estimating the channel resources indicators and the quality of the joint servicing traffic packet flows.

Key words: SDN concepts, useful and service traffic, software defined networks, links of multiservice communication networks, channel resource, quality of service, future network.

**Введение.** Развитие современных телекоммуникационных технологий и увеличение объема передаваемого информационного и служебного трафиков по виртуальным каналам связи требует построения эффективного звена мультисервисных сетей связи с использованием архитектурной концепции программно-конфигурируемых сетей (ПКС), которые улучшают качество обслуживания трафика (QoS – Quality of Service) и управления мультимедийными услугами.

Следует отметить, что с ростом переменной нагрузки на звенья мультисервисной сети усложнились задачи управления телекоммуникационными сетями и управления информационными ресурсами. Поэтому звенья мультисервисных сетей связи строятся на основе архитектурной концепции FN (Future Network) с коммутацией пакетов с использованием различного абонентского, сетевого, канального, коммутационного оборудования, а также различных систем и протоколов сигнализации при оказании услуг связи согласно новой серии рекомендаций ITU-T, Y.3000-3499 [1-3].

Результаты исследований показывают [1, 2], что архитектура мультисервисной сети связи общего пользования постоянно усложняется, поскольку операторы связи телекоммуникационных компаний вынуждены поддерживать все большее количество стандартов систем и протоколов FN для оказания услуги «Triple Play services».

Для решения вышеперечисленных задач необходима новая концепция в архитектуре и организации работы звена мультисервисных сетей связи, которая получила название новой сетевой архитектурной концепции программно-конфигурируемой сети SDN (Software-Defind Network).

Сеть SDN – это архитектурная сетевая концепция для создания мультисервисных сетей связи общего пользования с заранее определёнными параметрами и программными конфигурациями [3, 4].

Таким образом, сеть SDN становится программируемой, создаваемой из имеющихся ресурсов под конкретные приложения и более открытой, которая позволяет автоматически конфигурировать мультисервисные сети под определенные наборы бизнес-приложений [5].

Рассматриваемая программно-конфигурируемая сеть SDN позволяет приложениям запрашивать сетевые услуги и манипулировать ими, а с другой стороны, дает возможность предоставлять приложениям топологию и состояние сети.

Одним из важных аспектов концепции программно-конфигурируемой сети SDN является эффективное использование виртуализации сетевых функций NFV. Данное решение приобретает все большее значение для построения звеньев мультисервисных сетей связи на основе концепции следующего и будущего поколений FN сети.

Основным свойством архитектуры SDN является отделение плоскости пересылки пакетов (Data plane) от плоскости управления (Control plane) при помощи стандартных протоколов между ними.

Построение современных мультисервисных сетей связи с использованием новой сетевой архитектурной концепции SDN, безусловно, важно для создания единого инфокоммуникационного пространства и единой многооператорской среды, способных удовлетворить потребности вторичных сетей телекоммуникаций общего пользования, корпоративных и ведомственных, государственных и частных пользователей услуг связи [4 - 6].

С учетом вышеизложенного, в данной работе рассматривается решение задачи исследования и анализ эффективности звена мультисервисных сетей связи на основе новой сетевой архитектурной концепции SDN.

**Общая постановка задачи и математической модели эффективности функционирования сетей SDN.** Исследования показали [1-6], что создание мультисервисных сетей связи на основе новой сетевой архитектурной концепции SDN очень важно для операторов связи при оказании широкого набора мультимедийных услуг, что способствует эффективности использования информационных и сетевых ресурсов единой многооператорской среды.

С учетом управления ресурсами в мультисервисных сетях связи на основе новой сетевой архитектурной концепции SDN сформулируем задачу распределения и эффективного использования их производительности в наиболее общем виде, следуя [3, 4, 6]. При этом необходимо минимизировать среднее время задержки при передаче информационного и служебного трафиков и определить набор эффективных производительностей сетей ПКС с использованием протоколов OpenFlow при условии, что суммарная производительность ограничена. Здесь ограничения на суммарную производительность означают, что заданы ограничения на суммарную стоимость оборудования сетей ПКС.

Учитывая важность взаимодействия программно-аппаратных средств, терминального, сетевого и канального оборудования сетей ПКС для решения выше поставленной задачи предлагаются математические модели, основанные на упрощениях в описании исследуемого звена мультисервисных сетей связи на основе концепции сетей будущего поколения FN.

Математическая формулировка задачи предлагаемого нового подхода к оценке производительности программно-аппаратных средств мультисервисных сетей связи на

основе сетевой архитектурной концепции SDN описывается следующими целевыми функциями:

$$Q_{кф} = Arg \max_{k}[\Pi_{k.\max}(\lambda)], \quad k = \overline{1,n} \tag{1}$$

при следующих ограничениях

$$\eta_k \le \eta_{k.доп.},\ T_{k.сз} \le T_{k.сз.доп.},\ C_{k.ар} \le C_{k.ар.доп.},\ \ k = \overline{1,n} \tag{2}$$

где $\Pi_{k.\max}(\lambda)$ – производительность программно-аппаратных средств мультисервисных сетей связи на основе сетевой архитектурной концепции SDN при передаче $k$ – го потока пакетов, $k = \overline{1,n}$ ; $C_{k.ар}$ – стоимость аппаратных и программных средств сетей ПКС, $k = \overline{1,n}$; $T_{k.сз.}$ – среднее время пребывания пакетов $k$ – го трафика, $k = \overline{1,n}$; $\eta_k$ – коэффициент эффективного использования информационных, сетевых и канальных ресурсов в сетях ПКС при передаче $k$ – го потока пакетов, $k = \overline{1,n}$; $C_{k.ар.доп.}$, $T_{k.сз.доп.}$ и $\eta_{k.доп.}$ – соответственно допустимое значение величины стоимости аппаратных и программных средств, среднее время задержки и коэффициент эффективного использования информационных и сетевых ресурсов в сетях ПКС при передаче $k$ – го потока пакетов полезного и служебного трафиков, $k = \overline{1,n}$.

Выражения (1) и (2) определяют сущность рассматриваемой задачи, на основе которой предлагается математическая модель (ММ) для оценки характеристик производительности мультисервисных сетей связи, использующих новую сетевую архитектурную концепцию SDN при оказании мультимедийных услуг.

Кроме того, (1) и (2) описывают особенности программно-аппаратных средств сетей ПКС с использованием протоколов OpenFlow, которые позволяют более точно учесть телекоммуникационные процессы, протекающие в исследуемом звене мультисервисных сетей связи будущего поколения FN.

**Схема функционирования исследуемого звена МСС на базе сетевой архитектуры SDN.** Системно-технический анализ показал [3-6], что сеть SDN означает не только то, что сетевые элементы управляются программно и могут быстро и эффективно перестраиваться, но и то, что на одном физическом пуле сетевых элементов может быть развёрнуто множество сетей, логически не зависящих друг от друга. Такие логические сети могут передавать потоки пакетов трафика разных бизнес-приложений, не мешая друг другу.

Основной идеей SDN является отделение уровня управления сетью (Control plane) от уровня передачи данных (Forwarding plane) [2, 3]. Вся логика и функции управления переносятся на отдельное устройство – контроллер, обеспечивающий централизованное программно-реализуемое управление на основе оптимальных для сети в целом решений [4, 5]. К основным преимуществам SDN относятся быстрое развертывание, гибкое комбинирование множества сетевых функций на одной серверной платформе, простота и систематизированный характер процедуры администрирования.

В соответствии со статистическими данными [3, 4, 6] применение концепции SDN позволяет значительно снизить материальные затраты на такие виды услуг как модернизация сервисов, управление, администрирование и техническая поддержка.

В современной мультисервисной сети связи проходит множество неоднородных трафиков и для каждого вида трафика предоставляются свои требования к обслуживанию. Условно обслуживаемые неоднородные трафики с различными приоритетами можно разделить на два вида:

-полезный трафик – трафики речи, данных и видео;

-служебный трафик – трафик, используемый для управления передачей и установления соединения при оказании мультимедийных услуг типа «Triple Play Services».

В связи с увеличением спектра мультимедийных услуг, объема передаваемого полезного и служебного трафиков мультисервисные сети связи быстро растут, добавляются все новые услуги, и существующие методы обеспечения качества обслуживания не всегда решают свои задачи на должном уровне.

Поэтому множество поступающих потоков пакетов трафика, неучтенных с точки зрения дизайна сети, обрабатывается с различным приоритетом. При этом в звеньях сети связи существующие протоколы динамической маршрутизации при выборе маршрута руководствуются одним лишь принципом – принципом эффективного использования пропускной способностью каналов, количеством переприемов пакетов.

Однако здесь операторы связи телекоммуникационных компаний не учитывают реальную загруженность мультисервисной сети. Кроме того, большинство методов расчета мультисервисных сетей связи при оказании мультимедийных услуг типа «Triple Play Services» основывается на классических методах и моделях и не учитывает структуру и свойства самоподобия неоднородного трафика сетей с коммутацией пакетов, что приводит к недооценке нагрузки [4, 6, 7, 8].

С целью решения данной проблемы многие крупные операторы связи, провайдеры и IT-организации для обеспечения требуемого качества QoS обслуживания полезного и служебного трафиков, а также снижения стоимости предоставляемых мультимедийных услуг прибегают к использованию архитектурной концепции будущего сети FN.

В данной концепции важную роль играет создание единой инфокоммуникационной инфраструктуры и единой многооператорской среды, которая базируется на архитектурной концепции SDN при построении мультисервисных сетей связи общего пользования. Концепция SDN-программно-конфигурируемой сети представляет собой набор методов и моделей, позволяющий любым абонентам напрямую программировать, организовывать, контролировать и управлять информационными и сетевыми ресурсами [2, 3].

Системно-технический анализ состояния международной стандартизации SDN-сети показывает, что эти ресурсы и возможности облегчают необходимость обеспечения доступности и гарантированного качества предоставляемых мультимедийных услуг типа «Triple Play Services», повышают требования к механизмам управления и передачи в таких сетях и обуславливают постоянную потребность в их совершенствовании.

Учитывая вышеотмеченное можно предположить, что, благодаря преимуществам архитектурной концепции сетей, позволяющей эффективно динамически распределять и

управлять информационными и сетевыми ресурсами, SDN станет новым стандартам в создании будущих сетей FN.

На основе проведенных исследований установлено, что основным преимуществом сетей SDN в создании эффективных звеньев мультисервисных сетей связи общего пользования являются следующие показатели:

- централизованное управление информационными и сетевыми ресурсами в звеньях мультисервисных сетях связи и в единой многооператорской среде;
- минимизация сложности мультисервисной сети за счет автоматизации процессов обслуживания и управления;
- применение более высокой скорости передачи и обслуживания в звеньях мультисервисной среды;
- повышение надежности функционирования и безопасности сети общего пользования;
- обеспечение согласованности политик управления абонентским и сетевым доступами;
- улучшение параметров качества предоставляемых мультимедийных услуг типа «Triple Play Services»;
- гарантированный QoS полезного и служебного трафиков, а также передаваемого инжиниринга трафика;
- использование более высокой скорости внедрения инноваций;
- узконаправленное управление сетью связи;
- улучшение качества QoE восприятия телекоммуникационных услуг пользователями.

Учитывая вышеуказанные для анализа показателей SDN сетей необходимо искать новые решения – модели и методы исследования систем массового обслуживания, описывающие телекоммуникационные процессы и отражающие реальную инфраструктуру мультисервисных сетей связи будущего поколения.

Теперь рассмотрим типичный пример участка сетей SDN с использованием коммутатора и контроллера SDN, функционирующего на основе протокола OpenFlow.

На рис. 1 представлена исследуемая схема функционирования модели звена мультисервисных сетей связи с использованием коммутатора и контроллера SDN, функционирующего на основе протокола OpenFlow.

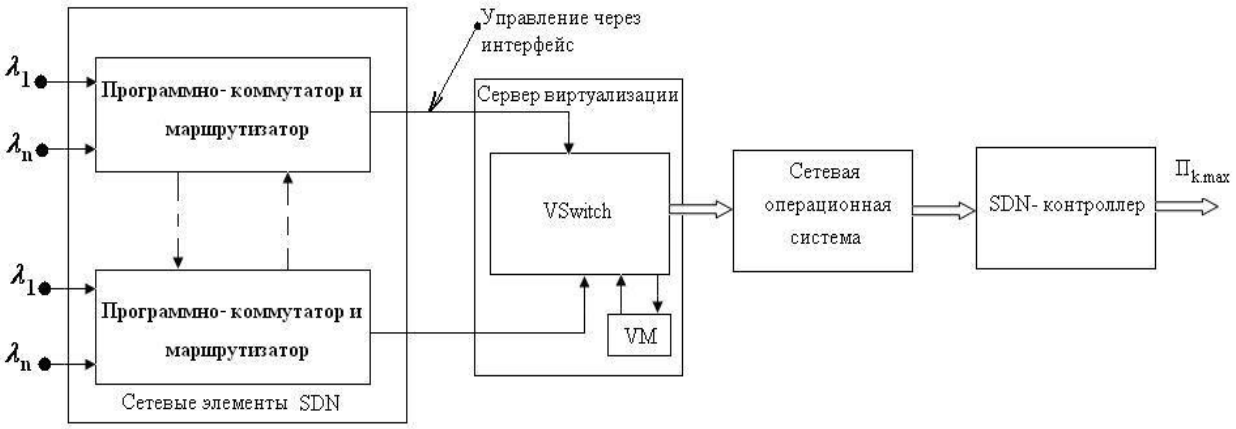



Рис.1. Схема функционирования модели звена мультисервисных сетей связи с использованием коммутатора и контроллера SDN

Из схемы видно, что в основном в состав звеньев сети входят: сетевые элементы SDN, сервера виртуализации сетевых функций, сетевая операционная система и SDN-контроллер.

**Анализ показателей звена мультисервисных сетей связи общего пользования на базе концепции SDN сетей.** Предполагаем, что на каждый коммутатор сети SDN поступает поток полезных и служебных данных, состоящий из пакетов трафика с определенными заголовками. Контроллер определяет набор правил пересылки для пришедшего заголовка и отправляет ответ, содержащий правила, обратно на коммутатор. Далее пакеты становятся в очередь, и пакеты трафика обслуживаются коммутатором поочередно с различными приоритетами.

Для анализа показателей качества его обслуживания хорошо подходят мультисервисные методы и модели теории телетрафика [7, 8, 9].

Допустим, на вход коммутатора-контроллера SDN поступает $n-$потоков пакетов служебного и полезного трафиков с интенсивностью $\lambda_1,...,\lambda_n$. Определим, что скорости поступающих потоков пакетов выражаются следующей функциональной зависимостью $\upsilon_k = w(\upsilon_1\ , \upsilon_2,...,\upsilon_n)$.

Для скорости канала связи на звене сети SDN примем $C_k$. Тогда, назовем единицей канального ресурса наибольший общий делитель (НОД) этих скоростей, который равен:

$$E = НОД(\upsilon_k\ , C_k) = НОД[w(\upsilon_1, \upsilon_2, ..., \upsilon_n), C_k], \tag{3}$$

Как видно из результатов анализа, скорости канала связи на звено сети $\upsilon_k$ определяют канальные единицы, и тогда требование к скорости обслуживания для $k-$го потока пакетов будет найдено следующим образом [7, 8]:

$$\upsilon_k = C_k / НОД(\upsilon_1, \upsilon_2,...,\upsilon_n),\ b_k = \upsilon_k / E\ ,\ k = \overline{1, n}, \tag{4}$$

где $b_k -$число единиц канального ресурса системы, необходимого для обслуживания одного пакета $k-$потока трафика.

На основе (3) и (4) можно определить показатели качества совместного обслуживания полезного и служебного трафиков:

- учитывая вероятность нахождения системы обслуживания $p(i)$ в состоянии $i$ определим долю потерянных $k-$потоков пакетов следующим образом:

$$p_{k.n} = \sum_{i=m}^{C_k} p(i),\ m = C_k - b_k + 1, \tag{5}$$

где $C_k$ – скорость работы звена сети SDN, выраженная в единицах канального ресурса.

Отметим, что в звене сети SDN множество состояний $S$ конечно, состоит из векторов $i_k = i_1, i_2,...,i_n$, $k = \overline{1, n}$ и удовлетворяет следующему неравенству:

$$\sum_{k=1}^{n} i_k \cdot b_k \le C_k \ , \ k = \overline{1, n} \tag{6}$$

Неравенство (6) определяет коэффициент эффективного использования ресурсов в звеньях сетей ПКС при передаче $k$ – го потока пакетов, и является общим числом единиц канального ресурса системы, занятых обслуживанием пакетов всех потоков трафика.

Для нормального функционирования звена сети SDN при отсутствии неограниченного возрастания очереди, выражение (6) примет следующий вид:

$$\eta_{r.} = \sum_{k=1}^{n} [L_d (N_k \cdot C_k)^{-1} \cdot i_k] \le \eta_{r.доп.} \ , \ k = \overline{1, n} \ , \tag{7}$$

где $L_d$ – длина передаваемого пакета потока трафика; $N_k$ – количество используемых каналов связи для передачи пакетов потоков трафика в звеньях сети SDN.

Выполнение последнего условия позволяет определить резерв канального ресурса звена сети SDN [9]:

$$R(N_k) = 1 - \eta_{r.}(N_k) \ , \ k = \overline{1, n} \tag{8}$$

Выражения (4),…,(8) являются показателями производительности звена сети ПКС с использованием программных коммутатора и контроллера и показателей качества совместного обслуживания потоков трафиков QoS.

Кроме того, полученные на основе ММ соотношения (5), (6), (7) и (8) позволяют более точно оценить эффективность использования и управления ресурсами в звеньях сети SDN.

● в системе при известных значениях $p(i)$ определим один из важных показателей качества совместного обслуживания QoS – среднее значение занятого канального ресурса для обслуживания $k$ – го потока пакетов трафиков, которое равно:

$$M[\eta_k] = \rho_k \cdot (1 - p_{k.n}) \cdot b_k \ , \ k = \overline{1, n} \ , \tag{9}$$

где $\rho_k$ – интенсивность поступающей нагрузки $k$ – го потока пакетов полезного и служебного трафиков.

Для оценки и управления канальными ресурсами в выражениях (5) и (9) особую роль играет вероятность $p(i)$, которая является нормированной вероятностью, и ее определение связано с рекуррентными соотношениями следующего вида:

$$p(i) = (1/i) \cdot \sum_{k=1}^{n} p \cdot b_k (i - b_k) \cdot \rho_k \cdot I[(i - b_k) \ge 0] \ , \ k = \overline{1, n} \tag{10}$$

Выражение (10) характеризует вероятность нахождения системы обслуживания в состоянии $i$. Кроме того, условие (10) выполняется и для ненормированных значений.

Таким образом, на основе полученных аналитических выражения могут быть определены вероятностно-временные характеристики звена мультисервисных сетей связи будущего поколения.

Проанализированы показатели производительности звена сети SDN и эффективного динамического распределения и управления информационными и сетевыми ресурсами звена сети будущего поколения FN.

**Выводы.** В результате анализа показателей эффективности звена мультисервисных сетей связи будущего поколения на основе архитектурной концепции SDN сформулирован новый подход к оценке производительности контроллеров в зависимости от различных параметров полезного и служебного трафиков.

Исследованы сетевые ресурсы и производительность системы, предложена ММ эффективности функционирования звена сети SDN с использованием коммутатор-контроллера и протокола OpenFlow. На основе ММ получены аналитические выражения, позволяющие оценить показатели канальных ресурсов и показатели качества обслуживания QoS.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Росляков А.В., Ваняшин С.В.* Будущие сети (Future Networks).Самара. ПГУТИ.2015. 274с.
2. *Смельянский Р.Л.* Программно-конфигурируемые сети. – М.: Открытые системы, 2012.
3. *Ефимушкин В.А., Ледовских Т.В., Корабельников Д.М., Языков Д.Н.* Международная стандартизация программно-конфигурируемых сетей //Электросвязь, №8, 2014. – с. 3 – 9.
4. *Ибрагимов Б.Г. и др.* Исследование ресурсов в мультисервисных сетях связи на базе единого инфокоммуникационного пространства//Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем», Российский Университет Дружбы Народов, Москва. 2018. - с.52-55.
5. *Логинов С.С.* Об уровнях управления в программно конфигурируемой сети (SDN) // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017, Том 11, №3. - с. 50-55.
6. *Samer S.T., Tariq A.A.* Modeling of SDN-based Network Behavior Based on Network Calculus Theory // International Journal of Engineering Innovation & Research. 2018,Vol.7, Issue 1. - pp. 31–36.
7. *Пшеничников А.П.* Теория телетрафика. Учебник для вузов. – М .: Горячая линия. – Телеком, 2017. - 212 с.
8. *Степанов С.Н.* Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. М.: Горячая линия Телеком, 2015. - 868 с.
9. *Ibrahimov B.G., Ismaylova S.R.* The Effectiveness NGN/IMS Networks in the Establishment of a Multimedia Session //American Journal of Networks and Communications.Vol.7, No1. 2018. - pp.1-5.

**О.В. Игнатьева, О.Л. Игнатьев**

# КВАНТОВЫЙ ПАРАЛЛЕЛИЗМ И АЛГОРИТМ ДОЙЧА

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,
Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: квантовые вычисления, квантовый бит, квантовые состояния, квантовый параллелизм, алгоритм Дойча.

В статье рассмотрено фундаментальное свойство квантовых вычислений, а именно, квантовый параллелизм, которое позволяет квантовым компьютерам вычислять функцию для различных значений аргумента одновременно.

**O.V. Ignateva, O.L. Ignatev**

# QUANTUM PARALLELISM AND THE DEUTSCH ALGORITHM

FGBOU VO RGUPS «Rostov State Transport University», Rostov-on-Don, Russia

Keywords: quantum computing, quantum bit, quantum states, quantum parallelism, the Deutsch algorithm.

The fundamental property of quantum computation is considered in the article, namely quantum parallelism, which allows quantum computers to calculate a function for different values of the argument simultaneously.

Проблема квантовых вычислений – одна из самых актуальных задач в современной науке. Разработка квантового компьютера приведет к открытию невообразимых вычислительных мощностей. Мгновенная обработка колоссального объема данных делают квантовые вычисления одним из наиболее перспективных инструментов в области информационных технологий.

Проблема квантовых вычислений связана с одной из самых больших трудностей физики, а именно неспособностью смоделировать даже простые квантовые системы. Главной причиной является то, что материя на квантовом уровне, находится одновременно во множестве различных возможных состояний в одно то же время. В отличие от классической теории вероятности, это множество квантовых состояний, которые могут потенциально наблюдаться, также могут взаимно влиять друг на друга. Эта зависимость препятствует использованию статистической выборки для получения результатов квантовых состояний.

И все же природа вокруг нас имеет квантовую природу, поэтому любое моделирование любого физического процесса без учета квантовых свойств, выполненное при помощи современных средств вычислительной техники, будет неточным и неполным.

Основополагающим ядром квантовых вычислений является хранение информации в квантовых состояниях и использование квантовых операций для вычисления этой

информации. Классическая ЭВМ работает с битами информации. Квантовые машины кардинально отличаются по принципу обработки данных, в которых используются специально созданные для них алгоритмы. Квантовый бит (кубит) – это квантовая система, которая до измерения находиться в произвольной суперпозиции двух базисных квантовых состояний, а в результате измерения с той или иной вероятностью принимает одно их двух возможных значений.

Квантовый параллелизм – это фундаментальное свойство квантовых вычислений. Данное свойство позволяет квантовым компьютерам вычислять функцию $f(x)$ для различных значений $x$ одновременно. Для иллюстрации квантового параллелизма рассмотрим квантовую схему, которая получает два кубита и выдает два. Назовем два входящих кубита – $x$ и $y$. Причем $x$ проходит через схему без изменений. Вошла единица и вышла единица, пришел ноль и вышел ноль, рис. 1 а) и б).

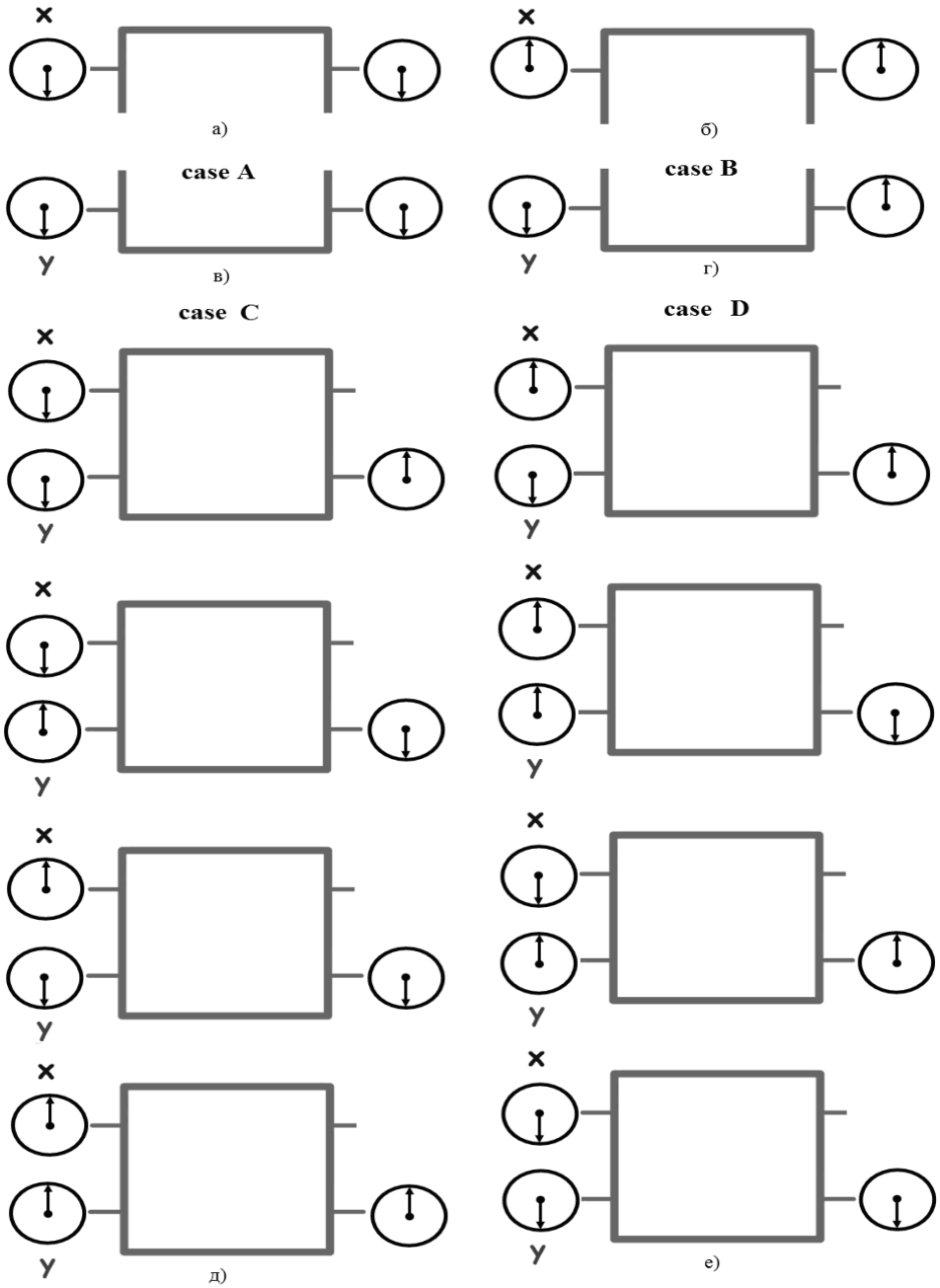



Рис. 1 – Двухкубитная квантовая система

С *y* же возможны четыре варианта. Случай *A* – *y* проходит схему без изменений также как *x*, рис. 1 в). Случай *B* – *y* – конвертируется, т.е. если вошла 1 – вышел 0, или вошел 0 – вышла 1, рис. 1 г). Случай *C* – *y* конвертируется, т.е. если *x* равен 1, а если *x* равен 0, то *y* проходит без изменений, рис. 1 д). Случай *D* – обратный случай к *C*, т.е. *y* конвертируется если *x* равен 0, а иначе если *x* равен 1, то *y* проходит без изменений, рис. 1 е).

Итак, случай *A* – *y* никогда не инвертируется, случай *B* – *y* всегда инвертируется, случай *C* – инвертирует *y*, когда *x* равен 1, случай *D* – инвертирует *y*, когда *x* равен 0, рис. 2. В случаях *C* и *D* инверсия кубита *y* зависит от значения кубита *x*. Назовем эти случаи зависимыми. В случаях *A* и *B* зависимости от значения кубита *x* – нет. Поэтому назовем эти случаи независимыми, рис. 2.

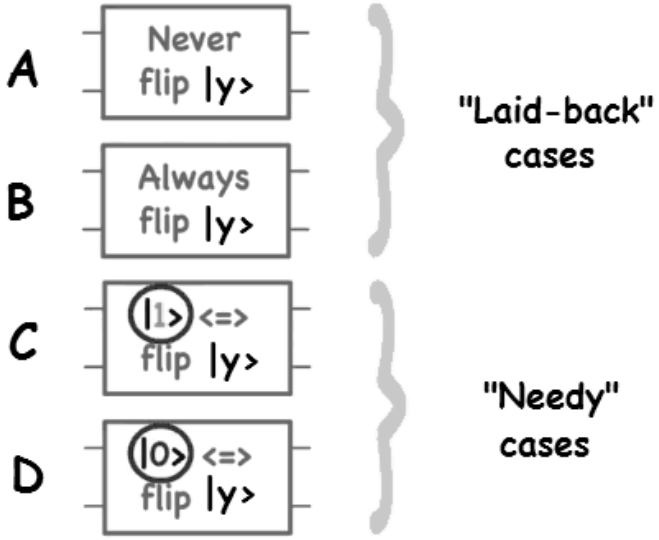



Рис. 2 – Общая вычислительная схема для рассматриваемой двухкубитной системы

Положим, что оба кубита на входе – нули.

В случае *A* получим два нуля на выходе. В случае *B* – *x* останется нулем, а *y* инвертируется и станет 1. В случае *C* – *y* инвертируется, если *x* равен 1. Но по предположению *x* равен 0, поэтому *y* не изменяется.

В случае *D* – *y* инвертируется, если *x* равен 0. Так как на входе x равен 0, поэтому *y* изменяется и станет 1, рис. 3.

Таким образом, результат может быть (0,0) или (0,1).

Если в результате эксперимента получим (0,1) – это будет значить, что *y* конвертировал. Это может быть случай *B* или *D*. Но как понять, *y* конвертировался через случай *B* – всегда инвертировать, или через случай *D* – инвертировать, если *x* равен 0. Непонятно, это был зависимый или независимый случай.

В традиционной вычислительной модели необходимо осуществить два вычислительных шага – вычислить значения на 0 и 1, после чего их сравнить. Если они не отличаются друг от друга, то это независимый случай, если отличаются – то зависимый. А вот при помощи квантовых вычислений необходимо сделать только один вызов, чтобы понять к какому типу случай относится. Это получается из-за квантового параллелизма и одновременного вычисления значений функции на всех возможных значениях аргумента. Рассмотрим способ, с помощью которого можно понять, к какому же типу относится

случай.

Посмотрим, что будет, если на входе $x$ – суперпозиция, т.е. одновременно и 0 и 1. Для этого будем использовать квантовый вентиль Адамара, который может вводить кубиты в состояние суперпозиции, рис.4 а) и выводить их из этого состояния, рис.4 б).

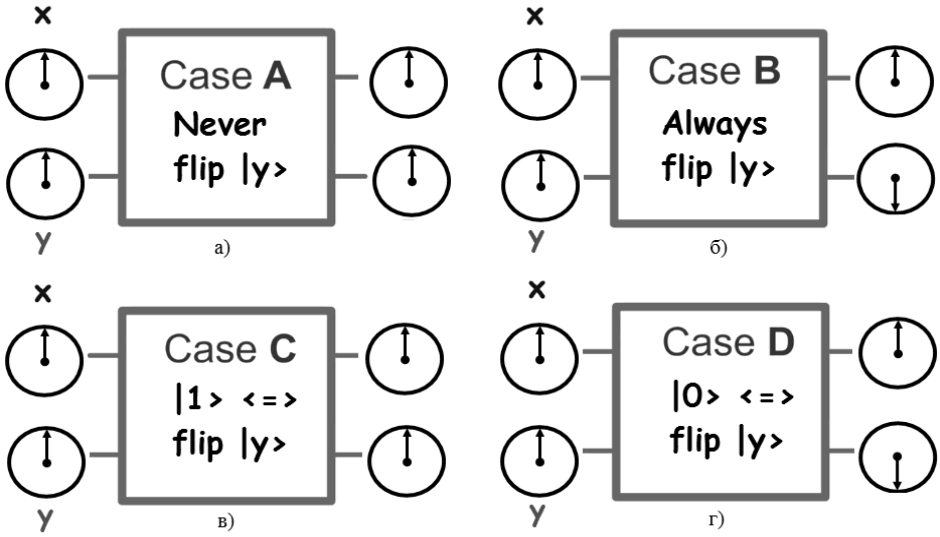



Рис. 3 – Результаты измерения квантовой системы, если на входе кубиты равны нулю

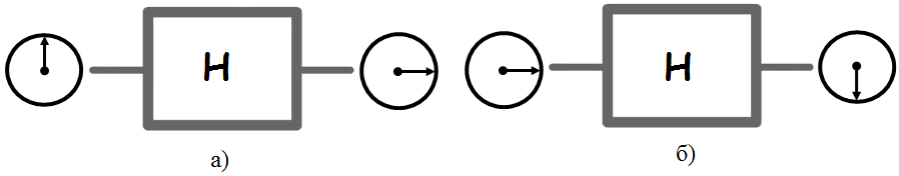



Рис. 4 – Результат применения квантового вентиля Адамара к кубиту

Если на входе $x$ равен 0, то с помощью квантового вентиля Адамара $x$ превратиться в кубит в суперпозиции со стрелкой вправо, что значит половина нуля и половина единицы. Математическая запись кубита со стрелкой вправо, находящегося в суперпозиции, описывается выражением $\frac{|0\rangle+|1\rangle}{\sqrt{2}}$, а кубит со стрелкой влево определяется $\frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}}$, где векторное представление набора кубитов $|0\rangle$ и $|1\rangle$ следующее: $|0\rangle=\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$, $|1\rangle=\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$ [1]. Это формально позволяет одновременно протестировать варианты с двумя значениями $x$.

Например, в случае $A$ – ничего не меняется, рис.5 а).

В случае $B$ – кубит $y$ переворачивается, не зависимо от состояния $x$, рис.5 б).

В случае $C$ – $y$ конвертируется, если $x$ равен 1. Но сейчас $x$ и то и другое, а именно находиться в суперпозиции. Тут появляется неопределенность – $y$ конвертируется или выполнит и то и другое? Согласно квантовому принципу, $y$ уйдет в суперпозицию, и кроме того, его состояние будет привязано к состоянию $x$ , рис.5 в). Другими словами кубиты $x$ и $y$ выйдут из схемы квантово спутанными. Их больше нельзя рассматривать отдельно, они стали единым целым. Однако, главное, согласно квантовой физике,

измерения, проведенные над любым из спутанных кубитов, приведет к исчезновению суперпозиции у обоих кубитов, т.е. каждый из них станет или 0 или 1. В данной ситуации они примут одинаковые значения. Далее, если *y* инвертировался, значит *x* был 1, так как это единственное возможное условие переворота *y* в случае *C*. Соответственно, если у не инвертировался в случае *C*, значит *x* на входе был 0, рис. 5 в).

В случае *D* – *y* переворачивается только если *x* на входе был 0. Но снова, *x* не 0 и не 1, а что-то между. Тогда на выходе, *x* и *y* опять будут квантово спутанными, но при измерении они примут противоположные значения. Если *y* инвертировался, значит *x* равен 0. если не изменился *y*, значит *x* равен 1, рис. 5 д).

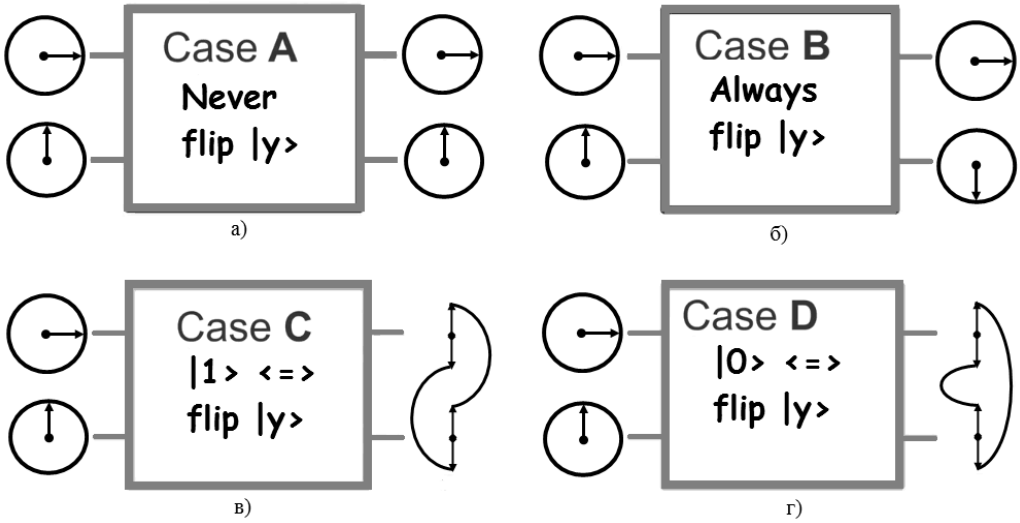



Рис. 5 – Результаты измерения квантовой системы, если на входе кубит *x* находится в суперпозиции

На первый взгляд, задача решена. Кубит становиться спутанным только в случаях *C* и *D*, т.е. в зависимых случаях. В независимых случаях *A* и *B* квантовая сцепленность не появляется.

Таким образом, необходимо только поинтересоваться, кубиты спутались или нет. Итак, на входе *x* в суперпозиции, а *y* равен 0. Если мы выясним, что *y* перевернулся путем измерения, тогда это точно не случай *A*, так как там никто не переворачивается.

Далее, в ходе измерений, также обнаружили, что *x* стал 1. Но тогда не понятно, это произошло, потому что он был спутан с измеренным *y*, как в случае *C*. Или *x* из своей независимой от *y* суперпозиции стал 1 после измерения как в случае *B*. И снова неясно, это независимый случай *B*, или зависимый случай *C*, так как по результатам таких измерений нельзя понять спутаны кубиты или нет.

Делать много параллельных вычислений одновременно можно, отправляя кубиты в суперпозиции. На выходе будет информация для различных параллельных вычислений, но мы потеряем множественность информации при попытке ее прочитать, согласно квантовой теории.

Однако, имеется хитрый способ обойти это неудобство. Пусть на входе кубит *x* в суперпозиции со стрелкой вправо и *y* в суперпозиции со стрелкой влево.

В случае *A* – ничего не меняется, рис. 6 а).

В случае *B* – *y* всегда переворачивается. Но для кубита в суперпозиции это ничего

не меняет, рис.6 б).

В случае *C* происходит странные события. Классическое описание схемы говорит, что *x* никогда не меняется. На самом деле *x* со стрелкой вправо переходит в *x* со стрелкой влево, рис. 6 в). Также получается и в случае *D*, рис. 6 г).

Осталось разобраться по результатам выходов, схема работала по независимому или зависимому алгоритму. В независимых случаях на выходе кубит *x* со стрелкой вправо, а в зависимых *x* со стрелкой влево. Но мы не можем это выяснить, так как суперпозиция исчезнет сразу же в момент измерения и кубиты зафиксируются в виде нулей и единиц.

Попробуем пропустить кубиты на выходе также через вентиль Адамара. Тогда *x* будет 0 только в независимых случаях, а 1 – в зависимых.

Таким образом, в результате проведения серии экспериментов, проблема решена, все четыре случая различимы по результатам. Кубит *x* выходит 1, значит это зависимый режим, т.е. случай *C* или *D*, рис. 7.

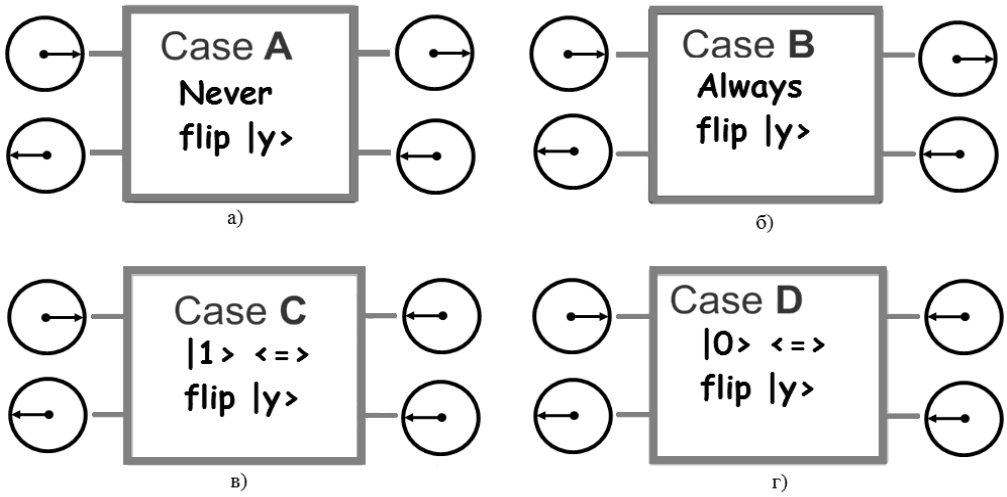



Рис. 6 – Результаты измерения квантовой системы, если на входе кубит *x* в суперпозиции со стрелкой вправо и *y* в суперпозиции со стрелкой влево

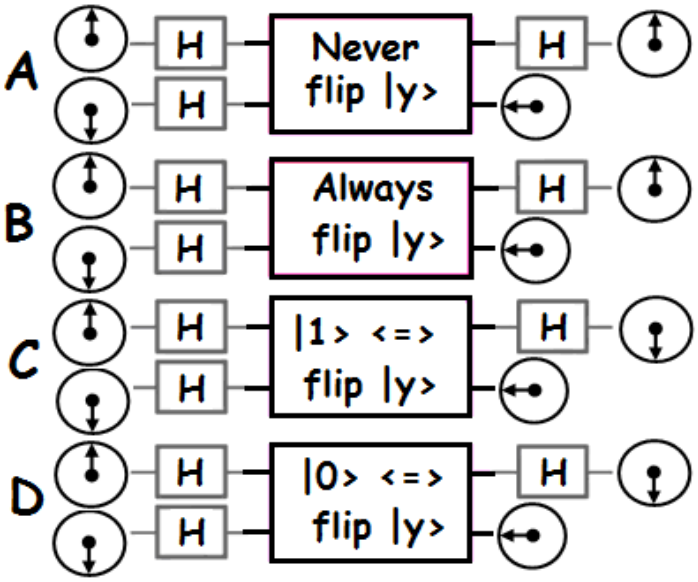



Рис. 7 – Результаты измерения квантовой системы, если на выходе применить вентиль Адамара

Рассмотренный алгоритм называется алгоритмом Дойча, квантовая схема которого приведена на рис. 8. Он подразумевает, что *y* в суперпозиции со стрелкой влево, это позволяет кубиту *x* менять направление своей стрелки слева направо и наоборот. Если *y* будет со стрелкой направо, то при прохождении через схему *x* меняться не будет.

Также кубит *y* со стрелкой вправо оставляет *x* неизменным, а *y* со стрелкой влево направление стрелки кубита *x* на противоположный. Для чего это все, стрелка вправо, то влево, не 0 и не 1, ведь вероятность получения 0 и 1 при измерениях одинаковая в обоих направлениях. Но математически состояние со стрелкой влево и вправо отличаются друг от друга так же как 0 от 1. Правый кубит наполовину 0 или 1 – синфазный, левый кубит наполовину 0 или 1, но в противофазе. Они противоположности. Синфазное состояние не влияет на *x*, а противофазное способно менять *x* слева направо или справа налево.

Согласно рис. 8, *H* – это гейт Адамара, $U_f$– это унитарная операция тензорного произведения двух кубитов $U\{|x\rangle \otimes |y\rangle\}$, которая представляется четырьмя матрицами, определяющими четыре возможные функции $f_i(x)$.

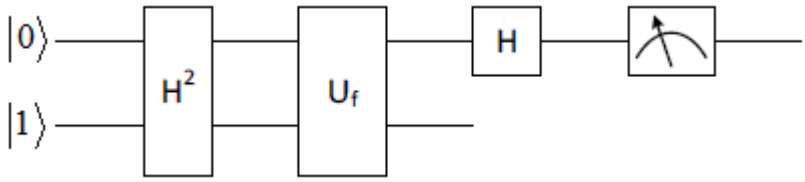



Рис. 8 – Квантовая схема, реализующая алгоритм Дойча

Таким образом, если в квантовой схеме на вход *x* подается суперпозиция, которая может быть создана действием гейта Адамара на кубит $|0\rangle$, то в результате действия «черного ящика» *U*, результирующее состояние будет иметь вид, показанный на рис. 9.

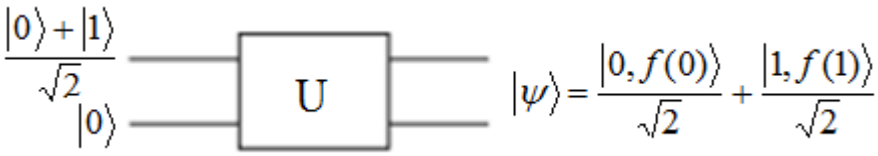



Рис. 9 – Результаты вычисления квантового алгоритма Дойча

В данном результирующем состоянии различные элементы содержат информацию, как о значении *f*(0), так и о значении *f*(1). Фактически это соответствует вычислению функции *f*(*x*) для двух значений *x* одновременно.

Таким образом, на квантовом алгоритме Дойча показано двухкратное увеличение эффективности для определения типа функции. При помощи модели квантовых вычислений можно одновременно вычислить значения некоторой двоичной функции на всем множестве входных значений. Поскольку входные кубиты можно перевести в равновероятностную суперпозицию всех базисных состояний, а потом применить заданную функцию, то как раз в этом случае проявится принцип квантового параллелизма. Однако, достать все полученные значения функции невозможно, поскольку в результате измерений с той или иной вероятностью получается одно значение из всего множества. Но при манипуляциях предложенных в алгоритме можно получить

информацию о некоторых общих свойствах функции, а именно является ли она константой или сбалансированной.

Также данная процедура может быть легко обобщена для функции с произвольным числом битов $f(x_0, x_1, ..., x_n)$ путем введения преобразования Уолша-Адамара, представляющее собой прямое произведение однокубитовых операторов Адамара. Для решения этой задачи по классическому детерминированному алгоритму необходимо произвести $2^{n+1}+1$ вычислений, по вероятностному алгоритму потребуется $2^{n-1}+1$ вычислений функции *f*, а алгоритм же Дойча даёт верный ответ, один раз применив фазовый запрос, соответствующий заданной функции *f*.

Таким образом, квантовые вычисления значительно эффективнее, чем классические при моделировании поведения многокомпонентных квантовых систем. Поэтому сегодня очень актуальны исследования и разработки квантовых алгоритмов, подходов к программированию квантовых вычислений, а также путей реализации кубитов и квантовых схем, с помощью которых решаются многие сложные классические задачи, например, моделирование физических систем в области химии, физики, искусственного интеллекта, информационной безопасности, базах данных и других.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Душкин, Р.В.* Квантовые вычисления и функциональное программирование. – М.: 2014. – 318 с.

**Е.В. Игначкова, Д.В. Колбасин, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский**

## СЕТЕВАЯ ВИРТУАЛИЗАЦИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ЛВС

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: технологии связи, виртуальные сети, адресация узлов сети, межсетевое взаимодействие, виртуальные рабочие столы.

Описано создание виртуальной частной вычислительной сети с использованием технологии виртуализации серверов и рабочих столов. Рассмотрены особенности межсетевого взаимодействия и экранирования, а также использования VPN-шлюзов для защиты информации при низком качестве связи.

**E.V. Ignachkova, D.V. Kolbasin, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky**

# NETWORK VIRTUALIZATION OF THE CORPARATIVE LAN

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: technologies of communication, virtual networks, addressing of knots of a network, gateway interaction, virtual desktops.

Creation of the virtual private computer network with use of technology of virtualization of servers and desktops is described. Features of gateway interaction and shielding, and also use of VPN locks for information security at poor quality of communication are considered.

В статье рассмотрена виртуальная частная сеть (виртуальные серверы и виртуальные рабочие столы пользователей) [1]. Она представляет собой совокупность сетей и отдельных компьютеров (как правило, территориально удаленных), соединенных между собой обособленным защищенным каналом, работающим «поверх» различных сетевых протоколов в произвольных гетерогенных сетевых средах.

Службы удаленных рабочих столов включают инфраструктуру виртуальных рабочих столов (Virtual Desktop Infrastructure), рабочие столы на основе сеансов и приложений, предоставляя пользователям возможность работать в любом месте (рис. 1).

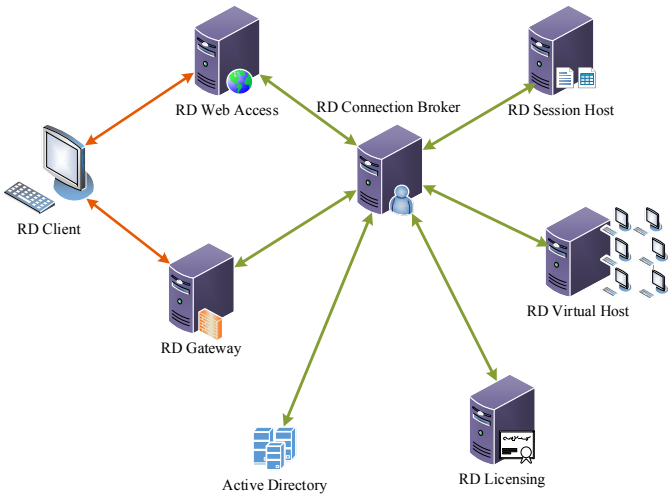



Рисунок 1- Схема взаимодействия компонентов Microsoft VDI

Виртуальной средой управляет гипервизор Microsoft Hyper-V. Функция Microsoft Hyper-V изначально создавалась на основе новой микроядерной архитектуры. На рисунке 2 показана архитектура Microsoft Server Hyper-V.

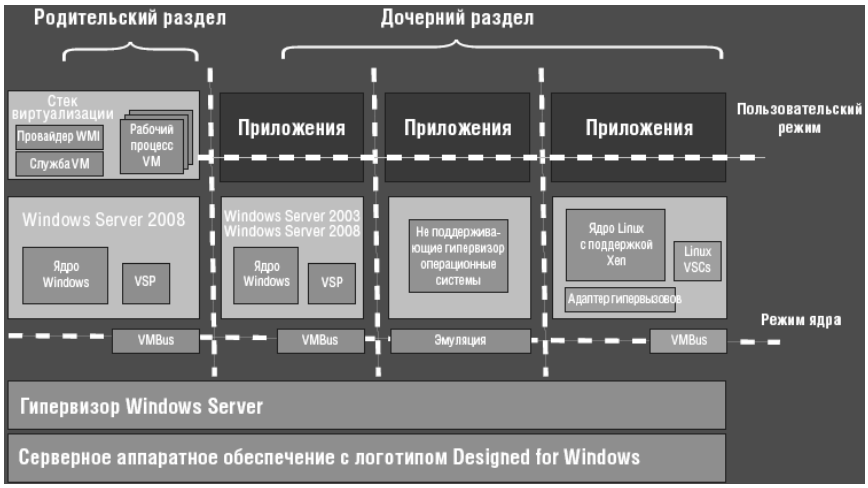


Рисунок 2- Архитектура Microsoft Server Hyper-V

Виртуальные устройства также поддерживают технологию Windows Server Virtualization, которая называется прогрессивным вводом - выводом (Enlightened I/O), для накопителей, сетевых и графических подсистем. Прогрессивный ввод - вывод – это специальная виртуальная реализация высокоуровневых протоколов, как, например, SCSI, для возможности работать с виртуальной шиной VMBus напрямую, что позволяет параллельно обрабатывать любые уровни эмуляции устройства. Это делает взаимодействие физической среды и виртуальной более эффективным, но взамен требует от гостевой операционной системы поддержки технологии прогрессивного ввода-вывода.

Таким образом, использование виртуализации серверов и рабочих столов пользователей обеспечивает:

a) консолидацию и унификацию IT-ресурсов предприятия: вычислительной мощности, средств хранения данных, учетных систем, информационных ресурсов, средств связи, а также средств управления ими;
b) повышение отказоустойчивости и эффективности информационной среды (ИС) за счет применения виртуализации;
c) стандартизацию топологий, применяемых технологий, структуры, протоколов локальной вычислительной сети (ЛВС) всех удаленных подразделений филиальной сети, применяемого программного обеспечения и форматов обмена данными;
d) объединение ЛВС всех удаленных подразделений филиальной сети и центрального офиса предприятия в единое информационное пространство для совместного доступа к консолидированным и унифицированным IT-ресурсам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Браун Дж.* Виртульные частные сети.-Лори:Москва, 2001.-508 с.
2. http://softobase.com/ru/video/ultra-vnc-upravlyaem-kompyuterom-na-rasstoyanii#.UyBRLPJy63k.

*С.А. Качнов, **Н.В. Болдырихин, *И.С. Гирин.

# АНАЛИЗ СПОСОБОВ КЭШИРОВАНИЯ СТРАНИЦ ВЕБ-САЙТОВ

* Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

**Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: кэш страницы, серверное кэширование, клиентское кэширование, кэш браузера.

Проанализированы два вида кэширования страниц веб-сайтов: серверный и клиентский.

*S.A. Kachnov, ** N.V. Boldyrikhin, *I.S. Girin

# THE ANALYSIS OF METHODS OF CACHING PAGES WEBSITES

*Don state technical university, Rostov-on-don, Russia

** North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: page cache, server-side caching, client-side caching, browser cache.

Two types of caching of pages of web sites are analyzed: server and client.

Кэширование страниц или отдельных её элементов в настоящий момент является необходимым атрибутом любого сайта, поскольку позволяет заметно ускорить работу ресурса и существенно снизить нагрузку на сервер [1].

Кэширование на стороне клиента заключается в применении специальных заголовков, среди которых можно выделить Last-modified и If-modified-Since, Etag и If-None-Match, Expired, Cache-control. Суть их использования сводится к проверке даты (создания, изменения, актуальности) или идентификатора файла. Например, сервер, получив запрос от клиента, возвращает браузеру ответ в виде необходимого файла, в котором размещается заголовок Last Modified с указанием даты создания или изменения этого файла. При повторном обращении к серверу поступает запрос If-Modified-Since. Если указанная в запросе дата кэшированного файла совпадает с фактической датой, то

сервер возвращает немедленный HTTP-ответ 304 (Not Modified) и вместо новой загрузки с сервера браузер клиента отображает нужные данные из своего кэша. В случае с заголовком cache-control существует множество директив (public, private, no-store, no-cache и другие), позволяющих:

1) разрешать кэшировать ответ не только браузеру, но и промежуточным узлам (прокси-серверам);
2) разрешать кэширование файла только браузеру пользователю, при этом для прокси-серверов такое действие будет запрещено;
3) не сохранять копии конфиденциальной или иной информации при любых условиях;
4) обязывать клиента отправлять запросы серверу для проверки кэшированной копии перед её использованием.

Серверное кэширование, в отличие от клиентского, записывает копию необходимых данных на дисковом пространстве сервера или же в его оперативной памяти, порой занимая значительное место и требуя больших средств по обслуживанию [2]. Этот способ можно разделить на три вида:

1) страничное – сохраняется вся страница веб-сайта целиком. Преимущество этого вида заключается в отдаче страницы практически в момент обращения к серверу, при этом задействуются больше ресурсы жесткого диска и в меньшей степени – процессора. Недостатком является нецелесообразность кэширования при наличии динамически изменяющихся частей, с которыми может взаимодействовать посетитель сайта.
2) фрагментарное – сохраняются отдельные части страницы. Нивелирует недостаток, указанный в первом пункте. Является одним из часто используемых видов серверного кэширования.
3) кэширование результатов запросов к базе данных. Позволяет уменьшить количество запросов к базе данных сервера и, соответственно, нагрузку на него.
4) кэширование результатов вычислений. Часто используется при обработке графических данных и для других сложных вычислений, занимающих значительное время и требующих немалое количество ресурсов процессора.

В таблице 1 и таблице 2 приводятся результаты тестирования производительности веб-сайта с кэшированием и без него [3].

В качестве ядра сайта использовалась CMS WordPress, в которой изначально не реализовано кэширование страниц. Однако для этого существует множество плагинов, использующих функции ядра (wp_cache_add, wp_cache_get и другие), которые позволяют кэшировать необходимые данные [4]. Одним из популярных плагинов для кэширования является WP Super Cache, который генерирует статические html-файлы сайта. Именно он и подключался для проверки производительности веб-сайтов.

Таблица 1. Тестирование производительности веб-сайта по 100-балльной шкале

| **Название тест-сервиса** | **Результат, балл (без кэширования)** | **Результат, балл (с кэшированием)** |
|---|---|---|
| Google PageSpeed Insights (для мобильных тел.) | 41 | 74 |
| Google PageSpeed Insights (для персональных комп.) | 52 | 80 |
| GTMetrix PageSpeed | 82 | 81 |
| YSlow | 74 | 74 |

Таблица 2. Тестирование времени загрузки страницы веб-сайта

| **Название тест-сервиса** | **Время, мс (без кэширования)** | **Время, мс (с кэшированием)** |
|---|---|---|
| Pingdom | 2780 | 1330 |
| Webwait | 1680 | 1030 |

Таким образом, при грамотном и гибком подходе (отдельный кэш для каждого пользователя, разные кэши для привилегированного пользователя и гостя, и т.п.) кэширование позволит избежать чрезмерных нагрузок на сервер, увеличить производительность сайта и, соответственно, его популярность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Руби С., Томас Д., Хэнссон Д.* Гибкая разработка веб-приложений в среде Rails. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2013. – 464 с.: ил. ISBN 978-5-4461-0110-8.
2. *Шлосснейгл Джордж*. Профессиональное программирование на PHP: практическое руководство по разработке крупномасштабных Web-сайтов и приложений с помощью PHP 5 / Пер. с англ. и ред. В.А. Швеца. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. - 610 с. – ISBN 5-8459-0925-2 (рус.)
3. *Blomsterberg Philip*. Benchmarking the Fastest WordPress Cache Plugins [Электронный адрес] – URL: https://wpdevshed.com/best-wordpress-cache-plugin/ (дата обращения: 18.03.2018).
4. *Ковшенин К.* Основы кэширования в WordPress [Электронный адрес] – URL: https://wpmag.ru/2013/keshirovaniye-wordpress/ (дата обращения: 18.03.2018).



***С.А. Качнов, **Н.В. Болдырихин**


## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕНТОМ


* Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

** Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия



Ключевые слова: система управления контентом, плагин, модель-представление-контроллер, шаблон, переопределение.

Проанализированы особенности двух систем управления контентом: Joomla! и WordPress, выделены преимущества и недостатки каждой из них.

**[*]S.A. Kachnov, [**] N.V. Boldyrikhin**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CONTENT MANAGEMENT SYSTEMS**

[*]Don state technical university, Rostov-on-don, Russia

[**] North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: content management system, plugin, model-view-controller, template, redefinition.

The features of the two content management systems were analyzed: Joomla! and WordPress, the advantages and disadvantages of each of them.

На сегодняшний день около 30% сайтов работают при помощи систем управления контентом (англ. Content management system, CMS), среди которых наиболее популярными являются open source CMS Joomla! и WordPress.

На рисунке 1 в процентном соотношении представлена информация об использовании сайтами различных систем управления контентом [1], на рисунке 2 – исторические тенденции использования WordPress и Joomla! за последний год [2].

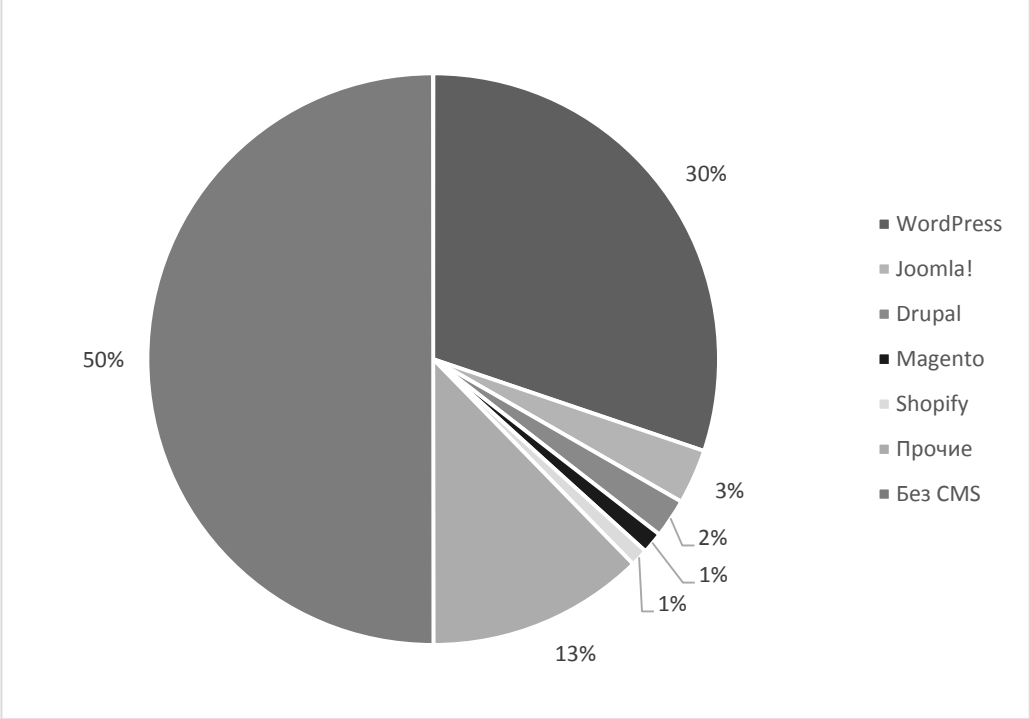



Рисунок 1 – Процентное соотношение использования веб-сайтами CMS

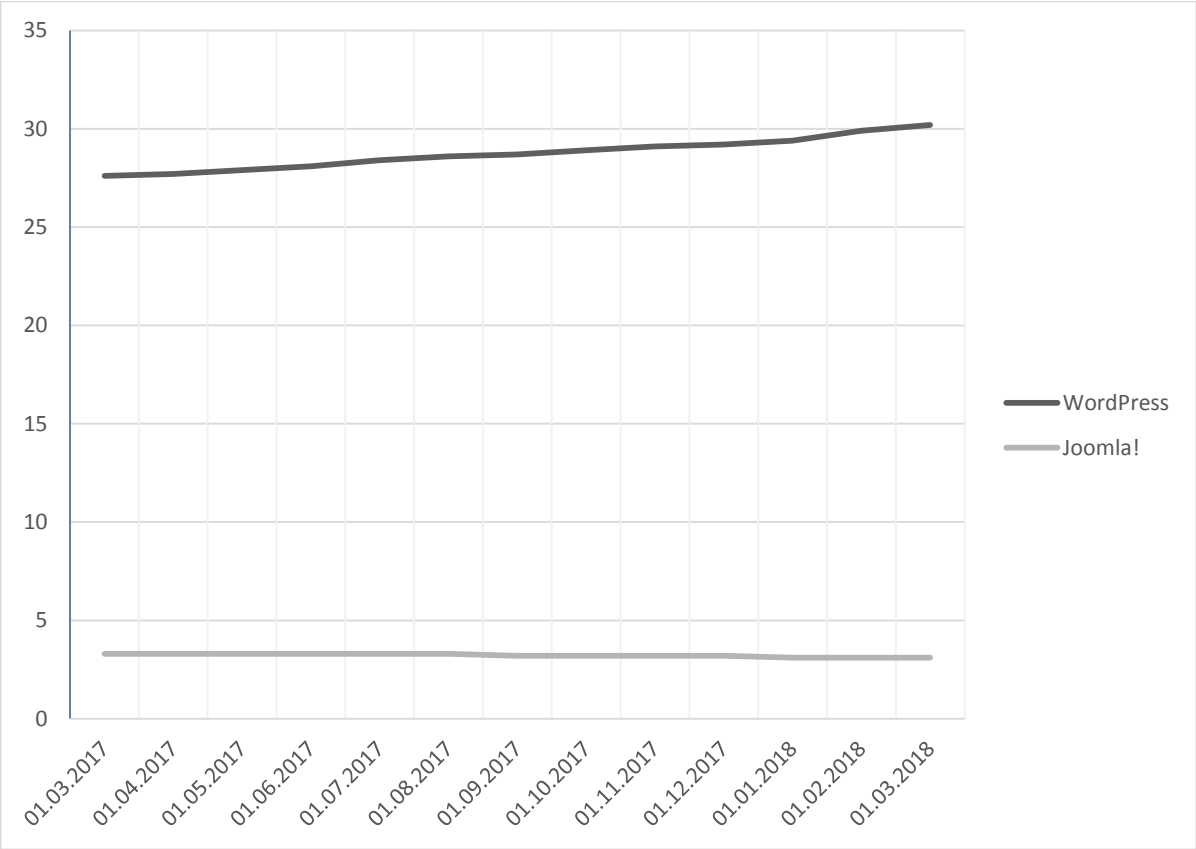



Рисунок 2 – Тенденции использования CMS в процентах

CMS WordPress, появившаяся еще в 2003 году, изначально позиционировала себя в качестве системы для создания и управления блогами, однако уже сейчас при помощи неё создаются корпоративные сайты, интернет-магазины, промо-сайты.

Дополнения, с помощью которых расширяются функциональные возможности сайта, реализованы в виде плагинов, представляющие собой один PHP файл, в первой строке которого обязательно указывается закомментированное имя плагина. Через плагины можно настроить панель администратора и через неё же осуществлять их поиск и дальнейшее их подключение. Поиск и установка плагинов, как правило, не занимает много времени, поскольку они имеют понятное описание и сам процесс установки является простым, однако большое количество предоставляемых плагинов не гарантирует отсутствия проблем с безопасностью сайта после их установки [3]. Также возможны конфликты между дополнениями, в том числе из-за обширного количества глобальных переменных [4].

Установка чрезмерного количества плагинов существенно повысит нагрузку на сервер, на котором расположен сайт, вследствие чего резко возрастёт время загрузки страниц сайта. Для устранения подобных недостатков необходимо вносить изменения в файлы шаблона и изменять соответствующий код, устанавливать сайт на более дорогое оборудование.

В свободном доступе на официальном сообществе WordPress имеется большое количество готовых для установки тем - более 5000. Чтобы самостоятельно создать или более тонко настроить уже установленную тему, можно воспользоваться специальным API под названием customizer.

WordPress в качестве базы данных использует только MySQL, в которой после установки создаёт 11 таблиц. По умолчанию они в названии имеют префикс wp_ (wp_terms, wp_links, wp_users и другие). Самой важной является таблица wp_posts, в которой хранится больше всего данных: записи, редакции, пользовательские записи, страницы, элементы меню. Все таблицы связаны между собой, за исключением wp_options. В ней расположены настройки и данные WordPress, не относящиеся к пользователям или записям.

Системой подразумевается, что дополнительные таблицы разработчиками создаваться не будут, поэтому при появлении таковых будет отсутствовать возможность использовать класс WP_Query, позволяющий получать доступ к данным в БД, и другие вспомогательные функции [5]. Если же ограничиваться созданными по умолчанию таблицами WordPress, то вследствие увеличения их содержимого, сортировка или поиск данных будет усложняться.

CMS Joomla! написана не только на PHP, как WordPress, но и на JavaScript, что позволяет разработчику воспользоваться всеми преимуществами объектно-ориентированного программирования. Система распространяется в качестве свободного программного обеспечения под лицензией GNU GPL v2, которая позволяет полностью отредактировать CMS, кроме информации об авторских правах.

Joomla! широко использует схему разделения данных приложения, управляющей логики и пользовательского интерфейса, которая называется Model-View-Controller [6]. Благодаря этому появляется возможность модифицировать любой компонент схемы (модель, представления или контроллера), не затрагивая при этом код другого компонента.

Для большего контроля над отображением контактов, статей и других расширений часто используется переопределение. Оно заключается в создании копий файлов компонентов, макетов шаблонов или модулей в специальном каталоге (templates/html), которые изначально находятся в коревой папке сайта. Такой подход позволяет не потерять отредактированные рабочие файлы в результате регулярных обновлений системы.

Масштабирование в Joomla! представляет собой добавление к ядру дополнительных компонентов, плагинов, модулей и шаблонов. Самый простой модуль состоит из двух файлов: основной php-файл с исполняемым кодом и xml-файл с атрибутами и настройками модуля. Можно как скачать уже готовые, так и написать самостоятельно, разместив их в специальном каталоге.

Для хранения данных сайта может использоваться MySQL, PostgreSQL, MS SQL. После установки CMS в базе данных создаются таблицы (гораздо большее количество, нежели у WordPress), у которых в именах указывается префикс (по умолчанию генерируется случайный префикс). Это необходимо для создания уникального имени каждой таблицы и для безопасности - злоумышленник не сможет подать запрос к таблице по её имени.

Как и в случае с WordPress, для Joomla! существует множество бесплатных расширений – 7953 (на 14 марта 2018 г.).

Для дополнительной безопасности используется специальный модуль с многоуровневой аутентификацией для пользователей и администраторов, при этом применяется алгоритм собственной разработки Joomla.

Для поднятия позиций сайта в поисковых системах по определенным запросам пользователей в каждой динамической странице можно задавать своё описание и ключевые слова.

Простота в использовании и необязательное наличие знаний в языках программирования CMS WordPress позволила набрать популярность среди желающих обзавестись простым сайтом или блогом, однако, если целью является создание крупного проекта, то лучше использовать Joomla, которая благодаря своим особенностям предоставляет возможность создать более сложный, но качественный продукт.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Usage of content management systems for websites [Электронный ресурс]. – URL: https://w3techs.com/technologies/overview/content_management/all (дата обращения: 15.03.2018).
2. Historical trends in the usage of content management systems for websites [Электронный ресурс].– URL: https://w3techs.com/technologies/history_overview/content_management/all (дата обращения: 15.03.2018).
3. *Черноруцкий М.* Drupal и WordPress — сравнение, аналогии, сходства, различия [Электронный ресурс] – URL: https://habrahabr.ru/company/arcadia/blog/318808/ (дата обращения: 15.03.2018).
4. *Храмов А.* Недостатки Wordpress — техническая сторона [Электронный ресурс] – URL: https://habrahabr.ru/post/251257/ (дата обращения: 15.03.2018).
5. *Ковшенин К.* Создание собственных таблиц в базе данных WordPress [Электронный ресурс] – URL: https://wpmag.ru/2014/custom-tables-dbdelta/ (дата обращения: 15.03.2018).
6. *Сметанников Д.* Файловая структура компонента Joomla и именование классов [Электронный ресурс] – URL: http://joomla-book.ru/development/creating-component/naming-conventions (дата обращения: 15.03.2018).

**М.О. Киреев, Е.В. Глушак**

# ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ BLUETOOTH

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, Bluetooth, пикосеть.

Аннотация: в статье рассмотрены проблемы и актуальные тенденции беспроводных сенсорных сетей на основе Bluetooth, представлены основные задачи отрасли беспроводных сенсорных сетей.

**M.O. Kireev, E.V. Glushak**

# RESEARCH OF WIRELESS NETWORK NETWORKS BASED ON BLUETOOTH

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Volga State University of Telecommunications and Informatics", Samara, Russia

Keywords: wireless sensor networks, Bluetooth, piconet.

Annotation: the article considers the problems and current trends of wireless sensor networks based on Bluetooht, presents the main tasks of the wireless sensor network industry.

Bluetooth - это недорогая беспроводная технология с малым радиусом действия, малая потребляемая мощность, разумная пропускная способность и, следовательно, подходящая для различных небольших устройств с батареей, таких как мобильные телефоны, КПК, камеры, ноутбуки и т. д. Развитие Bluetooth началось несколько лет назад с намерением заменить все виды кабелей, используемых для подключения разных устройств. Тем временем идея эволюционировала, и Bluetooth сейчас развивается не только как точка-точка, но и как сетевая технология. Bluetooth пережил периоды большой шумихи, когда он считался лучшей короткодействующей технологией, а также периодами, когда это считалось провалом. Однако последний год можно рассматривать как год поворота для Bluetooth. На рынке появилось множество различных устройств Bluetooth и аксессуаров, широкий выбор пользователей может использовать его, и первый опыт в целом положительный. Главная задача перед разработчиками Bluetooth заключается в том, чтобы доказать совместимость устройств разных производителей и предоставить множество интересных приложений. Примером таких приложений являются беспроводные сенсорные сети.

Низкая стоимость (целевая цена ниже 5 евро), маломощные модули Bluetooth, похоже, хорошо соответствуют требованиям беспроводных сенсорных сетей. Возможность установления соединения в режиме Ad-hoc, разумная пропускная

способность (до 721 кбит/с в восходящей линии связи и 56 кбит/с нисходящей линии связи), использование схемы скачкообразной перестройки частоты с использованием TDD (дуплекса с временным разделением) для минимизации влияния помех в диапазоне ISM (2,4 ГГц ), существование различных режимов энергосбережения, а также доступность и стандартизованная спецификация являются основными преимуществами Bluetooth по сравнению с другими беспроводными технологиями. Однако есть несколько проблем, таких как задержка установления соединения и сетевые функции, которые необходимо решить до того, как Bluetooth может быть развернут в больших сетях датчиков. В следующих параграфах описана первоначальная реализация простой сети датчиков на основе Bluetooth. Ниже представлены основные проблемы, возникающие при реализации и предлагаемых решениях.

Bluetooth работает в полосе частот 2,4 ГГц и использует метод с расширенным спектром скачкообразной перестройки частоты. Есть 79 каналов, каждый с частотой 1 МГц, доступных для скачков [1]. Устройство Bluetooth должно быть членом пикосети для связи с другими устройствами. Пикосеть - это набор из 8 устройств, которые часто изменяют частоту. Каждая пикосеть имеет один мастер, обычно это устройство, которое инициировало создание пикосети и до 7 подчиненных устройств. Адрес Bluetooth мастера используется для определения последовательности скачкообразной перестройки частоты. Ведомые устройства используют часы мастера, чтобы синхронизировать их часы, чтобы иметь возможность прыгать одновременно. Когда устройство хочет установить пикосеть, оно должно выполнить запрос для обнаружения других устройств Bluetooth (они должны выполнять сканирование запросов одновременно) в диапазоне. Процедура запроса определяется таким образом, чтобы два устройства через некоторое время посещали одну и ту же частоту одновременно. Когда это происходит, обменивается необходимая информация (адрес Bluetooth и часы устройства, которые будут мастером пикосети), а устройства могут использовать процедуру подкачки для установления соединения. Время, необходимое для установления связи, может быть довольно продолжительным, в среднем около 5 с (минимум 0,00375 с и максимум 12,8 с-33,28 с). Эта задержка может быть ограничивающим фактором для приложений, требующих мгновенного установления соединения. Когда требуется более 7 устройств, есть два варианта. Первый - поставить одно или несколько устройств в состояние парка. Bluetooth определяет 3 режима низкой мощности: обнюхивание, удержание и парковка. Когда устройство находится в парковом режиме, оно отключается от пикосети, но при этом сохраняет синхронизацию с ним. Мастер пикосети периодически транслирует маяки, чтобы пригласить подчиненное устройство присоединиться к пикосети или разрешить подчиненному требовать воссоединения. Разумеется, подчиненный может подключиться к пикосети только в том случае, если в пикосети находится менее 7 ведомых. Если это не так, мастер должен сначала припарковать один из активных подчиненных устройств. Все эти действия вызывают задержки, и для некоторых приложений это может быть неприемлемым (управление процессом, которое требует немедленного ответа от командного центра, например). Другой вариант - построить scatternet. Scatternet состоит из нескольких пикосети, соединенных устройствами, участвующими в нескольких пикосетях. Эти устройства могут быть подчиненными во всех пикосети или мастером в одном пикосети и подчиненном в других пикосети. С помощью scatternets возможна более высокая пропускная способность, и возможны соединения с несколькими переходами между

устройствами в разных пикосети. К сожалению, аппаратное обеспечение, доступное на рынке, по-прежнему не поддерживает эту функцию по нескольким причинам:

1. Спецификация не дает возможности подчиненному требовать режим парковки, удержания или исследования, но может запросить только у ведущего, поэтому нет гарантии, что подчиненному устройству будет разрешено покинуть одну пикосеть и присоединиться к другому;
2. Каждый раз, когда устройство переключается между пикосетами, оно может потерять до двух слотов для связи из-за различий в часах пикосети;
3. Переключение между пикосетями таким образом, чтобы поддерживать связь с устройствами бесперебойными.

Предлагаются несколько схем для работы в режиме scatternet [2], [3], но до сих пор ни одна из них не реализована. Возможное решение, прежде чем scatternet будет поддерживаться аппаратным обеспечением Bluetooth, может заключаться в выполнении переключения между пикосети на уровне приложения. Предлагаемые механизмы построения scatternet предполагают, что все узлы в сети являются одноранговыми узлами. Смягчающее обстоятельство для сенсорных сетей заключается в том, что шлюз может использоваться для установления установки scatternet. Используя такой централизованный подход, можно создать более оптимальную топологию сети и упростить планирование, распределение полосы пропускания и маршрутизацию [24]. Тем не менее, есть несколько дополнительных запросов для scatternets в сетях датчиков, которые усложняют строительство scatternet. Различные типы датчиков производят различный объем данных (например, видеодатчик и датчик температуры). Если слишком много датчиков с высоким выходом подключены к одной ветви в scatternet, это может вызвать перегрузку канала или переполнение буфера в промежуточных узлах. Следовательно, во время построения топологии скат-сети необходимо учитывать такие параметры, как количество датчиков, количество данных, генерируемых датчиком на измерение и размер буфера.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Спецификация Bluetooth, http://www.bluetooth.com , (дата обращения 10.03.2018)
2. *T. Salonidis, P. Bhagwat, L. Tassiulas, R. LaMaire*, Distributed Topology Construction of Bluetooth Personal Area Networks
3. *N. Johansson, F. Alriksson, U. Jönsson*, «JUMP Mode - A Dynamic Window-based Scheduling Framework for Bluetooth Scatternets», Proceeding of the Mobicom 2001, Rome, Italy, July 2001.

**В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, Г.А. Артозей, Ю.Ю. Янкина**

# СРАВНЕНИЕ СПИСОЧНОГО И ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ РЕШЕНИИ ОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ С НЕОДНОРОДНОСТЯМИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: однородная задача, генетический алгоритм, скрещивание, мутация, метод критического пути, модель Голдберга, теория расписаний.

В статье сравниваются списочный и генетический алгоритм. Среди списочных алгоритмов был выбран метод критического пути и его модификации при помощи различных сортировок матрицы заданий. В качестве генетического алгоритма используется модифицированная модель Голдберга, где по очереди каждая особь скрещивается с любой, образуя двух потомков. Из двух потомков выбирается более приспособленный и если он лучше родителя, то занимает его место в поколении. Данными методами будут решены однородные задачи, особенность которых заключается в том, что матрица заданий будет содержать неоднородности. Поскольку аналитически доказать преимущества одного подхода перед другим не представляется возможным, было реализовано программное средство, с помощью которого были получены результаты и сделан вывод.

**V.G. Kobak, A.G. Zhukovskiy, G.A. Artozey,Yu.Yu. Yankina**

# COMPARISON OF THE LIST AND GENETIC APPROACH WHILE SOLVING A UNIFORM MINIMAX TASK

Key words: homogeneous problem, genetic algorithm, crossing, mutation, critical path method, Goldberg model, scheduling theory.

The article compares the list and genetic algorithm. Among the list algorithms, the method of the critical path and its modification was chosen using various sorts of the job matrix. As a genetic algorithm, a modified Goldberg model is used, where in turn each individual crosses with any one, forming two offspring. Of the two descendants, the more suitable one is chosen and if it is better than the parent, it takes its place in the generation. These methods will solve homogeneous problems, the peculiarity of which lies in the fact that the matrix of tasks will contain heterogeneities. Since it is not possible to prove analytically the advantages of one approach over another, a software tool was implemented, with the help of which results were obtained and a conclusion was drawn.

## Введение

Теория расписаний (ТР) – это раздел исследования операций, в котором строятся и анализируются математические модели календарного планирования (т.е. упорядочивания

во времени) различных целенаправленных действий с учетом целевой функции и различных ограничений [1]. В ТР существуют задачи, которые принадлежат к классу NP-полных. Нахождение оптимального решения для такого класса задач невозможно, однако существует ряд алгоритмов, которые дают субоптимальное решение, среди которых метод критического пути и генетический алгоритм. Рассматриваемая в этой статье однородная минимаксная задача относится к классу NP-полных. Особенность исследуемой однородной задачи заключается в том, что она содержит неоднородности. Формирование расписание состоит из распределения заданий по рабочим станциям, неоднородность в этом случае отражает невозможность выполнения работы.

Постановка задачи подробно приведена в работе [2].

**Метод критического пути (МКП).** Данный метод относится к списочным алгоритмам. Принцип МКП заключается в том, что очередное задание из списка заданий, назначается на процессор с самой минимальной суммарной загрузкой. Модификация алгоритма будет осуществляться путем сортировки матрицы заданий различными способами:

Модификация 1. По убыванию значений нагрузки.

Модификация 2. По количеству бесконечностей в строке матрицы.

Модификация 3. По убыванию нагрузки, но при одинаковых значениях, они упорядочиваются по убыванию количества неоднородностей.

**Генетический алгоритм.** Для решения минимаксной задачи с неопределенностями была выбрана модификация модели Голдберга, в которой по очереди первым родителем становится каждая особь, а второй родитель выбирается случайным образом. Из 2-х получившихся потомков выбирается сильнейший, и если он лучше первого родителя, становится на его место.

Распишем этот алгоритм пошагово:

Шаг 1. Формируется начальное поколение, оцениваем каждую особь на выживаемость.

Шаг 2. Производим скрещивание и мутацию для каждой особи поочередно.

Шаг 3. Проверяем условие окончания алгоритма (неизменность лучшего решения на протяжении заданного количества повторений). Иначе переходим к шагу 2.

Шаг 4. Лучшую особь определяем, как решение [3,4].

При использовании модифицированной модели Голдберга использовались одноточечный кроссовер и мутация [5,6]. Схема одноточечного кроссовера представлена на рисунке 1.

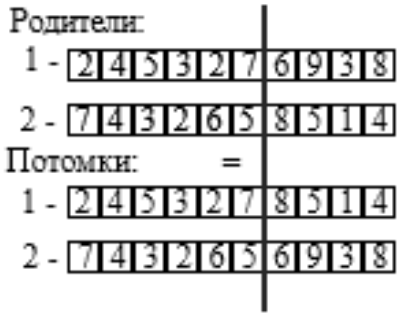



Рисунок 1 – схема одноточечного кроссовера.

Распишем схему мутации пошагово:

Шаг 1. Случайным образом выбираем ген.

Шаг 2. Конвертируем число двоичную систему счисления.

Шаг 3. Случайным образом выбираем бит? и инвертируем его.

Шаг 4. Переводим полученное число обратно в десятичную систему счисления.

На рисунке 2 проиллюстрирована схема мутации.

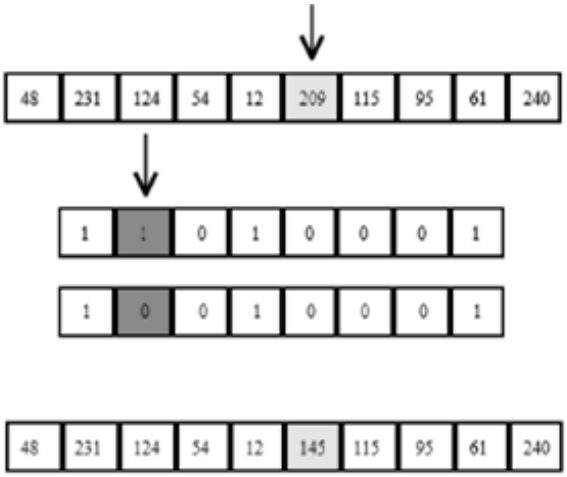



Рисунок 2 – схема мутации.

Особь хранит распределение заданий по рабочим станциям, если выбранный ген указывает на невозможность выполнения задания, то алгоритм повторяется до трех раз, в противном случае мутация не происходит.

**Вычислительный эксперимент.** Для сравнения списочного и генетического подхода было реализовано программное средство, проведен вычислительный эксперимент для оценки эффективности алгоритмов. Программное средство написано на языке C# в среде программирования Visual Studio 2015. Аппаратное обеспечение базируется на процессоре Intel Core i7-4700U, операционная система Windows 10.

Описание эксперимента: было проведено 50 запусков в каждом из которых матрица заданий была отсортирована одним из способов сортировки, после чего выполнялся метод критического пути, затем еще 50 раз выполнялся генетический алгоритм, который опирался на отсортированную матрицу заданий, все результаты, полученные Г.А. сравнивались с МКП. Усредненные значения результатов представлены в таблицах.

Количество различных матриц для расчета средних значений сгенерировано 50. Диапазон нагрузки, который работа может принимать при выполнении на процессоре, — [25;30] . Вероятность кроссовера и вероятность мутации – 1, т.е. выполняется в любом случае. Количество особей в популяции – 50. Количество повторений лучшего решения – 50. Количество повторов генетического алгоритма для каждого расчета метода критического пути 50.

Таблица 1 – усреднённые значения, где матрица заданий не сортировалась.

| M | N | МКП | Г.А | Сравнение 50 результатов Г.А. с МКП | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Г.А = МКП | Г.А > МКП | Г.А < МКП |
| 31 | 4 | 224,58 | 217,9936 | 1,04 | 0,08 | 48,88 |
| 31 | 3 | 256,24 | 246,4408 | 0,28 | 0 | 49,72 |
| 31 | 2 | 443,02 | 429,422 | 0,26 | 0,04 | 49,7 |

Таблица 2 – усреднённые значения, где матрица заданий упорядочена сортировкой 1.

| M | N | МКП | Г.А | Сравнение 50 результатов Г.А. с МКП | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Г.А = МКП | Г.А > МКП | Г.А < МКП |
| 31 | 4 | 226,46 | 217,98 | 0,5 | 0 | 49,5 |
| 31 | 3 | 256,06 | 246,41 | 0,56 | 0,02 | 49,42 |
| 31 | 2 | 443,14 | 429,4088 | 1,26 | 0,12 | 48,62 |

Таблица 3 – усреднённые значения, где матрица заданий упорядочена сортировкой 2.

| M | N | МКП | Г.А | Сравнение 50 результатов Г.А. с МКП | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Г.А = МКП | Г.А > МКП | Г.А < МКП |
| 31 | 4 | 226,6 | 218,0176 | 0,36 | 0 | 49,64 |
| 31 | 3 | 255,8 | 246,464 | 0,84 | 0 | 49,7 |
| 31 | 2 | 442,64 | 429,4148 | 1,24 | 0 | 48,76 |

Таблица 4 – усреднённые значения, где матрица заданий упорядочена сортировкой 3.

| M | N | МКП | Г.А | Сравнение 50 результатов Г.А. с МКП | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Г.А = МКП | Г.А > МКП | Г.А < МКП |
| 31 | 4 | 228,86 | 217,9896 | 0,66 | 0 | 49,34 |
| 31 | 3 | 256,02 | 246,4248 | 0,72 | 0 | 49,28 |
| 31 | 2 | 443,22 | 429,4108 | 1,28 | 0 | 48,72 |

**Выводы**

Проведенное исследование показывает превосходство генетического алгоритма в эффективности нахождения решения максимально приближенного к оптимальному по сравнению со списочными алгоритмами. Однако генетический алгоритм занимает большее количество времени для нахождения решения, нежели списочный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Лазарев А.А.* Теория расписаний. Задачи и алгоритмы – М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), 2011. — 222 с.
2. *Алексеев О.Т.* Комплексное применение методов дискретной оптимизации – М.: Наука, 1987г.
3. Эффективные методы решения однородных распределительных задач на основе минимаксного критерия / В.Г. Кобак [и др.]. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 99 с.
4. *Кобак В.Г.* Методический подход к улучшению работы генетического алгоритма в однородной минимаксной задаче / В.Г. Кобак, Д.В. Титов, В.В. Кобак // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2010. — Т. 10, № 4(47) . — С. 474–479.
5. *Кобак В.Г.* Повышение эффективности генетического алгоритма на базе модели Голденберга за счет применения элиты / В.Г. Кобак, Д.В. Титов, Д.В. Плешаков, О.А.Золотых // Известия вузов. Северо-кавказский регион. — 2014. — Технические науки, № 3 . — С. 12–15.

6. *Кобак В.Г.* Повышение эффективности генетического алгоритма на базе модели Голденберга за счет применения элиты / В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, О.А. Золотых, А.Н. Ростов // Известия вузов. Северо-кавказский регион. — 2016. — Технические науки, № 1 . — С. 41–46.

**В.Г. Кобак[1], А.Г. Жуковский[2], А.П. Кузин[1], Д.А. Жуковский[2]**

## ИССЛЕДОВАНИЕ БАЗОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЕГО КАК ТОЧНОГО РЕШЕНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: модифицированная модель Голдберга, генетические алгоритмы, мутация, кроссовер, особь, поколение, теория расписаний, неоднородная минимаксная задача.

В статье исследуется влияние количества особей в поколении и повторов на точность и время, необходимое для получения решения генетическим алгоритмом на примере неоднородной минимаксной задачи.

**V.G. Kobak[1], A.G. Zhukovskiy[2], A.P. Kuzin[1], D.A. Zhukovskiy[2]**

## INVESTIGATION OF THE GENETIC ALGORITHM BASIC PARAMETERS FOR SOLVING INHOMOGENEOUS MINIMAX PROBLEM, WHEN IT USE AS AN EXACT SOLUTION

[1] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

[2] North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: Modified Goldberg model, genetic algorithms, mutation, crossover, individual, generation, scheduling theory, inhomogeneous minimax problem.

In article are investigated influence individuals number in the generation and repetitions number on the accuracy and time required to obtain a solution by a genetic algorithm for an inhomogeneous minimax problem example.

При решении ряда задач теории расписаний существенное влияние оказывает порядок, в котором функциональные операторы выполняются. В рамках теория расписаний исследуются алгоритмы, позволяющие упорядочить или другими словами определить последовательность выполнения совокупности работ таким образом, чтобы время выполнения задачи распределения в целом было минимальным. Задача получения оптимального упорядочивания работ относится к NP-полным задачам, трудоемкость решения которой определяется как $O(n^m)$, где $O$ - временная асимптотическая сложность алгоритма, а $n, m$ - целое число больше единицы [1]. Практическая актуальность решения таких задач определяется возможностью экономии машинного времени. Для решения поставленной задачи используются различные алгоритмы, позволяющие получить точное или приближенное решение, рассмотренные в [2-5]. В данной работе в качестве базового алгоритма для решения неоднородной минимаксной задачи возьмем модифицированную модель Голдберга [6] и исследуем можно ли ее использовать как точное решение. Так как аналитическое решение данной проблемы практически невозможно, то для анализа влияния таких параметров генетического алгоритма как количество особей и повторов было написано программное средство на языке программирования Microsoft Visual C#. В ходе эксперимента оценивались такие критерии как время, затраченное на получение решения и точность работы алгоритма. По точность понимается какой процент полученных результатов работы генетического алгоритма, полученных в ходе 100 экспериментов, соответствует точному решению. В качестве точного решения используется значения, полученные при использовании метода полного перебора. В таблице 1 представлены результаты, полученные для минимаксных задач различной размерности.

Таблица №1 – Результат оценки влияния количества особей и повторов на точность результатов

| **Количество процессоров*количество задач** | **2*19** | **3*17** | **3*19** | **4*17** |
|---|---|---|---|---|
| | **Размер популяции - 25, количество повторов -25** | | | |
| Время поиска решения при помощи ГА (для 100 экспериментов) | 0,240 | 0,265 | 0,286 | 0,246 |
| Процент точных решений полученных при помощи ГА | 60 | 5 | 13 | 0 |
| | **Размер популяции - 50, количество повторов -50** | | | |
| Время поиска решения при помощи ГА (для 100 экспериментов) | 0,759 | 0,815 | 0,931 | 0,910 |
| Процент точных решений полученных при помощи ГА | 90 | 22 | 44 | 24 |
| | **Размер популяции - 100, количество повторов -100** | | | |
| Время поиска решения при помощи ГА (для 100 экспериментов) | 2,515 | 2,963 | 2,988 | 3,206 |
| Процент точных решений полученных при помощи ГА | 100 | 51 | 87 | 71 |
| | **Размер популяции – 200, количество повторов -200** | | | |
| Время поиска решения при помощи ГА (для 100 экспериментов) | 9,144 | 10,059 | 10,882 | 11,348 |
| Процент точных решений полученных при помощи ГА | 100 | 94 | 100 | 96 |
| | **Размер популяции - 400, количество повторов -400** | | | |
| Время поиска решения при помощи ГА (для 100 экспериментов) | 35,210 | 34,868 | 42,859 | 44,684 |
| Процент точных решений полученных при помощи ГА | 100 | 94 | 100 | 100 |
| | **Размер популяции - 800, количество повторов - 800** | | | |
| Время поиска решения при помощи ГА (для 100 экспериментов) | 135,651 | 132,012 | 166,786 | 179,217 |
| Процент точных решений полученных при помощи ГА | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **Время поиска точного решения** | **0,155** | **37,173** | **333,325** | **5340,227** |

Для более детального анализа эффективности работы генетического алгоритма в зависимости от количества особей и повторов рассмотрим случай для 4 устройств и 19

задач (таблица 2). Для такой задачи время решения точным методом составляет порядка 85375 секунд.

Глядя на полученные результаты, можно оценить выигрыш по времени для генетического алгоритма по сравнению с точным методом решения. В случае 2000 особей и 2000 повторов полученная точность составляет 99%, а выигрыш по времени составляет ≈87 раз для суммы времени 100 экспериментов. В данном случае если взять время одного эксперимента, то выигрыш составит уже ≈870 раз, а также можно сказать, что при таких параметрах эксперимента вероятность получить точное решение после одного эксперимента равна 0,99.

Таблица №2 – Результат оценки влияния количества особей и повторов на точность результатов на примере с 4 устройствами и 19 задачами

| **Размер популяции*кол-во повторов** | **100*100** | **200*200** | **400*400** | **800*800** | **1200*1200** | **1600*1600** | **2000*2000** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Время | 3,770 | 12,471 | 45,306 | 167,122 | 369,197 | 643,539 | 980,007 |
| Точность | 3 | 10 | 39 | 71 | 86 | 97 | 99 |

График зависимости времени, затраченного на поиски решения, от количества особей и повторов показан на рисунке 1.

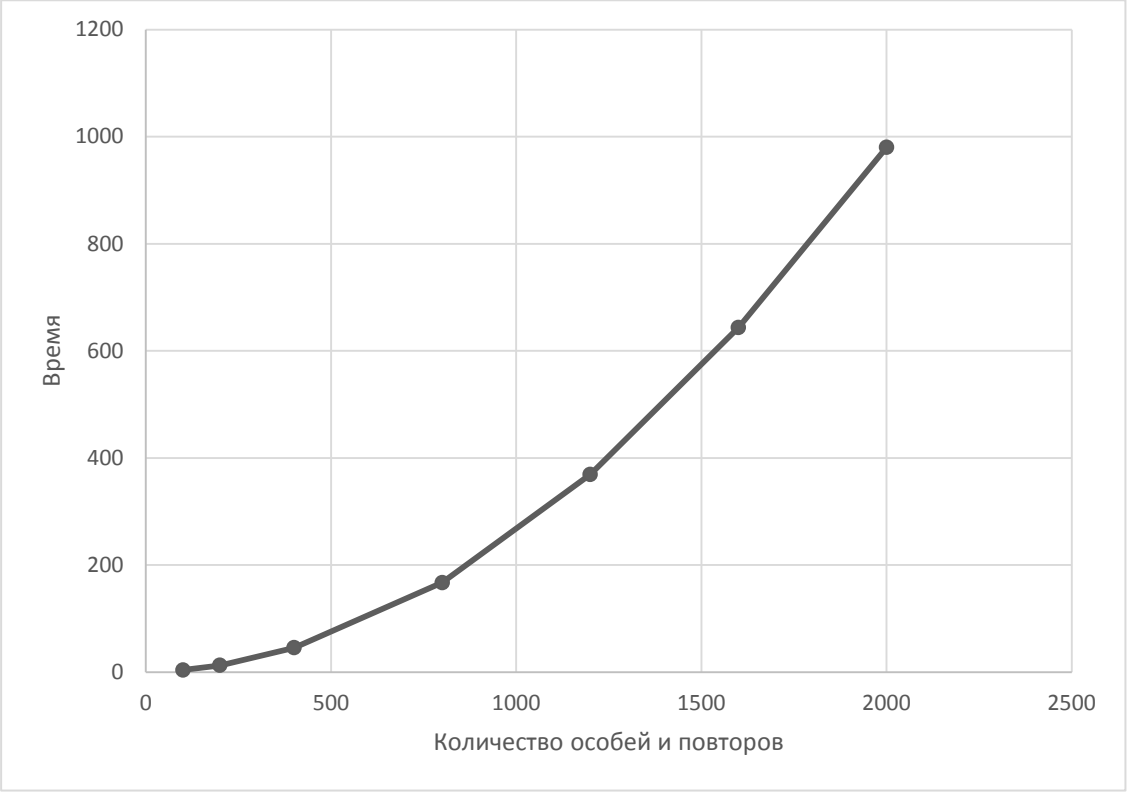



Рис.1 – График зависимости времени решения от количества особей и повторов

График зависимости точности, полученного решения, от количества особей и повторов показан на рисунке 2.

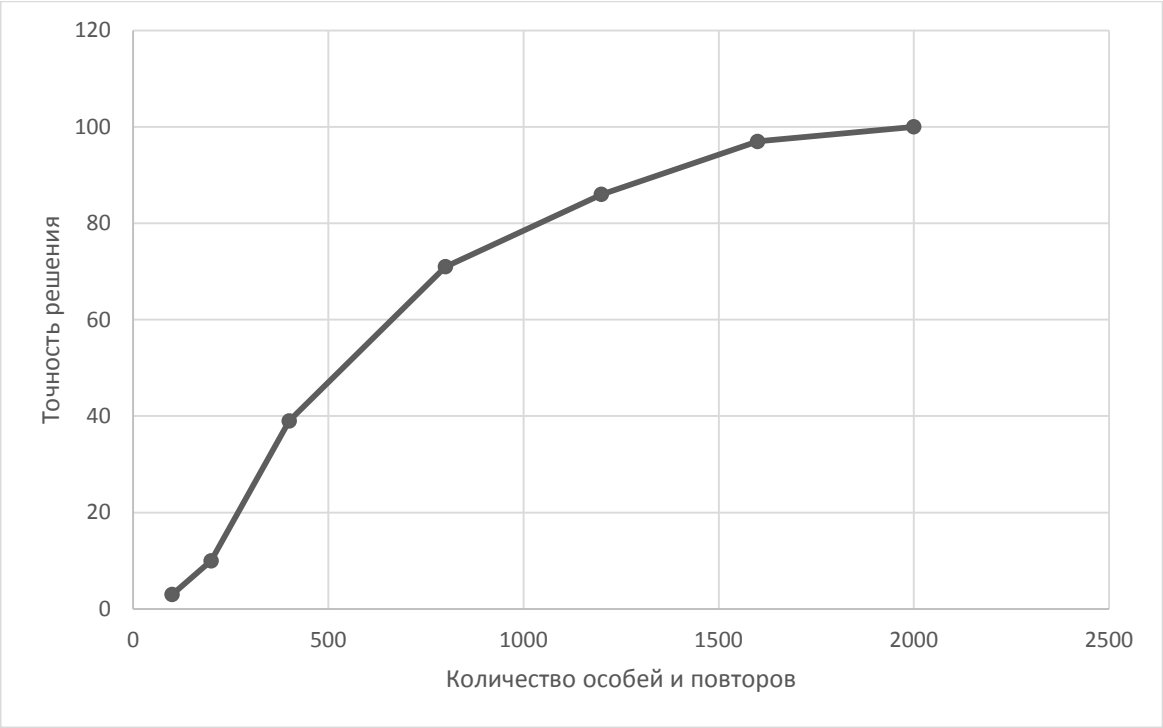



Рис.2 – График зависимости точности решения от количества особей и повторов

Исходя из представленных графиков можно увидеть, что зависимость времени, получения результатов генетического алгоритма, от количества используемых особей и повторов близка к линейной. Из чего можно сделать вывод что при использовании генетического алгоритма, для решения неоднородной минимаксной задачи небольшой размерности гораздо экономнее использовать модифицированную модель Голдберга чем метод полного перебора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев О.Т.* Комплексное применение методов дискретной оптимизации. М.: Наука, 1987.
2. *Кобак В. Г., Титов Д.В.* Исследование турнирного отбора в генетическом алгоритме для решения однородной минимаксной задачи, Математические методы в технике и технологиях — ММТТ — 21: сб. трудов Междунар. науч. конф. — Саратов, 2008. — Т.5.
3. *Кобак В.Г., Щербинина Н.И., Жуковский А.Г.* Исследование поколенческой стратегии при решении однородной и неоднородной минимаксной задачи различными модификациями генетического алгоритма. Научно-образовательный и прикладной журнал. Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: технические науки. Издательство: Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону). Номер: 4 (192) Год: 2016. Страницы: 3-10
4. *В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, А.А. Манин, А.А. Пешкевич.* Использование гибридного алгоритма при решении задачи коммивояжёра небольшой размерности. Труды Северо-Кавказского филиала московского технического университета связи и информатики. Ч.1: сб. науч. работ по результатам междунар. науч-практ. конф. СКФ МТУСИ «Инфоком-2017».

5. *В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, В.М. Поркшеян.* Решение однородной минимаксной задачи исландской моделью, где в качестве островов выступает модифицированная модель Голдберга. Труды Северо-Кавказского филиала московского технического университета связи и информатики. Ч.1: сб. науч. работ по результатам междунар. науч-практ. конф. СКФ МТУСИ «Инфоком-2017».
6. *Кобак В. Г., Поркшеян В.М., Кузин А.П.* Использование различных вариантов мутации при решении неоднородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга // Научно практический журнал «Аspирант». 2017. №10. стр. 26-29.

**В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, В.М. Поркшеян, А.А. Пешкевич**

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛЬЮ ГОЛДБЕРГА С МАКРОМУТАЦИЯМИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: задача коммивояжёра, генетический алгоритм, ген, турнирный отбор, путевое представление, кроссовер, пропорциональный отбор, макромутация, мутация.

В статье рассмотрено сравнение различных модификаций генетического алгоритма с использованием путевого подхода. Для путевого представления используется упорядоченный кроссовер и «жадная» мутация. В качестве модификаций генетического алгоритма используются следующие варианты: пропорциональный отбор, турнирный отбор, пропорциональный отбор с макромутациями, турнирный отбор с с макромутациями. Для решения задачи коммивояжёра указанными способами реализовано программное средство, с помощью которого получены результаты и сделан вывод о том, что использование макромутаций позволяет получить практически оптимальное решение для графа с количеством вершин равное 76.

**V.G. Kobak, A.G.Zhukovskiy, V.M. Porksheyan, A.A. Peshkevich**

## THE SOLUTION TO THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM A MODIFIED MODEL OF GOLDBERG WITH MACROMUTATION

Don State Technical University, Rostov-on-don, Russia

Key words: traveling salesman problem, genetic algorithm, gene, tournament selection, track representation, crossover, proportional selection, macromutation, mutation.

The article deals with the comparison of different modifications of the genetic algorithm using the way approach. An ordered crossover and a "greedy" mutation are used for the track representation. The following variants are used as modifications of the genetic algorithm: proportional selection, tournament selection, proportional selection with macromutations, tournament selection with macromutations. To solve the traveling salesman problem by these methods, a software tool is implemented, with the help of which the results are obtained and it is concluded that the use of macromutations makes it possible to obtain an almost optimal solution for a graph with the number of vertices equal to 76.

## Введение

Задача коммивояжера – классическая задача комбинаторной оптимизации [1]. Смысл задачи заключается в поиске самого выгодного маршрута, проходящего через требуемые города единожды и затем возвращающегося в исходный город, т.е. в отыскании кратчайшего гамильтонова цикла в графе [2]. Оптимизационная постановка задачи относится к классу NP-полных задач, различные способы решения которых рассматривались в ряде работ [3-9]. Для определения меры выгодности маршрута допустимо использовать суммарное время в пути, суммарная стоимость затрат на перемещение, или, в простейшем случае, длина маршрута.

Ричард Карп в 1972 году доказал NP-полноту задачи поиска гамильтоновых путей. Из этого положения, благодаря полиномиальной сводимости, вытекала NP-трудность задачи коммивояжера. На основе этих свойств Карп привел теоретическое обоснование сложности поиска решений задачи на практике. Большое количество современных распространенных методов дискретной оптимизации, таких как метод отсечений, ветвей и границ и различные варианты эвристических алгоритмов, было разработано на примере задачи коммивояжера.

## Формальное определение задачи коммивояжера

Для возможности применения математического аппарата для решения проблемы, ее следует представить в виде математической модели. Проблему коммивояжера можно представить в виде модели на графе, то есть, используя вершины и ребра между ними. Таким образом, вершины графа соответствуют городам, а ребра $(i, j)$ между вершинами $i$ и $j$ — пути сообщения между этими городами. Каждому ребру $(i, j)$ можно сопоставить критерий выгодности маршрута $c_{i,j} \geq 0$, который можно понимать как, например, расстояние между городами, время или стоимость поездки. При отыскании оптимального маршрута выбор происходит среди гамильтоновых циклов гамильтонова графа.

Гамильтонов граф — математический объект теории графов. Представляет собой граф, который содержит гамильтонов цикл.

Гамильтоновым циклом называется маршрут, включающий ровно по одному разу каждую вершину графа. В соответствии с рисунком 1 гамильтонов цикл можно найти в графе додэкаэдра.

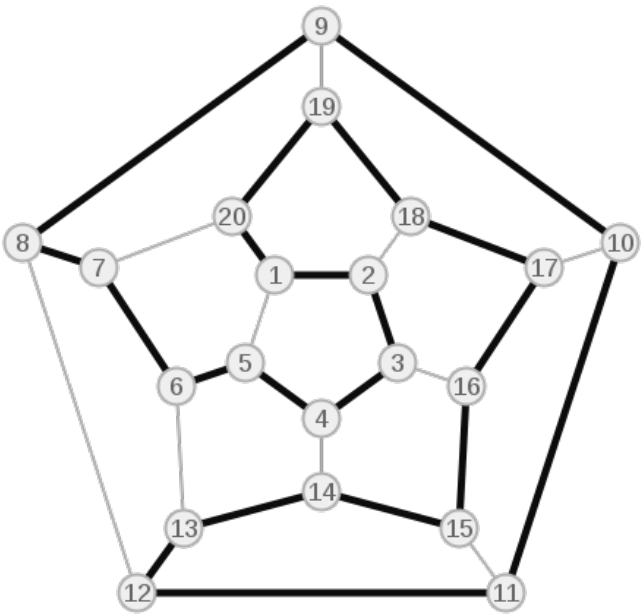



**Рисунок 1 – Граф додекаэдра с выделенным циклом Гамильтона**

В целях упрощения задачи и гарантии существования маршрута, обычно считается, что модельный граф задачи является полностью связным, то есть, что между произвольной парой вершин существует ребро. В тех случаях, когда между отдельными городами не существует сообщения, этого можно достичь путем ввода ребер с максимальной длиной. Из-за большой длины такое ребро никогда не попадет к оптимальному маршруту, если он существует.

**Подходы решения.**

Кроме точного метода полного перебора существуют эвристические методы, с помощью которых находят не самый эффективный маршрут, а приближенное значение. В их числе следующие методы:

- метод ближайшего соседа;
- метод включения ближайшего города;
- метод самого дешевого включения;
- метод минимального остовного дерева;
- метод имитации отжига;
- метод ветвей и границ;
- метод эластичной сети;
- метод генетических алгоритмов;
- алгоритм муравьиной колонии.

В данной работе рассматривается использование генетических алгоритмов и их модификаций. Существует большое разнообразие генетических алгоритмов. Часто можно встретить использование простого ГА (Simple GA, D. Goldberg), он отличается от канонического тем, что использует либо рулеточный, либо турнирный отбор. Модель канонического ГА имеет следующие характеристики:

- фиксированный размер популяции;
- фиксированная разрядность генов;

– пропорциональный отбор;
– особи для скрещивания выбираются случайным образом;
– одноточечный кроссовер и одноточечная мутация;
– следующее поколение формируется из потомков текущего поколения без «элитизма». Потомки занимают места своих родителей.

На практике часто используют модель СНС. Данный алгоритм довольно быстро сходится из-за того, что в нем нет мутаций, используются популяции небольшого размера, и отбор особей в следующее поколение ведется и между родительскими особями, и между их потомками. В силу этого после нахождения некоторого решения алгоритм перезапускается, причем лучшая особь копируется в новую популяцию, а оставшиеся особи являются сильной мутацией (мутирует примерно треть битов в хромосоме) существующих и поиск повторяется.

Новизна данной работы заключается в исследовании точностных и временных характеристик модифицированной модели Голдберга при решении задачи коммивояжера с использованием макромутаций. Модификация турнирного отбора при использовании модели Голдберга следующая: производится сравнение двух потомком с первым родителем; При использовании макромутации лучшая особь запоминается и переходит в начальное поколение. Остальные особи подвергаются сильной мутации (обмену элементами относительно середины особи) и до формируют начальное поколение. Процесс функционирования модифицированной модели Голдберга продолжается и так может повторятся несколько раз. Также в работе используется путевое представления маршрута в виде хромосомы с упорядоченным кроссовером и «жадной» мутацией. Для определения преимуществ данного подхода был поставлен вычислительный эксперимент, так как аналитически доказать преимущества невозможно.

**Вычислительный эксперимент**

Для сравнения эффективности модифицированной модели Голдберга и модели Голдберга с макромутациями поставлены вычислительные эксперименты, позволяющие получить статистику решений и оценить эффективность работы алгоритма.

Эксперименты проводились на тестовых графах из пакета TSP_LIB[4] Гейдельбергского университета, Гейдельберг, Германия. Тестовый граф представляет 76 городов. Указан кратчайший маршрут с началом в первом городе длиной 538, который удалось определить разработчикам пакета.

Значения входных параметров алгоритма: 1000 особей, 1000 повторов до останова, 99% вероятность кроссовера и мутации, маршрут начинается в первом городе. Результаты моделирования представлены в таблице №1.

**Таблица №1 – Результаты эксперимента на графе 76 вершин**

| | | До усиления | | | 3 усиления | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Avr | Min | N | Avr | Min | N |
| 500 | Турнирный | 452 | 438 | 2 | 443 | 432 | 1 |
| | Пропорциональный | 474 | 439 | 1 | 453 | 431 | 1 |
| 1000 | Турнирный | 447 | 436 | 2 | 439 | 427 | 1 |
| | Пропорциональный | 461 | 438 | 2 | 446 | 433 | 1 |
| | | До усиления | | | 2 усиления | | |
| | | Avr | Min | N | Avr | Min | N |
| 500 | Турнирный | 453 | 435 | 1 | 442 | 428 | 2 |
| | Пропорциональный | 468 | 436 | 1 | 455 | 434 | 1 |
| 1000 | Турнирный | 444 | 430 | 1 | 438 | 427 | 3 |
| | Пропорциональный | 459 | 441 | 1 | 449 | 429 | 1 |
| | | До усиления | | | 1 усиление | | |
| | | Avr | Min | N | Avr | Min | N |
| 500 | Турнирный | 453 | 436 | 2 | 443 | 427 | 2 |
| | Пропорциональный | 474 | 445 | 1 | 456 | 434 | 1 |
| 1000 | Турнирный | 444 | 427 | 2 | 438 | 427 | 3 |
| | Пропорциональный | 462 | 432 | 1 | 450 | 432 | 1 |

Где Avr – среднее значение, Min – минимальное значение, N – количество попаданий в минимальное значение.

**Выводы**

Результаты вычислительного эксперимента демонстрируют эффективность использования модифицированной модели Голдберга для решения задачи коммивояжёра по сравнению с пропорциональным подходом. Из таблицы видно, что подход позволяет получить практически оптимальное решение для тестового графа с количеством вершин 76. Также из таблицы можно определить, что использование модификации заключающейся в дополнительном использовании макромутации дает существенное повышение точности получаемого решения как в среднем, так и в абсолютном значении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Задача коммивояжера // Википедия – Свободная энциклопедия URL https://ru.wikipedia.org/ wiki/Задача_коммивояжера(дата обращения 30.01.2018).
2. *Гладков, Л.А.* Генетические алгоритмы. Учебное пособие / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – Ростов-на-Дону, Ростиздат, 2004;
3. *Кормен, Т.* Алгоритмы: построение и анализ // Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн; под ред. Л.Н. Красножан. – М., Вильямс, 2013. – 1328 с.
4. *Кобак В.Г., Жуковский А.Г., Золотых О.А., Ростов А.Н.* Различные подходы к решению однородной минимаксной задачи теории расписаний эвристическими алгоритмами. Научно-образовательный и прикладной журнал. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. Выпуск 1, март 2016.
5. *Кобак В.Г., Жуковский А.Г., Щербинина Н.И.* Исследование влияния различных видов миграций при решении минимаксной задачи островной моделью статья. Научно-

образовательный и прикладной журнал. Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Технические науки. Выпуск 2, 2016.
6. *Кобак В.Г., Жуковский А.Г., Золотых О.А., Ростов А.Н.* Решение однородной минимаксной задачи различными модификациями алгоритма Крона. Научно-образовательный и прикладной журнал. Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: технические науки. Издательство: Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону). Номер: 3 (191) Год: 2016.
7. *Кобак В.Г., Щербинина Н.И., Жуковский А.Г.* Исследование поколенческой стратегии при решении однородной и неоднородной минимаксной задачи различными модификациями генетического алгоритма. Научно-образовательный и прикладной журнал. Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: технические науки. Издательство: Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону). Номер: 4 (192) Год: 2016. Страницы: 3-10
8. *В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, А.А. Манин, А.А. Пешкевич.* Использование гибридного алгоритма при решении задачи коммивояжёра небольшой размерности. Труды Северо-Кавказского филиала московского технического университета связи и информатики. Ч.1: сб. науч. работ по результатам междунар. науч-практ. конф. СКФ МТУСИ «Инфоком-2017».
9. *В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, В.М. Поркшеян.* Решение однородной минимаксной задачи исландской моделью, где в качестве островов выступает модифицированная модель Голдберга. Труды Северо-Кавказского филиала московского технического университета связи и информатики. Ч.1: сб. науч. работ по результатам междунар. науч-практ. конф. СКФ МТУСИ «Инфоком-2017».

**В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, С.А. Швидченко, А.А. Пешкевич**

## СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ ТУРНИРНОГО ОТБОРА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛЬЮ ГОЛДБЕРГА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: задача коммивояжёра, генетический алгоритм, ген, турнирный отбор, путевое представление, кроссовер, упорядоченный кроссовер, жадная мутация.

В статье рассмотрено сравнение различных модификаций турнирного отбора особей при решении задачи коммивояжёра с использованием генетического алгоритма с использованием путевого подхода. Для путевого представления используется упорядоченный кроссовер и «жадная» мутация. Присутствует одна элитная особь. В качестве модификаций турнирного отбора используются следующие варианты: сравнение

потомков только с первым родителем, только со вторым, лучшим из двух, худший из двух, с вероятностью 50% с лучшим и 50% с худшим. Для решения задачи коммивояжёра указанным способом реализовано программное средство, с помощью которого получены результаты и сделан вывод о том, что использование модификаций турнирного отбора при решении позволяет получить субоптимальное решение для графа с количеством вершин более 66.

**V.G. Kobak, A.G.Zhukovskiy, S.A.Shvidchenko, A.A. Peshkevich**

## COMPARISON OF DIFFERENT APPROACHES OF TOURNAMENT SELECTION FOR SOLVING THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM A MODIFIED MODEL GOLDBERG

Don state technical university, Rostov-on-don, Russia

Key words: traveling salesman problem, genetic algorithm, gene, tournament selection, track representation, crossover, ordered crossover, greedy mutation.

The article deals with the comparison of different modifications of tournament selection of individuals in solving the traveling salesman problem using a genetic algorithm using the path approach. An ordered crossover and a "greedy" mutation are used for the track representation. There is one elite individual. Modifications as tournament selection uses the following options: a comparison of descendants with only the first parent only with the second, the better of the two, the worst of the two, with a probability of 50% better and 50% worse. To solve the traveling salesman problem, a software tool is implemented in this way, with the help of which the results are obtained and it is concluded that the use of modifications of tournament selection in solving allows to obtain a suboptimal solution for a graph with the number of vertices greater than 66.

### Введение

Задача коммивояжера является классической задачей комбинаторной оптимизации. Смысл задачи состоит в отыскании самого выгодного маршрута, который проходит через требуемые города единожды и затем возвращается в исходный город, т.е. в нахождении кратчайшего гамильтонова цикла в графе[1].

Оптимизационная постановка задачи относится к классу NP-полных задач[2]. NP-полной является такая задача, для решения которой не разработано алгоритмов с полиномиальным временем работы. Однако нет доказательств отсутствия существования такого алгоритма. NP-полные задачи могут быть проверены в течение полиномиального времени.

В качестве меры выгодности маршрута может служить суммарное время в пути, суммарная стоимость дороги, или, в простейшем случае, длина маршрута.

Эта задача может быть решена перебором всех вариантов объезда и выбором оптимального. Но проблема в том, что количество возможных маршрутов очень быстро возрастает с ростом $n$ – количества городов (оно равно $n!$ — количеству способов упорядочения пунктов). К примеру, для 100 пунктов количество вариантов будет представляться 158-значным числом. Мощная ЭВМ, способная перебирать миллион

вариантов в секунду, будет решать эту задачу на протяжении примерно $3*10^{144}$ лет. Увеличение производительности ЭВМ в 1000 раз даст хоть и меньшее в 1000 раз, но по-прежнему большое время перебора вариантов. Несмотря на то, что для каждого варианта маршрута имеется $2*n$ равноценных, отличающихся выбором начального пункта ($n$ вариантов) и направлением обхода (2 варианта), перебор с учётом этого наблюдения сокращается незначительно — до $\frac{n!}{2*n} = \frac{(n-1)!}{2}$ вариантов. Таким образом, задача коммивояжера относится к числу трансвычислительных, так как при количестве городов более 66 её невозможно решить методом перебора вариантов, то есть она находится за пределом Бремерманна.

**Подходы решения.**

В работе используется модифицированная модель Голдберга [3], некоторые разновидности которой ранее были рассмотрены в работах [4,5]. Модификации турнирного отбора используются следующие:

- сравнение двух потомком с первым родителем;
- сравнение двух потомков со вторым родителем;
- сравнение двух потомков с лучшим из родителей;
- сравнение двух потомков с худшим из родителей;
- сравнение двух потомков с лучшим с вероятностью 50% или худшим с вероятностью 50%.

В работе используется путевое представления маршрута в виде хромосомы[3] с упорядоченным кроссовером и «жадной» мутацией.

**Вычислительный эксперимент**

В рамках сравнения эффективности гибридного алгоритма и модифицированной модели Голдберга поставлены вычислительные эксперименты, позволяющие получить статистику решений и оценить эффективность работы алгоритма при разных модификациях отбора.

Эксперименты проводились на тестовых графах из пакета TSP_LIB[6] Гейдельбергского университета, Гейдельберг, Германия. Тестовый граф представляет 76 городов. Указан кратчайший маршрут с началом в первом городе длиной 538, который удалось определить разработчикам пакета.

Значения входных параметров алгоритма: 1000 особей, 1000 повторов до останова, 99% вероятность кроссовера и мутации, 50 запусков, использование элитной особи, маршрут начинается в первом городе.

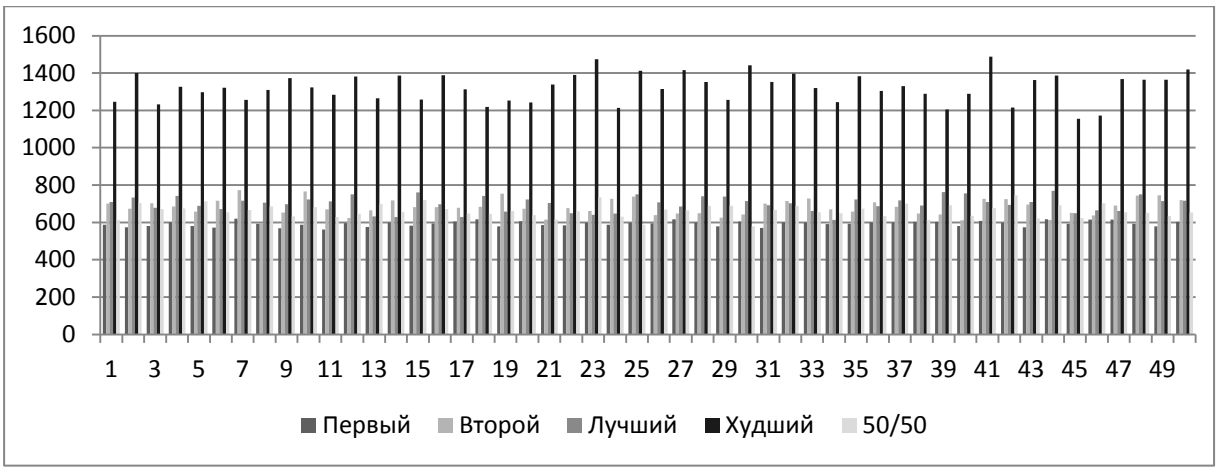



**Рисунок 3 – Результаты эксперимента**

На рисунке 1 приведена сводная диаграмма результатов 50 запусков. Вариант со сравнением с худшим из родителей резко отличается от остальных и даёт наихудшие результаты.

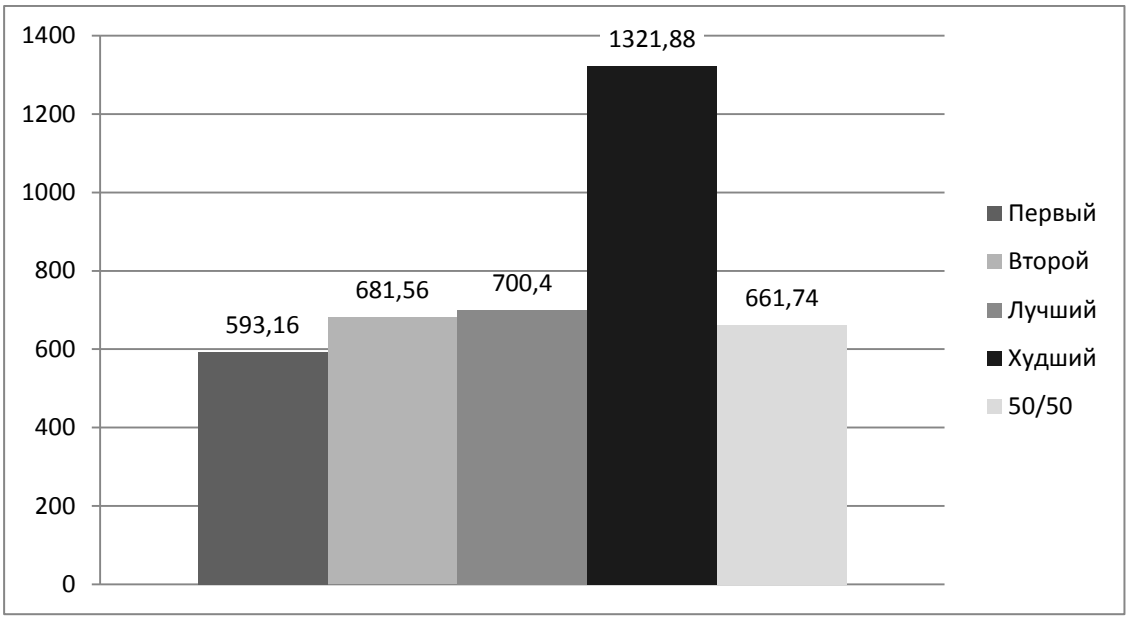



**Рисунок 2 – Средние значения**

На рисунке 2 представлены средние значения по всем 50 экспериментам. Лучшим вариантом модификации отбора является сравнение с первым родителем.

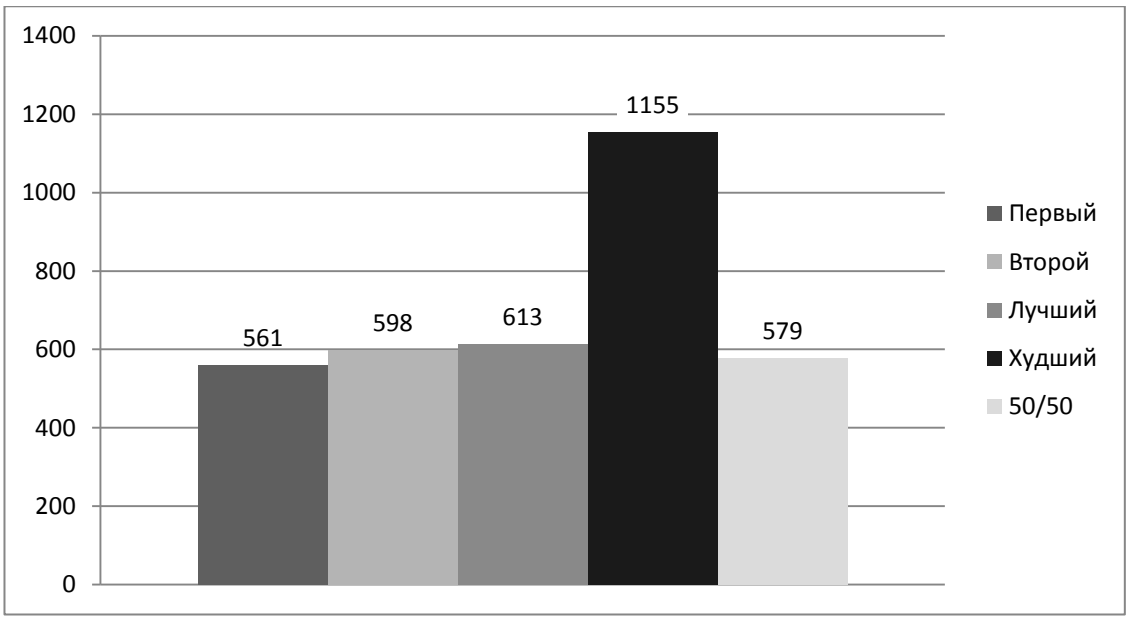



**Рисунок 3 – Лучшие значения**

Лучшие значения экспериментов приведены на рисунке 3. Наиболее близкий к точному результат показывает модификация со сравнением с первым родителем. Отклонение составляет 4.3%.

**Выводы**

Результаты вычислительного эксперимента демонстрируют эффективность использования модифицированной модели Голдберга для решения задачи коммивояжёра. Данный подход позволяет получить субоптимальное решение для тестового графа с количеством вершин 76. В ходе исследования было определено, что использование модификации турнирного отбора, заключающейся в сравнении первого родителя с двумя потомками является наиболее эффективным. Также сравнение потомков с худшим из родителей является наименее эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гладков Л.А.* Генетические алгоритмы: учебное пособие / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик; под ред. В.М. Курейчика. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2004. – 400 с;
2. *Кормен Т.* Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн; под ред. Л.Н. Красножан. – М., Вильямс, 2013. – 1328 с;
3. *Каширина И.Л.* Введение в эволюционное моделирование: учебное пособие / И.Л. Каширина; под ред. Е.С. Котляровой. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007. – 40 с;
4. *Кобак В.Г., Жуковский А.Г., Жуковский Д.А., Кривошей Н.И.* Исследование модифицированной модели Уитли с различными методами формирования элитных особей. Труды Северо-Кавказского филиала московского технического университета связи и информатики. Ч.1: сб. науч. работ по результатам междунар. науч-практ. конф. СКФ МТУСИ «Инфоком-2017».
5. *В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, В.М. Поркшеян.* Решение однородной минимаксной задачи исландской моделью, где в качестве островов выступает модифицированная модель Голдберга. Труды Северо-Кавказского филиала московского технического

университета связи и информатики. Ч.1: сб. науч. работ по результатам междунар. науч-практ. конф. СКФ МТУСИ «Инфоком-2017».
6. TSP_LIB // URL http://comopt.ifi.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/ (дата обращения 30.01.2018).

**В.Г. Кобак[1], В.М. Поркшеян[1], А.Г. Жуковский[2], А.П. Кузин[1]**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ГОЛДБЕРГА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КРОССОВЕРОВ И СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

[2]Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: модифицированная модель Голдберга, генетические алгоритмы, мутация, кроссовер, особь, поколение, теория расписаний, неоднородная минимаксная задача.

В данной работе впервые подробно рассмотрены несколько способов формирования нового поколения в модифицированной модели Голдберга. Кроме этого проанализированы наиболее распространенные кроссоверы с перспективной мутацией. Проведен масштабный вычислительный эксперимент, который выявил преимущество использования двухточечного кроссовера при решении неоднородной минимаксной задачи.

**V.G. Kobak[1], V.M. Porksheyan[1], A.G. Zhukovskiy[2], A.P. Kuzin[1]**

## INVESTIGATION OF EFFICIENCY OF MODERNIZED MODELING OF GOLDBERG UNDER THE USE OF VARIOUS KROSSOVER TYPES AND METHODS OF FORMATION OF NEW GENERATION IN THE SOLUTION OF THE INHOMOGENEOUS MINIMAX TASK

Keywords: Modified Goldberg model, genetic algorithms, mutation, crossover, individual, generation, scheduling theory, inhomogeneous minimax problem.

In this paper, several ways of forming a new generation in the modified Goldberg model are discussed in detail. In addition, the most common crossovers with a promising mutation are analyzed. A large-scale computational experiment was carried out, which revealed the advantage of using a two-point crossover for solving the inhomogeneous minimax problem.

Одним из важнейших элементов планирования является решение задачи составления расписаний. Задачи теории расписаний имеют не только важное теоретическое значение, так как относятся в основном к классу NP-полных задач, так и получили широкое практическое распространение во множестве инженерных и управленческих задач. Везде, где требуется операция упорядочивания и распределения каких-либо ресурсы между агентами (исполнителями), возникает вопрос эффективного планирования. Оптимальность планирования в значительной степени определяет технико-экономические показатели производственных и бизнес процессов. Построение оптимального плана распределения может занять, даже на современных многопроцессорных системах, многие месяцы и годы, при использовании точных методов решения, например, ветвей и границ (МВГ). С другой стороны, в настоящее время, для таких задач, активно применяются быстрые, но приближенные списочные методы, такие, как метод критического пути (МКП). Такие приближенные методы могут давать большую погрешность, зачастую стремящуюся к 30% [1, 2]. Такое отклонение от оптимума в большинстве случаев является неприемлемым. Возникает необходимость в методах, сочетающих в себе следующие противоречивые свойства:

- полиноминальная зависимость времени счета от размерности задачи;
- близкая к оптимальной точность решения (по крайне мере значительно лучшей, чем у МКП).

К такому классу методов относятся эволюционно-генетические алгоритмы (ЭГА), которые являются на сегодняшний момент наиболее гибкими и эффективными из всех известных приближенных алгоритмов [3]. В данной работе исследуется одна из популярных моделей генетического алгоритма - модифицированная модель Голдберга. Математическая постановка задачи приведена в работе [1].

Модифицированную модель Голдберга можно описать в виде последовательности следующих шагов:

Шаг 1. Формируется начальное поколение, состоящее из заданного числа особей.

Шаг 2. Турнирный отбор особей и применение операторов кроссовера и мутации с заданной вероятностью для создания нового поколения.

Шаг 3. Проверка условия конца работы алгоритма, которая обычно заключается в неизменности лучшего решения в течение заданного числа поколений. Если решение не меняется в течении определенного количества поколений, то переход на шаг 4, иначе возврат на шаг 2.

Шаг 4. Лучшая особь выбирается как найденное решение [4].

Графически функционирование модифицированной модели Годберга можно изобразить на рис. 1. Лучшая особь выбирается и переходит в следующее поколение. Процесс повторяется до тех пор, пока лучшая особь в поколении не повторится заданное количество раз.

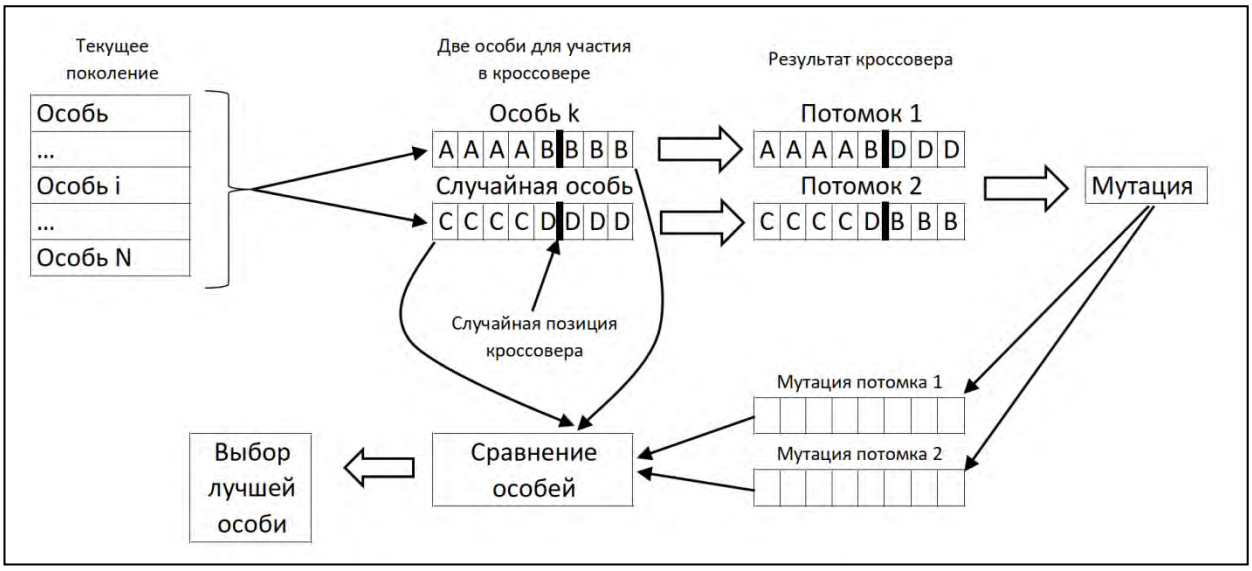



Рисунок 1 – Схема функционирования модифицированной модели Голдберга.

В работе [6] рассматривались различные виды кроссоверов изображенных на рисунках 2-4.

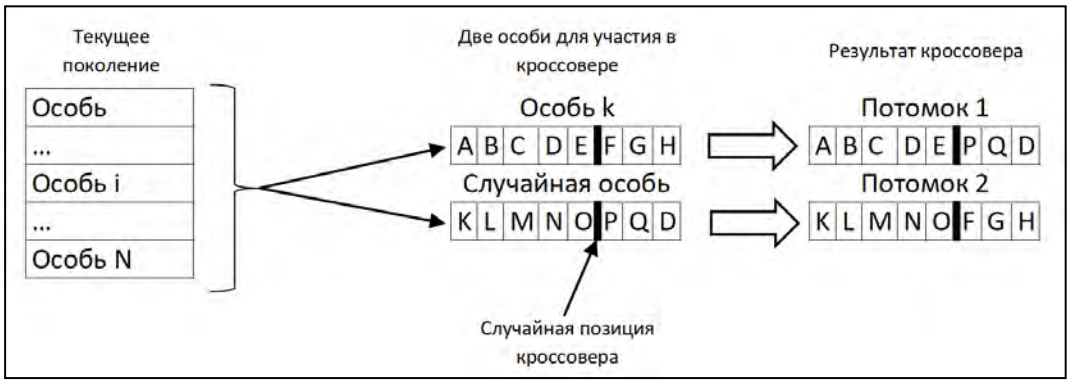



Рис.2. - Простой одноточечный кроссвер

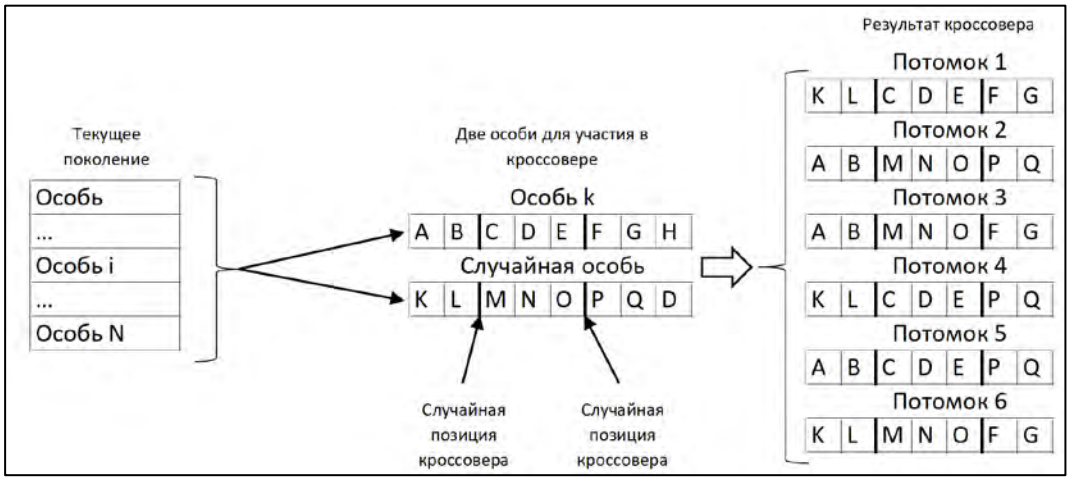



Рис.3. - Простой двухточечный кроссвер

Рис.4. - Равномерный кроссвер

В работе [5] были исследованы различные модификации мутаций, из всего спектра которых была выбрана наиболее перспективная, а именно простая мутация, схематически изображенная на рисунке 5.

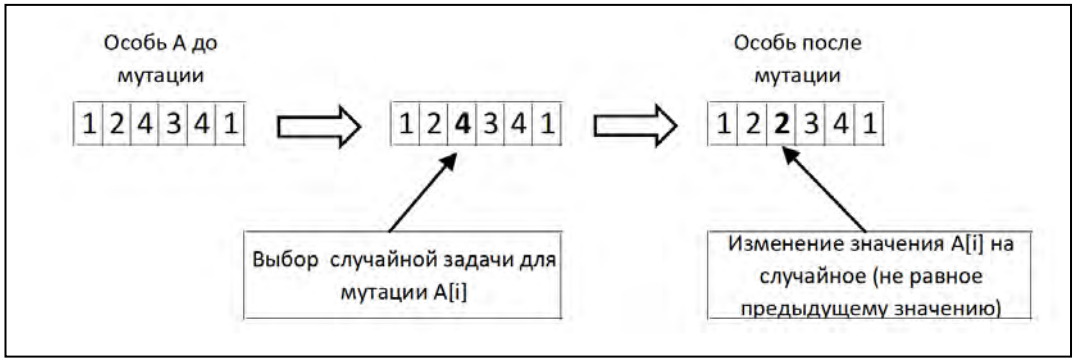



Рисунок 5 – Пример простой мутации.

Для каждого варианта кроссовера применялись различные подходы формирования следующего поколения, изображенные на рисунках 6-9.

Рис.6 – Левая особь и мутации

Рис.7 – Правая особь и мутации

Рис.8 – Левая особь, правая особь и мутации

Рис.9 – Левая особь, правая особь, потомки и мутации

**Экспериментальное сравнение модификации кроссоверов и способов формирования нового поколения.**

В данной работе рассмотрим зависимость того как влияет вариант кроссовера и способ формирования нового поколения на точность решения неоднородной минимаксной задачи, а также на время решения при помощи генетического алгоритма. Аналитически решить эту задачу крайне проблематично, если вообще возможно, поэтому в рамках исследования алгоритмов поставили вычислительные эксперименты, позволяющие собрать статистику решений различными вариантами алгоритмов. Для этого был разработан программный модуль, позволяющий организовывать вычислительные эксперименты. Для проведения вычислительного эксперимента был использован компьютер под управлением Windows 10 Pro x64. В качестве аппаратного обеспечения использовался компьютер со следующей конфигурацией: четырех ядерный процессор Intel Core i7-7700k, 16 гигабайт оперативной памяти формата DDR4, жесткий диск SSD формата M2. Данная аппаратная система была выбрана связи с тем, что процессор поддерживает одновременно 8 потоков обработки данных и в связи с этим позволяет проводить параллельные вычисления для задач как малых, так и больших размерностей. Для проведения вычислительного эксперимента было написано программное средства на современном языке программирования C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2017.

Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица №1 Результат оценки влияния кроссовера и способа получения нового поколения на точность результатов и время решения на примере с 2,3 и 4 устройствами и 73 задачами.

| | **Мод. крос.** | **Одноточечный кроссовер** | | | **Двухточечный кроссовер** | | | **Равномерный кроссовер** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Мин** | **Сред.** | **Время** | **Мин** | **Сред.** | **Время** | **Мин** | **Сред.** | **Время** |
| | | 2*73 | | | | | | | | |
| **500 * 500** | **1** | 1047 | 1047,06 | 121 | 1047 | 1047 | 151 | 1047 | 1048,24 | 146 |
| | **2** | 1047 | 1048,58 | 116 | 1047 | 1047 | 151 | 1049 | 1055,14 | 130 |
| | **3** | 1048 | 1050,22 | 115 | 1047 | 1047,56 | 167 | 1049 | 1056,52 | 111 |
| | **4** | 1047 | 1049,64 | 113 | 1047 | 1047,34 | 219 | 1051 | 1060,88 | 108 |
| **1000 * 1000** | **1** | 1047 | 1047 | 375 | 1047 | 1047 | 670 | 1047 | 1047,74 | 590 |
| | **2** | 1047 | 1047,66 | 397 | 1047 | 1047 | 957 | 1048 | 1052,16 | 554 |
| | **3** | 1047 | 1048,5 | 435 | 1047 | 1047,14 | 717 | 1049 | 1053,44 | 515 |
| | **4** | 1047 | 1048,36 | 428 | 1047 | 1047,02 | 977 | 1048 | 1054,46 | 509 |
| | | 3*73 | | | | | | | | |
| **500 * 500** | **1** | 652 | 653,3 | 159 | 651 | 651,94 | 196 | 654 | 658,82 | 233 |
| | **2** | 654 | 660,84 | 145 | 651 | 653,34 | 191 | 664 | 684,62 | 157 |
| | **3** | 654 | 673,48 | 124 | 652 | 656,38 | 184 | 668 | 692,5 | 117 |
| | **4** | 657 | 672,22 | 125 | 653 | 656,1 | 240 | 666 | 692,84 | 120 |
| **1000 * 1000** | **1** | 651 | 652,22 | 506 | 651 | 651,48 | 686 | 652 | 655,62 | 702 |
| | **2** | 652 | 655,8 | 528 | 651 | 652,22 | 668 | 654 | 674,8 | 561 |
| | **3** | 656 | 663,98 | 485 | 652 | 654,08 | 690 | 660 | 687,48 | 467 |
| | **4** | 654 | 665,08 | 504 | 652 | 654,18 | 898 | 661 | 686,34 | 483 |
| | | 4*73 | | | | | | | | |
| **500 * 500** | **1** | 491 | 494,5 | 264 | 489 | 491,24 | 251 | 493 | 500,56 | 318 |
| | **2** | 501 | 511,8 | 176 | 491 | 495,5 | 241 | 503 | 525,04 | 182 |
| | **3** | 514 | 526,36 | 135 | 496 | 510,42 | 187 | 511 | 531,56 | 125 |
| | **4** | 504 | 524,26 | 130 | 498 | 510,02 | 247 | 515 | 534,54 | 118 |
| **1000 * 1000** | **1** | 489 | 492,04 | 745 | 488 | 489,94 | 816 | 492 | 497,14 | 993 |
| | **2** | 496 | 504 | 601 | 489 | 492,82 | 803 | 505 | 518,68 | 661 |
| | **3** | 504 | 520,08 | 497 | 496 | 503,52 | 720 | 516 | 528,42 | 487 |
| | **4** | 502 | 516,82 | 622 | 494 | 501,54 | 990 | 506 | 527,88 | 495 |

Соответствие между номером модификации и способом формирования нового поколения отражено в таблице№2.

Таблица №2 Соответствие между номером модификации и способом формирования нового поколения.

| **№ модификации** | **Тип модификации** |
|---|---|
| 1 | Левая особь и мутации |
| 2 | Правая особь и мутации |
| 3 | Левая особь, правая особь и мутации |
| 4 | Левая особь, правая особь, кроссоверы и мутации |

Таким образом, проанализировав результаты, приведенные в таблице 1, можно сделать несколько выводов:

1. Для двухприборной системы практически нет никакой разницы между одноточечным и двухточечным кроссоверами.
2. Для трехприборной и четырехприборной систем видно, что применение двухточечного кроссовера приводит к более качественным результатам, в плане повышения точности получаемого решения.
3. Применение равномерного кроссовера не дает требуемого эффекта.
4. Повышение количества особей и повторов приводит к повышению точности решения неоднородной минимаксной задачи при помощи генетического алгоритма.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Алексеев О.Т.* Комплексное применение методов дискретной оптимизации – М.: Наука, 1987г.
2. *Коффман Э.Г.* (ред.) Теория расписаний и вычислительные машины. – М.: Наука, 1984.
3. *Титов Д.В., Кобак В.Г.* Анализ подходов к улучшению результатов работы генетического алгоритма при решении однородной минимаксной задачи. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей Всерос. научно-техн. конф.– Пенза: ПДЗ, 2008. – С. 76-78.
4. *Каширина И.Л.* Введение в эволюционное моделирование / И.Л. Каширина. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007.
5. *Кобак В.Г., Поркшеян В.М., Кузин А.П.* Использование различных вариантов мутации при решении неоднородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга // Научно практический журнал «Аспирант». 2017. №10. С. 26-29.
6. *Кобак В.Г., Жуковский А.Г. и Кузин А.П.* Исследование применения одноточечного кроссовера при решении неоднородной минимаксной задачи, Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2018. №1.

**Я.Б. Константинова, Г.А. Калинченко, Н.О. Светличная, П.М. Табунщикова**

# ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Научный центр ELI Beamlines, Чешская Республика, Долни-Бржежаны

Ключевые слова: усилитель, режим работы, экономия энергопотребления, нелинейные искажения, линейное усиление.

В работе рассматривается альтернативный способ увеличения КПД усилителя мощности низкой частоты (УМНЧ) путем применения дежурного режима работы усилителя, который позволяет разгрузить режим работы выходных электронных приборов при сохранении малых нелинейных искажений УМНЧ. Приводится пример применения данного способа, доказывающий его рациональность.

**Ya.B. Konstantinova, G.A. Kalinchenko, N.O. Svetlichnaya, P.M. Tabunschikova.**

# PECULIARITIES OF METHODS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF A LOW FREQUENCY POWER AMPLIFIER

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

ELI Beamlines Facility, Czech Republic, Dolní Břežany

Keywords: amplifier, operating modes, power conserving, nonlinear distortions, linear amplification, unloading.

The work considers an alternative way to improve the efficiency of a low frequency power amplifier (LFPA) using stanby mode, which allows unloading the operating mode of the output electronic devices while maintaining small nonlinear distortions of the LFPA. The paper provides an illustration of applying this method that proves its rationality.

The efficiency of a *l*ow *f*requency *p*ower *a*mplifier (LFPA) is known to depend on the operating mode of its electronic devices. The lowest efficiency will be in the case if the electronic devices of the output stage operate in the linear amplification mode (mode A), and the largest, if the operating mode of these devices corresponds to the cutoff mode (mode B).

However, when electronic devices are operating in the mode A, the amplifier has the least nonlinear distortion, so this mode is sure to be attractive. Low efficiency results not only in

increased power consumption, but also in heating electronic devices of the output stage of the LFPA, if it operates in mode A. It is required to choose radio tubes or transistors that can dissipate large heat loads, install radiators on them, and use forced cooling with fans. Thus, weight and dimensions of the LFPA are increased.

In the middle of the last century, some attempts were made to replace an analog signal with a pulse train modulated by analog signal. The original analog signal modulated the pulse train in amplitude, and then the pulse amplitude modulated signal was amplified and demodulated.

The pulse amplitude modulation (PAM) method was proposed to combine the advantages of both operating modes of electronic devices. Thus, in 1951 to improve the efficiency of a LFPA, some options were offered to process the original low-frequency signal [1]. This solution has a number of drawbacks, in particular the need to use a complex pulse transformer. Also additional distortions of the signal appear at its modulating and demodulating.

Another way to increase the efficiency of an amplifier is to use the pulse-width modulation for a class ABD amplifier, patented in the work [2]. However, this greatly complicates the implementation scheme and also does not provide for small nonlinear distortions.

The point of this work is the use of a standby mode of an LFPA by switching it from the mode A, when there is a signal, to the mode B, when the signal is absent. This allows unloading the operating mode of the output electronic devices while maintaining small nonlinear distortions of the LFPA.

The switching of the mode A to the mode B can be actually realized in a variety of ways on all types of electronic devices: radio tubes, bipolar and field transistors. The schemes of the LFPA may be rather diverse: they could be with transformers and without them, based on one conductivity transistors or on complementary pairs of transistors.

To demonstrate the method, the authors choose an implementation option for a LFPA based on bipolar transistors (Fig. 1). Transformer output and the use of one type transistors with a reverse conductivity (n-p-n) provide greater visibility of the method demonstration and allow operation using a single power supply.

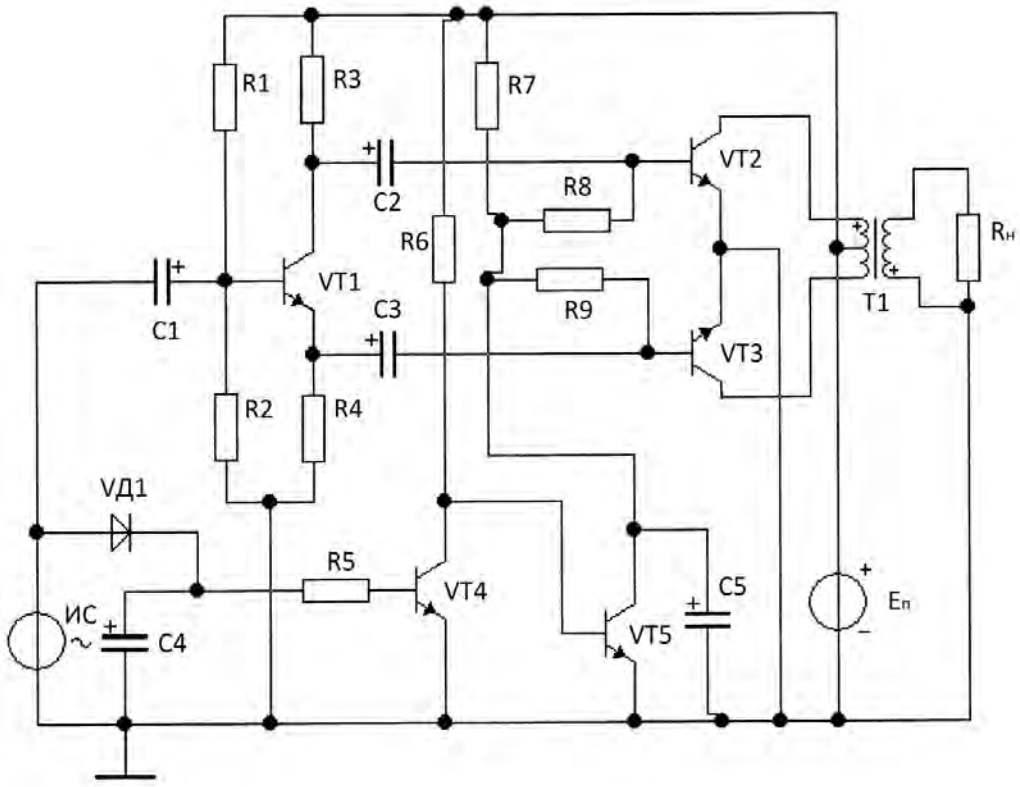



Figure 1. An example of the LFPA scheme using the standby mode of operation.

The LFPA shown in Fig. 1 works as follows.

Actually, we will not consider the amplifier itself, as its scheme is well known. It contains a phase inversion stage with a separate load on a VT1 transistor and a push-pull transformer output stage on VT2 and VT3 transistors.

Consider the operation of the circuit that provides switching the modes of the output stage transistors. This circuit includes VT4 and VT5 transistors.

Voltage coming from the signal source (SS) is rectified by a series diode detector assembled on such elements as VD1, C4, R5, VT4. In this case, a positive voltage is applied to the base of the VT4 transistor, which is maintained in the open state. Voltage close to zero on its collector goes to the base of the VT5 transistor. The VT5 transistor is locked and the C5 capacitor is charged to voltage Eп. This voltage causes the base currents flow through the R8 and R9 resistors, which ensures the operation of the VT2 and VT3 transistors in the linear amplification mode.

If there is no signal at the input of the amplifier, zero voltage will be on the base of the VT4 transistor and this transistor will close. From the Eп power supply the current will flow through the R6 resistor unlocking VT5 transistor. The C5 capacitor will be discharged and a voltage close to zero will appear on the VT5 collector. The voltage close to zero on the bases is locking for VT2 and VT3 transistors of the output stage; in this state they will work in mode B.

Although the operation of this scheme (Fig. 1) is checked by the Electronics Workbench Professional Edition program, it is a demonstration. Real circuits providing switching from mode

A to mode B when the signal is absent can be quite numerous, depending on the type of electronic devices used and the specific low-frequency amplifier.

The authors find the actuality of this work in the fact that pauses can be quite large when sound is reproduced, and at this time LFPA operates in the mode of low energy consumption. This results not only in power conserving, but also in unloading the thermal mode of electronic devices operation, while maintaining minor nonlinear distortions.

REFERENCES:


1. *Д. Агеев, В. Маланов, К. Полова.* Усилитель НЧ с мощным КПД. // М: журнал «Радио», 1958, № 2. http://nice.artip.ru/usilitel-nch-s-moshchnym-kpd.
2. *Ю.В. Казаков, В.А. Александров.* Усилитель класса ABD для гидроакустики // Патент. http://www.findpatent.ru/patent/252/2526280.html



**В.В. Красулин, В. Ткачукс, Е.О. Ткачук**


## ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ХОЗЯЙСТВ


Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

SIA “MODIS”, Рига, Латвия



Ключевые слова: сервер, мобильное приложение, адаптация, молочное производство



В статье рассматриваются структура и требования к информационной системы поддержки совместной производственной деятельности совокупности крестьянских фермерских хозяйств на примере молочного и сыроваренного производства. Система включает в себя серверную часть и web-ориентированные мобильные приложения участников производственного процесса.

**V.V. Krasulin, V. Tkacuks, E.O.Tkachuk**

# INFORMATION SUPPORT FOR ACTIVITIES OF DISTRIBUTED ECONOMIES

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

SIA “MODIS”, Riga, Latvia

Keywords: server, mobile application, adaptation, dairy production

The article considers the structure and requirements for the information system for supporting joint production activities of a set of peasant farms on the example of dairy and cheese production. The system includes the server part and web-oriented mobile applications of the participants in the production process.

Рассмотрим совместную деятельность совокупности крестьянских фермерских хозяйств по производству экологически чистых сыров, что является актуальным в современных экономических условиях.

Поскольку применение информационных технологий обеспечивает повышение эффективности и конкурентоспособности предприятий [1 с. 88], и сельскохозяйственное производство не является исключением рассмотрим следующую задачу.

Пусть имеется *n* хозяйств – мини молочных ферм, производящих молоко и m мини сыроварен, способных принять молоко в обработку. Имеется также транспортное предприятие, имеющее *k* транспортных средств для перевозки молока от производителей к переработчикам и от переработчиков к торговым предприятиям. Задачей является организация информационной инфраструктуры, обеспечивающей бесперебойную и взаимовыгодную работу всех предприятий, входящих в данное сообщество. При этом возникает несколько информационных и управленческих задач, которые целесообразно решать с применением математических моделей адаптивного процесса принятия решения [2, с. 203-204].

Прежде всего, необходимо минимизировать транспортные издержки и максимально сократить время доставки молока от производителя к переработчику, поскольку молоко является скоропортящимся продуктом и обеспечить баланс производства и переработки. Решение данной задачи возможно путём предварительного построения матрицы переездов для графа дорожной сети при помощи одного из известных алгоритмов комбинаторной оптимизации, например Дейкстры или Лина-Кернигана. Данная задача должна решаться на центрально сервере заблаговременно и корректироваться по результатам учёта потраченного на дорогу времени в предыдущие дни, с учётом текущей дорожной ситуации и погодных условий, реализуя стратегию принятия решений на основе адаптивного метода прецедентов [3, с. 61].

Важной задачей также является оперативный учёт принятой в переработку продукции и расчёт денежного вознаграждениями участников производственного процесса. С целью максимального использования мотивационного фактора личной

материальной заинтересованности необходимо обеспечить точное и своевременное информирование как производителей молока так и сыроваров об их текущих финансовых результатах. Для этой цели целесообразно использовать специализированные мобильные приложения, поскольку это не требует специальной компьютерной техники, с одной стороны максимально упростит работу с ними, а с другой стороны максимально сократит интернет-трафик, что существенно для работы в полевых условиях.

Для доставки молока от производителя к потребителю в качестве тары могут быть использованы стандартные 50л алюминиевые фляги с нанесённой на них несмываемой маркировкой – QR-кодом. QR код - это разновидность матричного кода (2D-barcode), изначально использовались для учета деталей в машиностроении. В QR-коде может быть закодировано более 2 Кб текста или более 7000 цифр. Это позволяет закодировать в нем URL - адрес сервера, уникальный серийный номер данной тары и контрольная сумма – аналог электронной цифровой подписи, исключающий подделку маркировки.

QR-код считывается фотокамерой смартфона и при помощи мобильных приложений производителя и водителя – экспедитора передаётся в базу данных центрального сервера. QR коды используют для коррекции ошибок алгоритм Рида-Соломона(Reed-Solomon). Это позволяет без ошибок считывать коды, которые каким-то образом повреждены – затерты, загрязнены и т. д. Целесообразно использовать уровень кодирования «*H»,* который обеспечивает безошибочное сканирование при потере до 30% информации.

Наиболее простым вариантом является нанесение на поверхность тары QR-кода, содержащего URL – адрес сервера, к которому по методу GET присоединены параметры тары – её серийный номер в базе данных , объём и контрольная информация. В качестве контрольной информации может использоваться контрольная сумма – стандартный код CRC-32-IEEE 802.3 с образующим полиномом 0x04C11DB7. С целью исключения подделок вычисление CRC может включать пре- и пост-инверсию, обратный порядок обработки битов и ненулевые начальные значения регистров.

В качестве примера рассмотрим кодирование вымышленного URL: *https://www.kttstdom.ru/tara?serial=37A84&v=50&crc=9fd246c5*. Здесь присутствует адрес сервера - *https://www.kttstdom.ru*, идентификатор страницы обработки *tara,* серийный номер экземпляра в шестнадцатеричном коде *37A84,* информация о ёмкости тары – *50* и стандартная контрольная сумма CRC-32-IEEE 802.3 с образующим полиномом 0x04C11DB7 – *9fd246c5.*

Важным моментом является выбор размера QR – кода. При выборе ширины модуля 1,863мм размер кодового квадрата составляет 83,2 мм. Такой код уверенно считывается с расстояния 0,6 – 1м, эксперименты показали, что сминание бумажного носителя и нанесение посторонних полос маркёром не препятствует уверенному считыванию (рис 1).

**Рисунок 1**

При использовании стандартных параметров ширина модуля составляет 0,593мм, а размер кодового квадрата 26,67мм. Для считывания такого кода необходимо поднести смартфон на расстояние 0,2м и считывание помятого носителя занимает больше времени. Стандартный QR-код в натуральную величину представлен на рисунке 2.

**Рисунок 2**

Оптимальным, будет видимо выбор промежуточного размера с параметрами: размер 45,720 мм, ширина модуля 1,016 мм, данный QR-код представлен на рисунке 3.

**Рисунок 3**

Возможным путём сокращения размеров QR-кода является сжатие URL. Такой сервис предлагает компания Google, Яндекс, а также ряд других сайтов. Так, сервис Google сокращает исходную ссылку

https://www.kttstdom.ru/tara?serial=37A84&v=50&crc=9fd246c5 до https://goo.gl/jBTGto, а сервис Яндекс до https://clck.ru/D44x7, число кодируемых символов сокращается более чем в два раза. Однако применение подобных сервисов делает зависимым работу системы от сайтов сторонних производителей, что не является желательным.

Преимуществом описанного подхода к кодированию является возможность отказа от разработки специального мобильного приложения и использования бесплатных приложений для считывания QR-кодов, которых в настоящее время имеется достаточно большое количество, в совокупности с серверным приложением, принимающим информацию и генерирующим соответствующую WEB-страницу. Однако, в этом случае работа информационной системы будет возможна только в условиях надёжного мобильного соединения с сетью Интернет. Географические условия нашей страны не позволяют сделать этого на всей территории, поскольку покрытие мобильной связи охватывает только населённые пункты и окрестности основных транспортных магистралей. Описанный выше подход вполне реализуем для распределённых хозяйственных структур, функционирующих в пределах относительно крупных населённых пунктов. Для получения независимости от условий подключения к глобальной цифровой сети необходимо разработать мобильное приложение, которое будет иметь возможность считывать QR-коды, а также другую сопутствующую информацию, накапливать их, и передавать всё это на центральный сервер при возникновении такой возможности – вплоть до момента соединения с домашней WI-FI сетью предприятия по стандарту IEEE 802.11n.

Таким приложением вместе с данными тары передаются географические координаты места считывания, автоматически полученные смартфоном при помощи системы геолокации и данные регистрации данного экземпляра смартфона. По прибытии на производственный участок (сыроварню) к производителю сыра фляги с молоком учитываются путём сканирования их QR-кода и взвешиваются. Показания весов также фотографируются камерой смартфона, преобразуются в цифровой код при помощи алгоритма распознавания образов, передаются при помощи мобильного приложения в базу данных центрального сервера, и используются для расчёта денежного вознаграждения, зачисляемого на внутренний лицевой счёт производителя.

Важным свойством предлагаемого к разработке мобильного приложения должна явиться возможность адаптации интерфейса [4, с. 100], в том числе для пользователей с ограниченными возможностями, например по зрению. В частности в этом случае возможно применение элементов аудио интерфейса.

Внутренние лицевые счета могут использоваться для взаиморасчётов членов сообщества, например, для приобретения излишков кормов, естественных органических удобрений.

С целью минимизации затрат на создание системы целесообразно максимально использовать открытое свободно распространяемое программное обеспечение. В качестве операционной системы центрального сервера предполагается использовать Ubuntu Server, данная сборка хорошо зарекомендовала себя во многих применениях. Для программирования серверной части программного обеспечения и базы данных целесообразно применить объектно – ориентированный язык PHP и СУБД MySQL. Опыт показывает, что нет необходимости в оплате хостинга, сервер можно разместить на базовой территории транспортного предприятия, всё что необходимо для этого это сервер

класса SOHO и интернет – канал с «белым» IP-адресом. Подобное решение уже несколько лет успешно используется в ЧОУ ВО ЮУ(ИУБиП) для обеспечения электронной информационно – образовательной среды и проведения областных олимпиад школьников по информационным технологиям [5, с. 107-108]. Экстраполяция накопленного при проведении олимпиад школьников опыта позволяет сделать вывод, что такой сервер в состоянии обеспечивать работу многих сообществ производителей сельскохозяйственной продукции, например в пределах Ростовской области или даже всего Южного федерального округа.

По тем же соображениям мобильные приложения производителя, переработчика и перевозчика целесообразно реализовать на базе операционной системы Android. Эта операционная система является открытой, свободно распространяемой, для неё есть бесплатная IDE Android Studio – среда разработки мобильных приложений под Android.

В состав Google Play services версии 7.8 и выше входят интерфейсы Mobile Vision, которые обеспечивают API для считывания QR-кода. Классы для обнаружения и анализа QR-кодов доступны в пространстве имен com.google.android.gms.vision.barcode, основным из которых является класс BarcodeDetector. Он выполняет обработку объектов Frame и возвращает массив штрих-кодов SparseArray <Barcode>. При обнаружении QR-кода типа URL, поле valueFormat возвращает константу URL, а объект Barcode.UrlBookmark будет содержать значение URL-адреса.

```
BarcodeDetector barcodeDetector = new BarcodeDetector.Builder(getApplicationContext())
        .setBarcodeFormats(Barcode.DATA_MATRIX | Barcode.QR_CODE)
        .build();
```

При использовании Mobile Vision API QR-коды могут считываться в любом положении, что существенно при использовании персоналом, не обладающем высокой квалификацией в области информационных технологий.

Большим преимуществом такого решения является то, что обработка всех QR-кодов и штрих-кодов выполняется автономно, поэтому нет необходимости в использовании соединения с сервером для чтения данных из кода.

Смартфоны, работающие под управлением данной операционной системы относительно недороги, многие из них анонсируются как продукты отечественной разработки, например, YotaPhone, Highscreen, Texet. Особо следует отметить продукцию последнего производителя, смартфон Texet X-Driver Quad, который имеет крепкий корпус и комплексную защита класса IP68, благодаря которой смартфон нечувствителен к увлажнению и запылению, что позволяет его использовать в полевых условиях сельскохозяйственного производства.

Таким образом, определены основные требования к информационной системе поддержки совместной производственной деятельности совокупности крестьянских фермерских хозяйств на примере молочного и сыроваренного производства. Анализ показывает, что имеются все предпосылки для создания и успешной эксплуатации данной системы, затраты же на её создание относительно не велики и окупятся при условии её массового внедрения. В дальнейшем планируется выполнить создание прототипа системы и апробировать её в условиях реальной эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мурадова С.Ш., Ткачук Е.О., Глызина М.П.* Использование информационных технологий коммерческими банками для реализации конкурентных стратегий. / Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. 2016. Т. 2. № 1. С. 88-91.
2. *Ткачук Е.О.* Математическая модель адаптивного процесса принятия решения. / Интеллектуальные ресурсы - региональному развитию. 2014. № 1. С. 202-206.
3. *Ткачук Е.О.* Поддержка принятия решений на основе адаптивного метода прецедентов. / Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXII международной научн.-техн. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Инновационные технологии, 2017. С. 60-62
4. *Ткачук Е.О.* Адаптивный интерфейс пользователя информационной системы поддержки принятия решения / ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ: сборник статей Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. –Пенза, 2018. с. 99-101
5. *Ткачук Е.О.* Опыт применения LMS MOODLE для организации образовательного процесса и олимпиад школьников / Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования: Сборник статей Международной научно-практической конференции в 3 ч. Ч. 1. – Пенза, 2018. – с. 107-109.

**Д.И. Крылов, С.А. Качмар, П.В. Лобзенко, А.С. Полянский**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ADO ТЕХНОЛОГИИ В C# ДЛЯ БД ACCESS

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: реляционные базы данных, данные, технологии ADO, доступ к данным, приложения в Visual Studio.

Описано решение задачи создания приложений в Visual Studio для реализации специализированных баз данных. Показана возможность использования реляционной СУБД Access посредством технологии доступа к данным ADO (ActiveX Data Objects).

**D.I. Krylov, S. A. Kachmar, P.V.Lobzenko, S.A. Polyansky**

# USING ADO TECHNOLOGY IN C# FOR DATABASE ACCESS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: relational databases, data, ADO technologies, data access, Delphi applications.

The development of Visual Studio applications for companies' specialised database is described. The possibility to apply Access relational database with ADO (ActiveX DataObjects) data access technology is demonstrated.

В настоящее время большинство компаний IT направления уделяют основное внимание работе с клиентами. Традиционно, особенно в непростые времена кризиса, имеет место совмещение функций в отделах организаций. Поэтому, зачастую, технические отделы напрямую связаны с заказчиками оборудования, программного обеспечения и услуг. В связи с этим возникает потребность в централизованной базе данных, где работники отдела могли бы «вести» своих клиентов.

В настоящее время существует множество различного рода баз данных (БД), позволяющих удовлетворить самые изысканные запросы [1, 2, 3]. Они охватывают инструменты для разработки БД от mysql до Microsoft Access. Основными их недостатками являются большая дороговизна с учетом того, что при адаптации продукта к конкретной компании далеко не все функции (входящие в стоимость!) используются, а также зачастую остаются открытыми вопросы безопасности информации, возникающие при администрировании БД, расположенных на удаленных серверах.

В статье представлена база данных, разработанная в Microsoft Access с интерфейсной управляющей оболочкой, составленной в Visual Studio [4]. Это позволило максимально снизить стоимость разработки, учитывая, что Microsoft Access входит в пакет офисных программ и является предустановленным ПО.

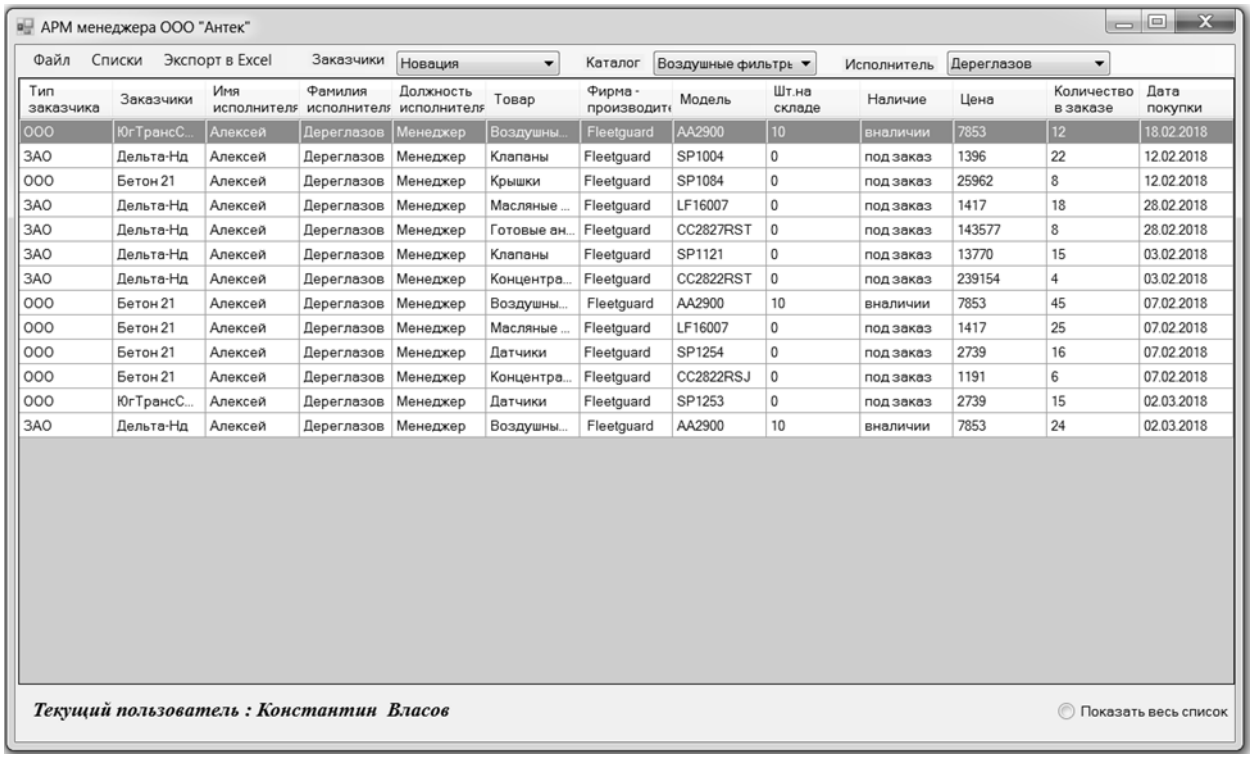
В основе разработки лежит технология ADO [5] , обеспечивающая стандартное обращение к реляционным структурам данных от Microsoft. Особенностями кода программы, при этом, относящимися к активации форм является обращение к полям таблиц следующим образом: DataModule1.ADOTable01.Active:=True.

Программное обеспечение (ПО) создавалось в два важных этапа – это процесс проектирования БД и процесс создания управляющей оболочки с пользовательским интерфейсом.

Логическая модель данных в СУБД Access не привязывается к конкретной среде разработки и, соответственно, не отвечает за такое понятие как нормализация отношений. Нормализация отношений – это набор правил, которые позволяют привести логическую модель в физическую. Как минимум все сущности, они же таблицы, в базе были приведены к третьей нормальной форме.

Разработанная база с пользовательским интерфейсом представляет собой законченный программный продукт, не требующей сложной установки.

Интерфейс основного окна программы является интуитивно понятным и удобным (рис. 1).




| Тип заказчика | Заказчики | Имя исполнителя | Фамилия исполнителя | Должность исполнителя | Товар | Фирма - производит | Модель | Шт.на складе | Наличие | Цена | Количество в заказе | Дата покупки |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ООО | ЮгТрансС... | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Воздушны... | Fleetguard | AA2900 | 10 | вналичии | 7853 | 12 | 18.02.2018 |
| ЗАО | Дельта-Нд | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Клапаны | Fleetguard | SP1004 | 0 | под заказ | 1396 | 22 | 12.02.2018 |
| ООО | Бетон 21 | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Крышки | Fleetguard | SP1084 | 0 | под заказ | 25962 | 8 | 12.02.2018 |
| ЗАО | Дельта-Нд | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Масляные ... | Fleetguard | LF16007 | 0 | под заказ | 1417 | 18 | 28.02.2018 |
| ЗАО | Дельта-Нд | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Готовые ан... | Fleetguard | CC2827RST | 0 | под заказ | 143577 | 8 | 28.02.2018 |
| ЗАО | Дельта-Нд | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Клапаны | Fleetguard | SP1121 | 0 | под заказ | 13770 | 15 | 03.02.2018 |
| ЗАО | Дельта-Нд | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Концентра... | Fleetguard | CC2822RST | 0 | под заказ | 239154 | 4 | 03.02.2018 |
| ООО | Бетон 21 | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Воздушны... | Fleetguard | AA2900 | 10 | вналичии | 7853 | 45 | 07.02.2018 |
| ООО | Бетон 21 | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Масляные ... | Fleetguard | LF16007 | 0 | под заказ | 1417 | 25 | 07.02.2018 |
| ООО | Бетон 21 | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Датчики | Fleetguard | SP1254 | 0 | под заказ | 2739 | 16 | 07.02.2018 |
| ООО | Бетон 21 | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Концентра... | Fleetguard | CC2822RSJ | 0 | под заказ | 1191 | 6 | 07.02.2018 |
| ООО | ЮгТрансС... | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Датчики | Fleetguard | SP1253 | 0 | под заказ | 2739 | 15 | 02.03.2018 |
| ЗАО | Дельта-Нд | Алексей | Дереглазов | Менеджер | Воздушны... | Fleetguard | AA2900 | 10 | вналичии | 7853 | 24 | 02.03.2018 |

Рисунок 1- Интерфейс основного окна базы клиентов

Таким образом, разработанная база клиентов характеризуется следующими преимуществами:

1. Сравнительно малая стоимость создания и сопровождения.
2. Полная реализация базовых задач технического отдела.
3. Интуитивно понятный, информативный и удобный, а главное, привычный интерфейс, не требующий отдельного обучения использованию.
4. Надежную защищенность данных, т.к. не требует их обмена с сервером, находящимся за пределами компании.
5. Простота и удобство в эксплуатации и сопровождении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


3. http://webadequate.ru/rabota-s-bd-mysql/21-sozdanie-bazy-dannyh-mysql.html.
4. http://mitriydenisov.com/php-mysql/php-basics/database.html.
5. http://office.microsoft.com/ru-ru/access-help/HP005187442.aspx.
6. Краткое описание Visual Studio [Электронный ресурс] // [сайт] [2018], URL: http://habrahabr.ru. (дата обращения: 22.02.2018).
7. *Харрингтон Дж.* Проектирование реляционных баз данных. Просто и доступно, 2005.- 239 с.

**Е.В. Кубах, И.В. Щербань**

# РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ВЫБОРА БАЗИСНОЙ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ

Южный федеральный университет, г.Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: дискретное вейвлет-преобразование, анализ сигналов, энтропия, совместная энтропия.

В статье рассмотрены теоретические информационные критерии выбора базисной вейвлет-функции для дискретного вейвлет-преобразования, их сравнение, а также выявлена их применимость в практических задачах.

**E.V. Kubakh, I.V. Shcherban**

# RESEARCH AND REALIZATION OF ALGORITHM OF BASE WAVELET FUNCTION FUTURE EXTRACTION

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: discrete wavelet transform, signal analysis, entropy, joint entropy

The article considers the information cost function to select a base wavelet function of a discrete wavelet transform for future extraction from noise signals.

Анализ измерительных сигналов, временных рядов или иных распределений исходных данныхдостаточно важен во многихпрактических приложениях. Одним из наиболее эффективных инструментариев при этом является анализ частотных свойств исходных данных, основанный на их дискретном вейвлет-преобразовании (ДВП) [1]. Использование ДВП на практике позволяет эффективно выявлять в составе анализируемых данных локальные особенности или иные структуры.При этом качество ДВП-анализав первую очередь зависит от правильного выбора базисной вейвлет-функции (б.в.ф.) $\psi^{\langle j \rangle}\left(j = 1,2,\ldots,L\right)$ ДВП, где $L-$ набор вейвлет-функций различного типа [2].

Ясно, что выбор б.в.ф. выполняется, исходя из вида анализируемых сигналов, их частотного состава, наличия неоднородностей и других особенностей. Подобный выбор может выполняться на основе различных предположений, различных оптимизационных критериев. Очевидно, что наиболее эффективным является критерий минимума евклидова расстояния между компонентами исходного сигнала$s_i$и компонентами восстановленногопосле последовательного применения процедур ДВП и обратного ДВП сигнала $\widetilde{s}_i$[3]:

$$\min_{\psi^{\langle j \rangle},\, j \in \overline{1,L}} \left\{ J = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \left( s_i - \tilde{s}_i \right)^2} \right\} \qquad (1)$$

Структурная схема данногоспособа выбораб.в.ф. показана на рисунке 1.

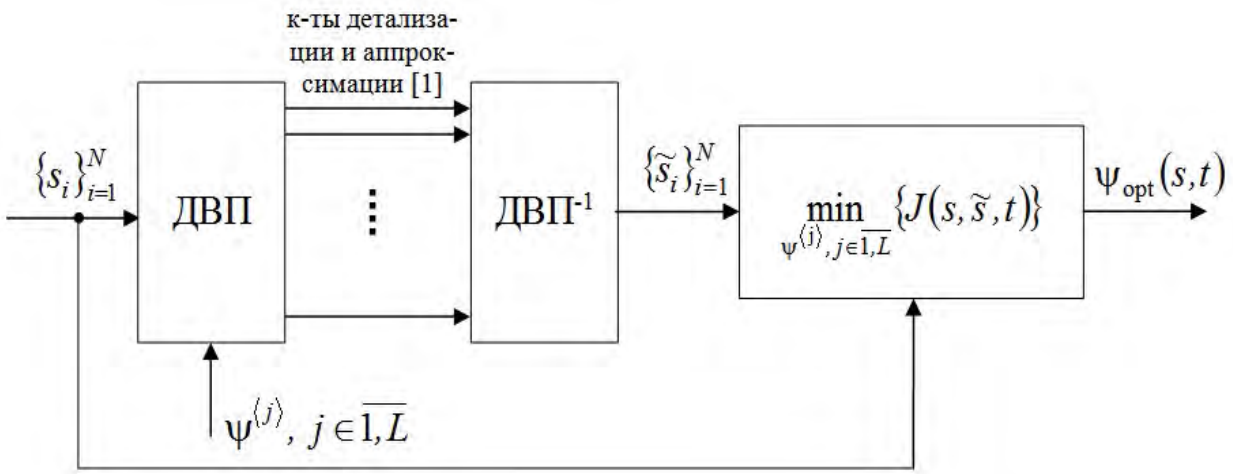



Рисунок 1 – Структурная схема выбора базисной вейвлет-функции из условия (1)

В то же время понятно, что подобный подход может быть выполнен только лишь в ходе апостериорного анализа и для real-time анализа изменяющихся во времени существенно нестационарных сигналов неприменим. Поэтому в настоящее время предлагаются и другие критерии для выбора оптимальной б.в.ф., применимые в реальном времени анализа исходных данных. Так, в работе [4] используются различные критерии выбора б.в.ф., основанные на использовании энтропии Шеннона (ЭШ). Здесь используется то очевидное предположение, что ДВП-трансформанты должны сохранять все информационные характеристики исходных данных. Следовательно,оптимальная б.в.ф. должна обеспечивать максимальное соответствие информационных характеристик, рассчитанных для оригинала и для его частотных отображений.

Например, часто используется критерий максимума ЭШ*H*, вычисленный для вейвлет-коэффициентов ДВП:

$$\max_{\psi^{\langle j \rangle},\, j \in \overline{1,L}} \left\{ H(c) = -\sum_{j=1}^{N} p_j \cdot log_2 \cdot p_j \right\}, \qquad (2)$$

где $c = c(j,i)$ – *i*-й коэффициент *j*-го уровня ДВП-разложения исходного сигнала; $p_i$ – вероятность распределения энергии по составу вейвлет-коэффициентов, $p_i = \dfrac{|c(i)|^2}{E_{energy}(c)}$;

$E_{energy}(c) = \sum_{i=1}^{N} |c(j,i)|^2$ .

При этом $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$,если $p_i = 0$, тогда $p_i \cdot log_2 \cdot p_i = 0$, при этом $0 \le E_{entropy} \le log_2\ p_i$.

Как видно, критериальная функция $H(c)$ в (2) позволяет оценивать только содержание вейвлет-коэффициентов $c$ и не отражает связей со свойствами исходных данных. Поэтому в работе [3] предлагается использовать другой информационный критерий – максимум совместной энтропии $\widetilde{H}(S,C)$:

$$\max_{\psi^{\langle j \rangle},\, j \in \overline{1,L}} \left\{ \widetilde{H}(S,C) = -\sum_{s \in S} \sum_{c \in C} p(s,c) log\ p(s,c) \right\}, \tag{3}$$

где $p(s,c)$ – совместная вероятность распределения компонент вектора исходного сигнала $S = \left| \begin{matrix} s_1 & s_2 & s_3 & \dots \end{matrix} \right|^{\mathrm{T}}$ и компонент вектора коэффициентов ДВП-разложения $C = \left| \begin{matrix} c_{1,1} & c_{2,1} & \dots & c_{i,j} & \dots \end{matrix} \right|^{\mathrm{T}}$, где$i$ – номер коэффициента $j$-го уровня, $^{\mathrm{T}}$ – знак транспонирования. Совместная энтропия измеряет информационную связь между $S$ и $C$ вцелом [3].

Для оценки применимости информационных критериев (2) и (3) к задаче выбора б.в.ф. провеличисленные исследования и сравнилирезультаты выбора б.в.ф. по наиболее точному критерию (1).

Эксперименты проводились в среде Matlab. Было осуществлено ДВП исходного сигнала, имеющего 512 компонент, с использованием двенадцати б.в.ф. ($L$=12)из семейства Добеши– db2,db4,db6,db8,а также из набора койфлетовcoif1,coif2,coif3,coif4и симлетовsym2,sym3,sym4,sym5 [5]. Задавались несколько различных уровней разложения – 4, 6, 7 и 8. Находили ЭШ $H(c)$ и совместную энтропию $\widetilde{H}(S,C)$.

С целью оценки качества критериальных функций $H(c)$ и $\widetilde{H}(S,C)$все частотные трансформанты сигнала были обратно преобразованы и, далее,были рассчитаны критериальные функции $J\left(\psi^{\langle j \rangle}\right)\left(j = 1,2,\dots,12\right)$критерия (1) (см. рисунок 1). Результаты вычислений представлены на рисунках 2.

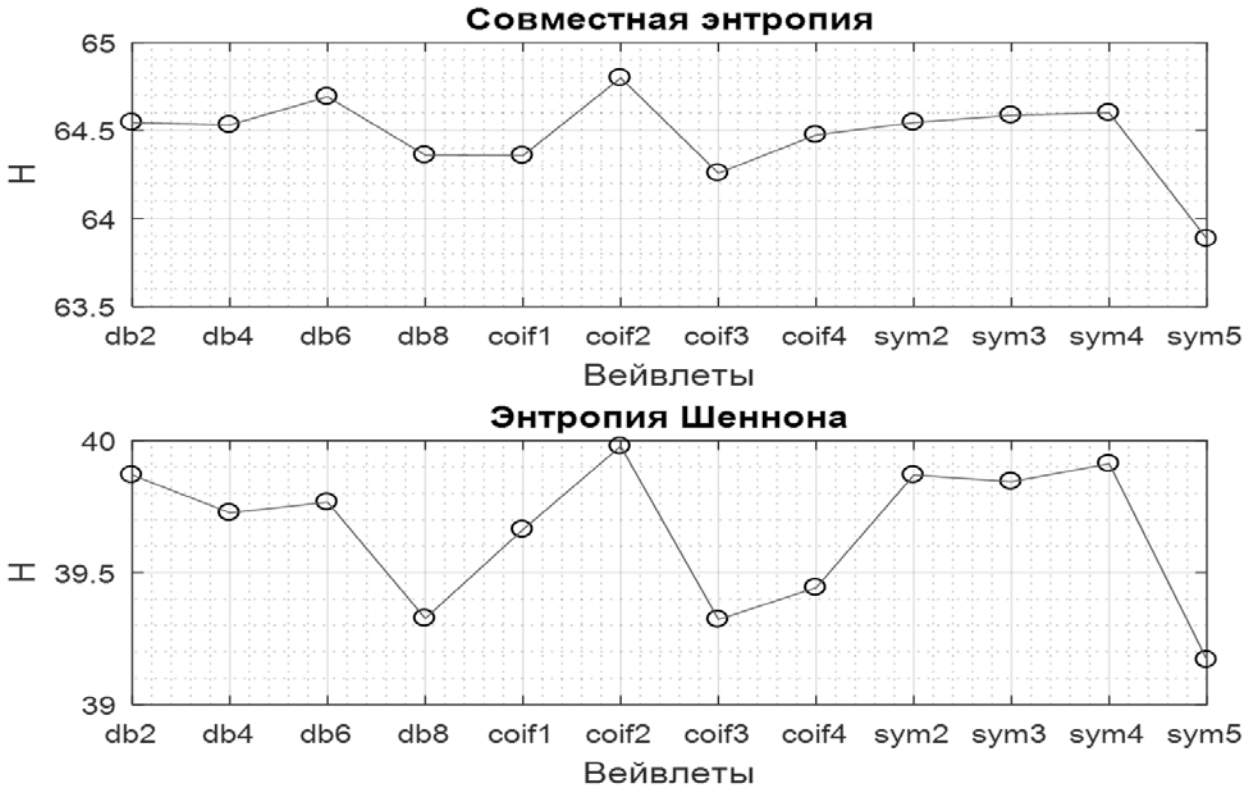



Рисунок 2 – Совместная энтропия и энтропия Шеннона для вейвлет-коэффициентов разложения 4 уровня

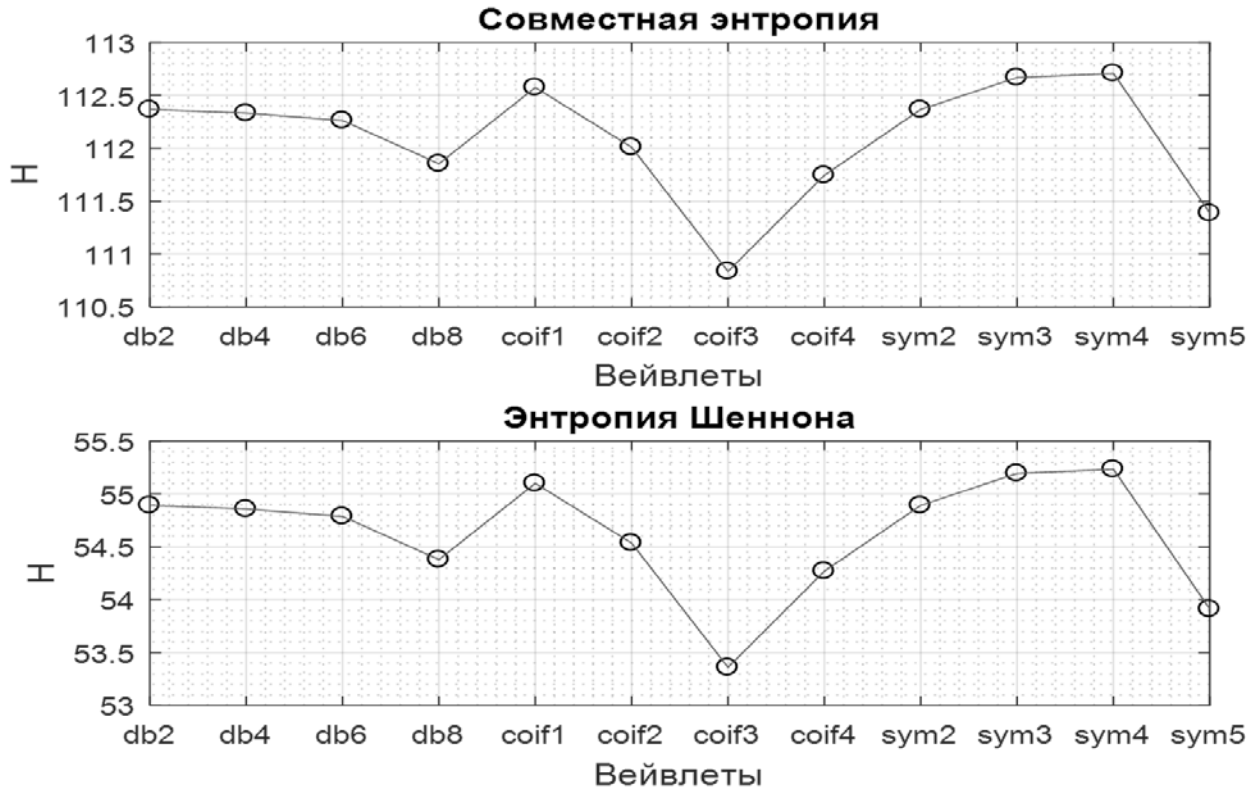



Рисунок 3 – Совместная энтропия и энтропия Шеннона для вейвлет-коэффициентов разложения 6 уровня

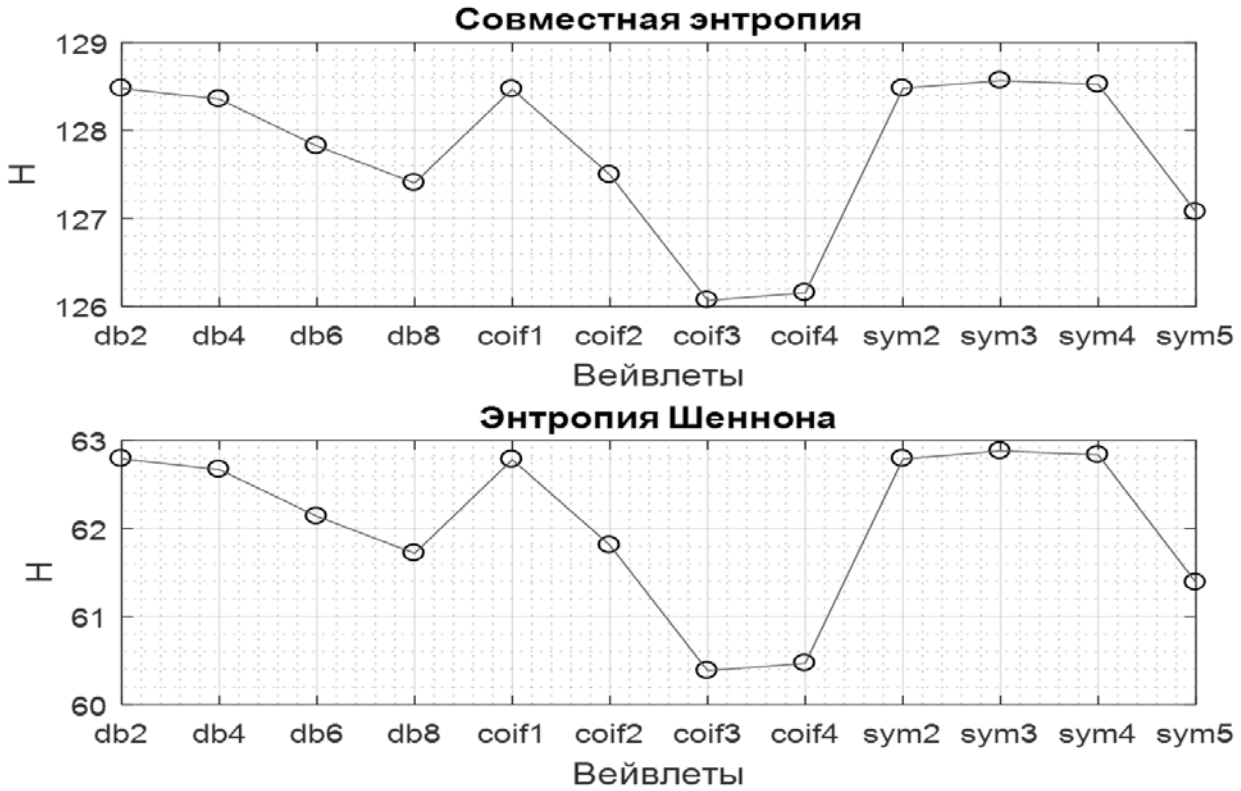



Рисунок 4 – Совместная энтропия и энтропия Шеннона для вейвлет-коэффициентов разложения 7 уровня

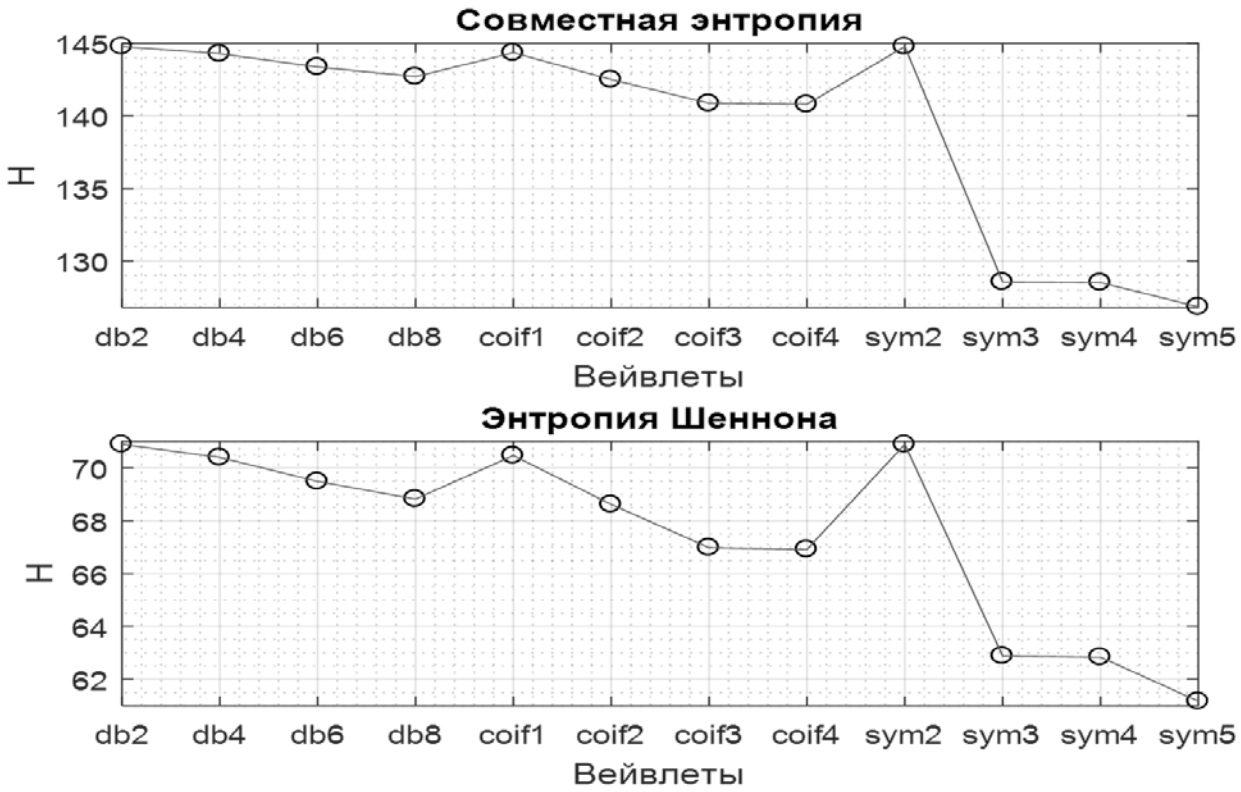



Рисунок 5 – Совместная энтропия и энтропия Шеннона для вейвлет-коэффициентов разложения 8 уровня

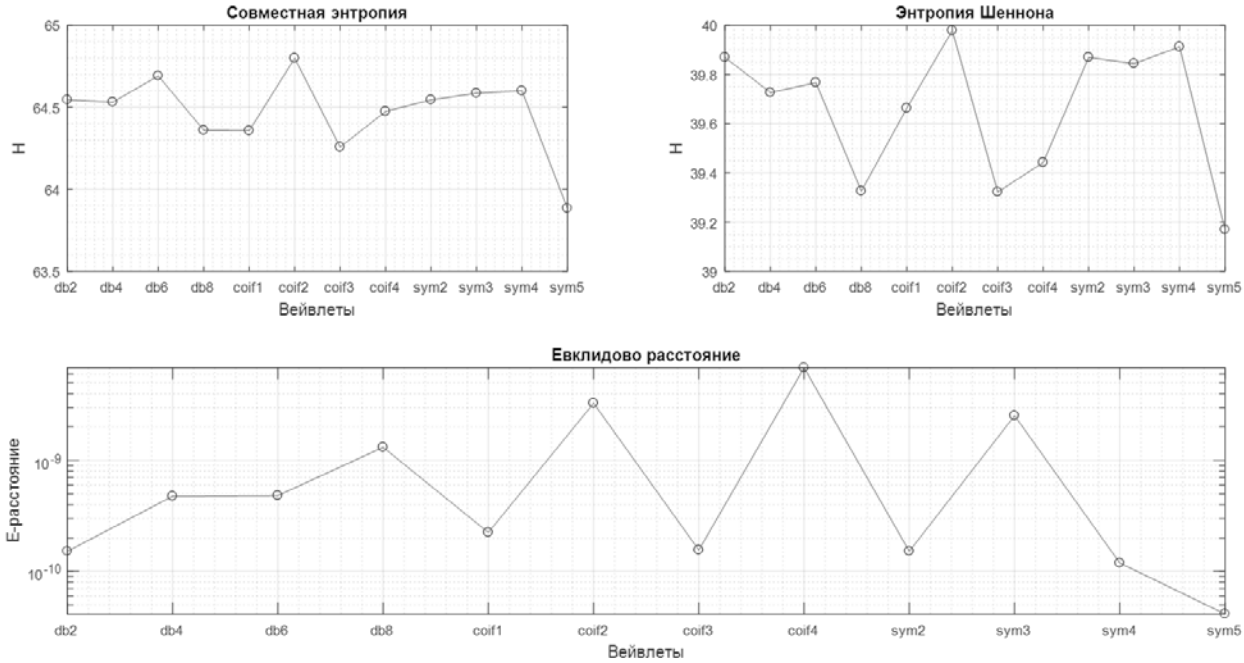



Рисунок 6 – Сравнение информационных энтропий и евклидова расстояния для вейвлет-коэффициентов разложения 4 уровня

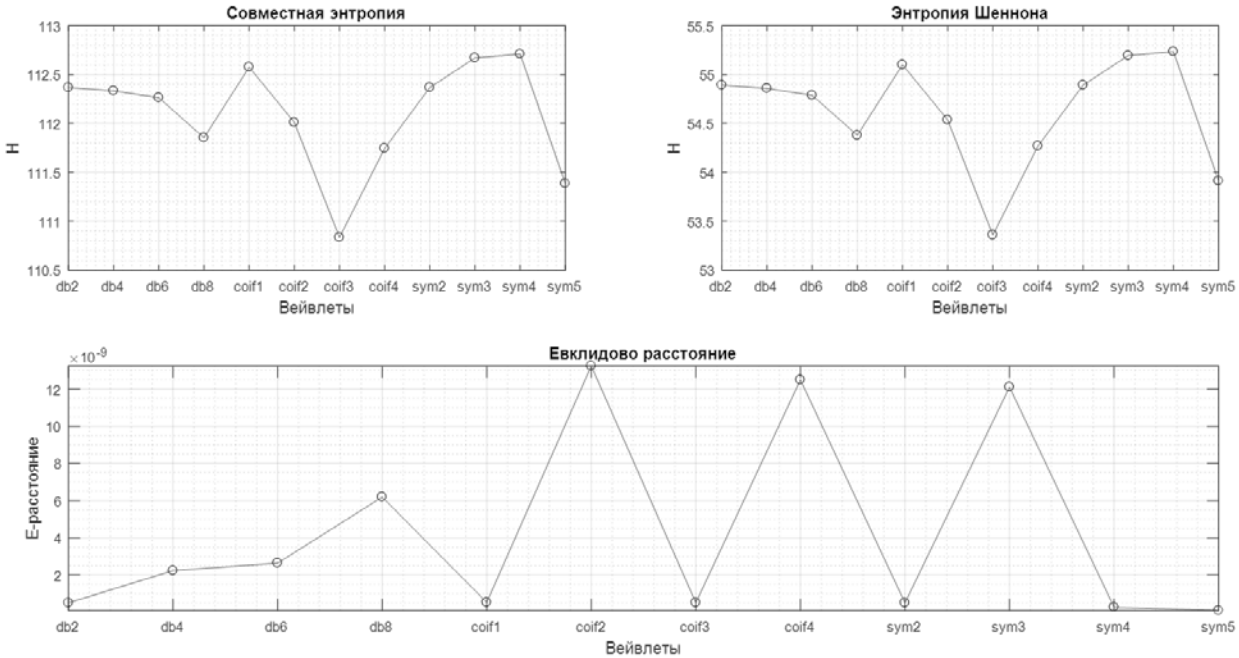



Рисунок 7 – Сравнение информационных энтропий и евклидова расстояния для вейвлет-коэффициентов разложения 6 уровня

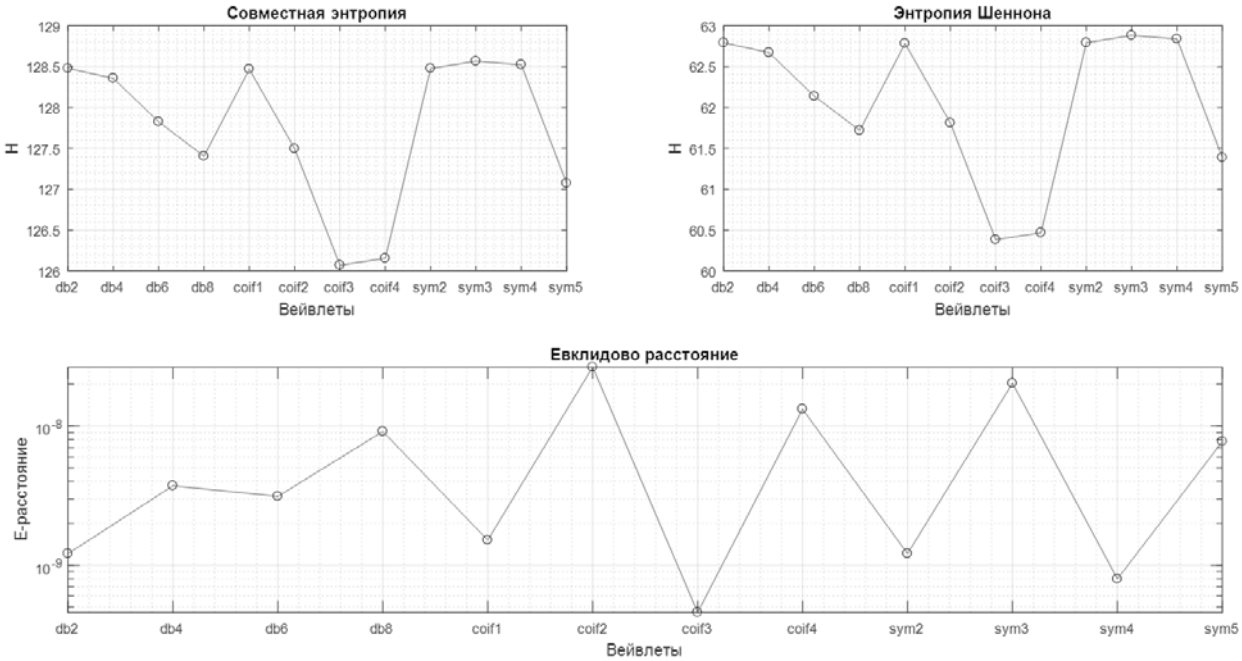



Рисунок 8 – Сравнение информационных энтропий и евклидова расстояния для вейвлет-коэффициентов разложения 7 уровня

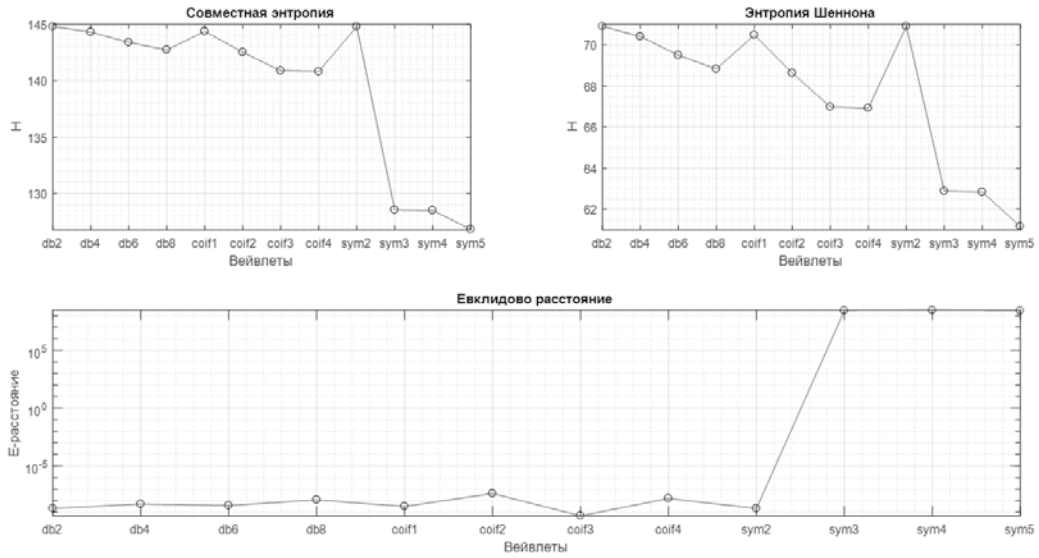



Рисунок 9 – Сравнение информационных энтропий и евклидова расстояния для вейвлет-коэффициентов разложения 8 уровня

Из представленных результатов видно, что значения ЭШ $H(c)$ и совместной энтропии $\widetilde{H}(S,C)$ при одинаковых б.в.ф. схожи. В то же время, выбор б.в.ф. ни по критерию (2), ни по критерию (3) в отдельности не обеспечивает минимума наиболее точного критерия (1). Этот факт свидетельствует о том, что б.в.ф. ни в одном из случаев не обеспечивает точное преобразование сигнала в частотную область. Следовательно, критерии (2) и (3) не могут быть независимо использованы для выбора оптимальной базисной вейвлет-функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Астафьева Н.М.*Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н.М. Астафьева // Успехи физических наук. – Т. 166, № 11. – 1996. – С. 1145 - 1170
2. *Полозов Ю.А., Мандрикова О.В.* Критерии выбора вейвлет-функции в задачах аппроксимации природных временных рядов сложной структуры // Информационные технологии. — Москва. 2012 г. №1. С. 31 - 36.
3. *Щербань И.В., Кириленко Н.Е., Кубах Е.В.* Виртуальный прибор выбора оптимальной базисной вейвлет-функции в реальном времени // «Концепции фундаментальных исследований – 2017» / Материалы Международной НПК, 9 декабря 2017 г. Уфа, с 179-182.
4. *Hong He, Yonghong Tan, Yuexia Wang*. Optimal Base Wavelet Selection for ECG Noise Reduction Usinga Comprehensive Entropy Criterion // Entropy — Open Access Journal – 2015, v.17, p. 6093-6109.
5. *Дьяконов В.П.*MATLAB. Полный самоучитель.– М.: ДМК Пресс, 2012. Москва, с 695-699.

**П.А. Кутиков, А.С. Мелешин, Л.П. Королева**

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ В ИНТЕРЕСАХ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации

Ключевые слова: авиационная радиосвязь, контроль воздушного трафика, помехоустойчивость каналов связи, широкополосные сигналы, широкополосные системы связи.

В статье рассматривается направление развития радиоэлектронной связи в интересах повышения качества управления воздушным движением, и показано, что документы ИКАО обеспечивают хорошие перспективы для совершенствования авиационной и наземной аэронавигационной радиосвязи. Показано, что для получения стабильной радиосвязи в сложной ситуации помех целесообразно внедрять методы для передачи информации с использованием широкополосных сигналов.

**P.A. Kuticov, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva**

# DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF AVIONICS RADIO COMMUNICATION IN THE INTERESTS OF IMPROVING THE QUALITY AIR TRAFFIC CONTROL

Federal state military professional educational institution "183 training center" Ministry of Defense of the Russian Federation, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: aviation radio communication, air traffic control, noise immunity of communication channels, broadband signal, broadband communication systems.

The article considers direction of development of avionics radio communication in the interests of improving the quality air traffic control and it is shown that the ICAO documents provide good prospects for the improvement of aeronautical and terrestrial aeronautical radio communications. Shown, that in order to obtain a stable radio communication in a complicated interference situation, it is advisable to implement methods for transmitting information using broadband signals.

Aviation radio communication facilities (air and ground) play a very important role in the process of providing air traffic control. The level of safety and regularity of civil aviation flights depend on the quality of the functioning of the radio communication channels, reliability, speed of information delivery to consumers, primarily the aircraft crews. Therefore, it is necessary to constantly improve the capabilities and characteristics of radio communication systems used in civil aviation.

The ICAO documents [1] indicate the most important areas of work to ensure the high reliability of aeronautical airborne radio communications and terrestrial dispatch communications systems.

To the basic directions of perfection of aviation air radio communication to interests of improvement of quality of management by air traffic it is possible to carry the following:

- transition from one-functional to multifunctional radio communication systems;
- introduction of perspective methods of formation of modern methods of formation and processing of digital signals;
- automation of communication network management;
- creation of networks with redundant communication channels to improve communication reliability;
- application of multichannel information transmission systems using time multiplexing of communication channels and principles of synchronous digital hierarchy;
- improvement of terminal equipment, application of a modern element base in it, methods of signal generation and processing, which can improve the reliability of communication channels;
- increase noise immunity of communication channels and stealth transmission of information.

To obtain a stable radio communication in a complicated interference environment, it is advisable to implement methods for transmitting information using broadband signals [2]. On the basis of broadband signals it is possible to maintain stable radio communication, even in those cases when the level of the received useful signal is below the level of interference. The use of

complex signals in broadband communication systems also makes it difficult to extract information from the signal, if the data on its structure are not known, which is currently very relevant due to the increased frequency of seizure of aircraft.

The difference between a broadband system and an ordinary (narrowband) system is the use of signals with a bandwidth much broader than the transmitted message band and selection methods based on the use of signals of different shapes on the transmitting side and consistent with the shape of the filter signals on the receiving side.

Broadband signals can provide high reliability of communication and transmission of messages with the quality and speed required for modern aeronautical radio-communication systems.It is important to note that broadband aeronautical aeronautical radiocommunications are basically compatible with narrowband, i.e. At the same part of the range, both can work simultaneously, without seriously interfering with each other.The difference between a broadband system and an ordinary (narrowband) system is the use of signals with a bandwidth much broader than the transmitted message band and selection methods based on the use of signals of different shapes on the transmitting side and consistent with the shape of the filter signals on the receiving side.

Broadband signals can provide high reliability of communication and transmission of messages with the quality and speed required for modern aeronautical radio-communication systems.

The analysis allows us to conclude that the ICAO documents provide good prospects for improving air and ground aviation radio communications. Therefore, the development of such systems is relevant at the present time.

REFERENCES

1. ICAO Doc. 9426. Air Traffic Services Planning Manual. **https://yandex.ru/images/searc**.
2. *Varakin L.E.* Communication systems with NTS. M .: Radio and communication, 2005— 384p., il.

**К.И. Лаврентьев, А.С. Мелешин, Л.П. Королева**

## МУЛЬТИСЕРВИСНОЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АЭРОВОКЗАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации

Ключевые слова: воздушные коммуникации, аэровокзальный комплекс, инфокоммуникационная сеть, широкополосный мультимедийный сигнал, гибридная раддиочастотно-оптическая широкополосная сеть доступа, система антенн, Ethernet-технология, PON-технология, оптический терминал

Рассматривается направление мультисервисного инфокоммуникационного обеспечения аэровокзальных комплексов на основе гибридных беспроводно-оптических сетей широкополосного доступа. Показано, что создание такой сети требует решения двух взаимоувязанных задач формирования зоны полного радиопокрытия внутри аэровокзального комплекса но основе систем мобильной радиосвязи LTE или LTE Advansed и организации сопряженной мультисервисной оптической сети доступа городского уровня на основе стандарта OEthernet.

**K.I. Lavrentyev, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva**

## MULTISERVICE INFOCOMMUNICATION SUPPORT OF AERO TERMINAL COMPLEXES

Federal state military professional educational institution "183 training center" Ministry of Defense of the Russian Federation,
Rostov-on-Don, Russia

Keywords: air communications, hub airports, infocommunication network, broadband multimedia signal, hybrid wireless-optical broadband access network, antenna system, Ethernet technology, PON technology, optical terminal.

The direction of multiservice infocommunication support of air terminal complexes on the basis of hybrid wireless-optical networks of broadband access is considered. It is shown that the creation of such a network requires solving two interrelated tasks of forming a zone of complete radio coverage within an airport complex based on mobile radio systems LTE or LTE Advansed and organizing an interconnected multiservice optical access network based on the OEthernet standard.

The currently implemented concept for the development of air communications in the Russian Federation provides for the formation of an effective unified route network of the main air carriers of the country on the principle of "hub-and-spoke" on the basis of international hub airports and intra-Russian hub airports [1]. Hub airports are specific airports that perform docking and transplantation of transit passengers between flights from other airports.

The peculiarity of the recently modernized nodal airports is that the passenger terminals in them began to expand and unite into single air terminal complexes. This is done in order to develop a full-fledged hub infrastructure at these hub airports, and the passenger flow freely circulated between the terminals when transiting passengers on connecting flights. It is expected that this will save resources and time between flights of airlines, when their density will increase like the world's largest hubs.

The growth of the passenger traffic passing through the hub leads to an increase in the traffic of the involved mobile networks, providing the needs of both home and roaming subscribers. In this case, there is a significant increase in mobile data traffic.

Provision of an appropriate level of infocommunication services to passengers and airport terminal personnel (primarily air traffic control and dispatching services) is possible only on the basis of the concept of transmission of broadband multimedia signals in the Triple Play basis

(voice, data and video transmission over a single IP- channel) and the formation of an access network based on a hybrid wireless-optical broadband access network (WOBAN) [2].

Creation of a hybrid wireless-optical broadband access network requires solving two interrelated tasks:

- formation of a zone of a full radio coverage in an air terminal complex but based on the mobile radio systems of the new generation of LTE (LongTerm Evolution) and LTE Advansed (3G and 4G technologies, respectively) [3];
- organization of a multiservice optical access network based on the standard for end-to-end transmission of multimedia signals (multimedia services) in infocommunication networks OEthernet (Omnipresent Ethernet) [4].

This solution involves placing the LTE Advansed (eNB - Evolved Node-B) base station in close proximity to the airport complex and forming a distributed antenna system in the terminal building to prevent "dead zones" caused by a large number of large metal bearing structures of the building.

OEthernet is the latest version of the technology for end-to-end transmission of multimedia signals. It is based on the basic Ethernet technology, taking into account its basic development stages (Metro Ethernet, Carrier Ethernet) and provides implementation of all levels of the hierarchy of speeds of the base technology - E (10Mbit / s), FE (100Mbps), GE (1000Mbps), 10GE (10Gb / s), 40GE (40Gb / s).

OEthernet is based on the capabilities:

- representations of operator networks on the basis of graph theory;
- end-to-end transmission of multimedia signals using Carrier Ethernet technology.
- In turn, Carrier Ethernet is a set of necessary standardized carrier-class services and is determined by the following basic attributes:
- scalability;
- management of services;
- reliability of the carrier class;
- end-to-end Quality of Service (QoS) mechanism.

The concept of OEthernet is a new comprehensive paradigm for building infocommunication networks. OEthernet solutions are based on the concept of data transfer from a source based on binary routing, logical topology and abstract and target data stream connections, leading to a new hierarchy of transporting flows from end to end of the infocommunication network.

Having a routing source means that the end user can enter the data stream into the network with a minimal or completely missing header. Binary routing implements formalized non-regular traffic in the binary tree graph format, in which the tree has virtual nodes with a connectivity of 3 or 2.

Using binary routing allows you to significantly forgive and automate the process of transmission from subscriber to subscriber.

Connection of a multiservice optical network of access to the city transport network is carried out on the basis of the technology of passive optical networks (PON). PON is an optical access architecture that provides broadband communications (voice, data and video) between the optical terminal OLT (Optical Line Terminal) and various remote optical network devices ONU (Optical Network Units in the terminology of IEEE) and ONT (Optical Network Terminal in terminology ITU-T) within the passive optical network.

The gateway of the wireless and optical sections of the proposed hybrid network is the gateway switching center, which is an integral part of the LTE wireless network. In addition to the possibility of interfacing with a wireless network, PON technology provides the possibility of equipping the seats in the airport lounge with ONT-outlets for connecting portable infocommunication terminals.

Thus, the analysis shows that multiservice infocommunication support of air terminal complexes based on hybrid wireless optical broadband access networks is very promising and fully complies with the transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030

REFERENCES


1. The concept of the development of the airport (airport network of the Russian Federation for the period until 2020. http://pandia.ru/text/77/191/17688.php
2. *Feng Taiming, Ruan Lu.* Design of survivable hybrid wireless broadband access network. J. Opt. Communication and Network, 2011, N3, p.4-6; 458-464 /
3. *Tikhvinskiy V., Terentiev S., Urchuk A.* LTE mobile networks: Technologies and Architecture. - Moscow: Eco-Trends, 2010. – 284 p.
4. Omnipresent Ethernet - Technology Choices for End-to-End Networking. http: // www.ece.unm.edu/acl/papers/j2010_1/pdf.



**В.Л. Львов, Е.В. Игначкова, К.В. Львов**


## ВЕБ-ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ УДАЛЕННОГО ЗАПУСКА ПРОГРАММ НА СЕРВЕРЕ


Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия



**Ключевые слова:** онлайн-сервисы, JAVA, exp4j, AJAX, JQuery, LightBox.



Статья содержит описание процесса проектирования и разработки информационной системы, предназначенной для удаленного запуска приложения на сервере. Рассматривается общая архитектура приложения, особенности реализации отдельных компонентов системы и методика тестирования системы в целом, а также проектирование пользовательского интерфейса.

**V.L. Lvov, E.V. Ignachkova, K.V. Lvov**

# WEB-INTERFACE FOR REMOTE EXECUTION OF PROGRAMS ON SERVER SIDE

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: online services, JAVA, exp4j, AJAX, JQuery, LightBox.

The work considers the process of designing and developing an information system designed to remote execute a program on a server. It is considered the general architecture of the application, the features of implementing individual components of the system and the methodology for testing the entire system, and user interface design.

## Введение

В современных информационных системах веб-технологии играют очень важную роль. Привлекательность веб-технологий как средства доставки информации во многом определяет универсальный интерфейс между человеком и компьютером, который обеспечивается браузерами.

С распространением веб-технологий связана проблема перехода от desktop-приложений к веб-приложениям, средства для разработки традиционных веб-приложений могут не обладать необходимыми библиотеками или инструментами для решения некоторых конкретных задач.

Простым решением этой проблемы является предоставление пользователю веб-интерфейса для удаленного доступа к приложению, установленному на сервере.

Основной целью статьи является разработка технологических решений и рекомендаций, позволяющих производить удаленный запуск приложения на сервере, а также обрабатывать результатыего выполнения.

## Проектирование

Разрабатываемая система, состоит из двух основных компонентов:

1) консольное приложение (установленное на сервере), которое строит график произвольной функции, передаваемой приложению в виде параметра.
2) веб-сервер, который предоставляет изображение клиентам и хранит базу данных с информацией об экспериментах.

Клиенты обращаются к информационному ресурсу, используя свои интернет браузеры. Разрабатываемы ресурс предусматривает блок авторизации пользователей, пользователям предоставляется возможность авторизоваться с помощью их аккаунтов в социальных сетях.

Результатом работы консольного приложения является изображение, в случае ошибки пользователь получит сообщение об ошибке. Помимо отображения результата последнего запуска программы, для авторизованных пользователей отображаются несколько графиков, являющимися результатами последних запусков программы на сервере текущим пользователем. Подробное описание возможностей пользователя представлено на диаграмме вариантов использования (Рисунок 1) [1].

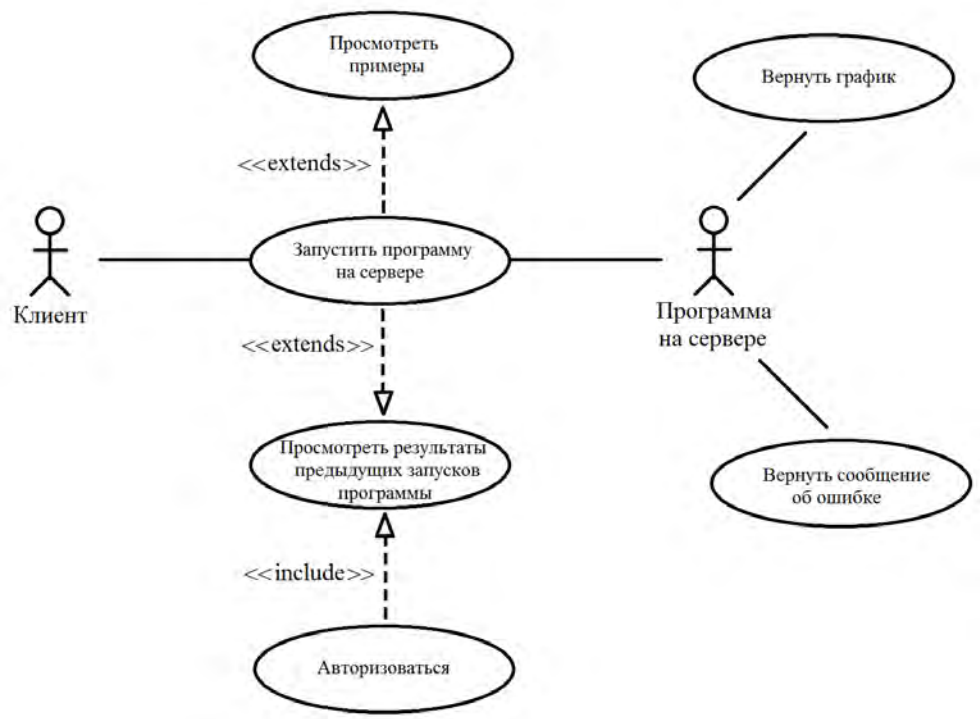



Рисунок 1 — UML-диаграмма вариантов использования

Так как в разрабатываемой системе клиент предполагается тонким, под действиями, выполняемым на клиенте следует понимать действия, выполняемые браузером пользователя. На клиенте выполняется следующее:

- пользователем вводятся необходимые входные параметры;
- проверяется корректность введенных данных;
- выполняется запрос к веб-серверу в фоновом режиме. Это реализуется с помощью ajax-запросов.

На сервере выполняется следующее:

- при получении запроса от клиента, запускается внешнее desktop-приложение с полученными параметрами.
- проверяется статус выполнения. Если приложение завершило работу без ошибок и вернуло имя файла с изображением, на веб-страницу подгружается изображение с графиком функции. Если приложение завершило работу с ошибкой, на веб-странице пользователя будет выведено сообщение [2].

Так же на сервере будет производиться контроль авторизации пользователей. Учетные записи зарегистрировавшихся пользователей будут храниться в базе данных.

Описанный алгоритм взаимодействия между частями системы изображен на схеме (Рисунок 2).

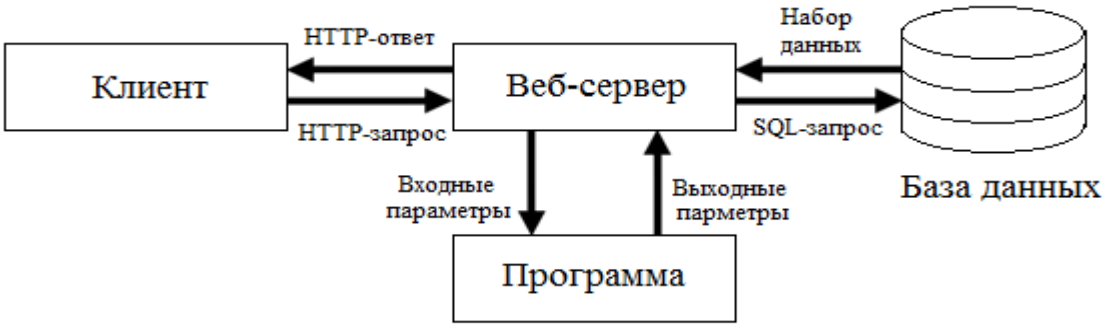



Рисунок 2— Схема взаимодействия сервера и клиента

Для работы с графикой была выбрана библиотека AWT (AbstractWindowToolkit — набор абстракций для работы с окнами), а именно класс Graphics [3]. Библиотека AWT поставляется в составе JDK (Java DevelopmentKit) в пакете java.awt [4].

Для разбора и вычисления математического выражения, вводимого в качестве функции, используется библиотека exp4j. Данная библиотека не имеет каких-либо дополнительных зависимостей. Она реализует изобретенный Эдсгером Дейкстрой «Алгоритм сортировочной станции», благодаря чему способна обрабатывать запись математических выражений и функций, записанных в форме, понятной человеку [5].

Для взаимодействия веб сервера с программой построения графиков используется встроенная функция php — exec, имеющая следующий вид:

string exec (string command [, array output [intreturn_var]]),

где command— команда (имя программы с аргументами), которая будет исполнена.

Если параметр output указан, то массив будет заполнен строками вывода программы. Этот параметр используются для передачи на веб-сервер строки, содержащей путь к графическому файлу. Если заданы оба параметра return_var и output, то при выходе параметр return_var будет содержать статус завершения внешней программы. В разрабатываемой системе данный параметр используется для контроля ошибок при выполнении программы.

Так как внешнее приложение написано на языке программирования Java, результатом сборки проекта будет исполняемый файл с расширением jar, для запуска которого необходима виртуальная Java машина, установленная на компьютере. Для запуска приложения строка command должна содержать следующую команду:

java -jar [Имя jar-файла] [Набор входных параметров].

Все параметры должны иметь строго определенный порядок. Параметры передаются исполняемому файлу в виде строк, которые преобразовываются программой к необходимому типу данных.

Набор передаваемых параметров включает цвета, которые определяются пользователем с помощью html-элемента <input>с атрибутом type имеющим значение “color”. При определении цвета в HTML используются числа в шестнадцатеричном коде. Такой формат записи не удобен при определении цветов во внешней программе, поэтому на странице предусмотрен скрипт, преобразующий шестнадцатеричный код в три десятичных числа, соответствующих координатам в кубе RGB (аббревиатура английских слов Red, Green, Blue). Следовательно, и передача каждого цвета внешней программе выполняется с помощью передачи трех параметров.

Непосредственно для обновления изображения используется связка средств JavaScript (библиотека JQuery) и технологии Ajax [6].

Отправка входных параметров на веб-сервер, скрипту, выполняющему запуск программы, происходит при нажатии кнопки «Построить» с помощью ajax-запроса. Запрос выполняется с помощью метода

jQuery.post(url,[data],[callback],[dataType]),

где: url — адрес, по которому будет отправлен запрос (обязательный параметр);

data — данные, которые будут отправлены на сервер. Они должны быть представлены в форме объекта, в формате:

{fName1:value1, fName2:value2, ...};

callback(data) — пользовательская функция, которая будет вызвана после ответа сервера, где data — данные, присланные с сервера;

dataType — ожидаемый тип данных, которые пришлет сервер в ответ на запрос [7].

```
$.post("execute.php", { func:$('#func').val(),
                        interval:$('#intervalNumb').val(),
                        q:$('#quantNumb').val(),
                        R1:toR($("#colorXY").val()),
                        G1:toG($("#colorXY").val()),
                        B1:toB($("#colorXY").val()),
                        R2:toR($("#colorLine").val()),
                        G2:toG($("#colorLine").val()),
                        B2:toB($("#colorLine").val()),
                        labelX:$('#labelX').val(),
                        labelY:$('#labelY').val()
},function (data){
        if(data == "Error"){
                $('#warning').show();
                $('#warning').text("Во время построения произошла ошибка, проверьте корректность введенных данных");
                var destination = $("#warning").offset().top;
                $('body').animate({ scrollTop: destination }, 800);
        }
        else{
                $('#graph').show();
                $('#graph').attr('src',data);
                var destination = $("#graph").offset().top;
                $('body').animate({ scrollTop: destination }, 800);
        }
});
```

В случае нормального выполнения программы, скрипт возвращает путь к файлу с графиком, который устанавливается в качестве значения атрибута src в callback-функции. В случае ошибки пользователю выводится сообщение с предупреждением.

Разрабатываемый информационный ресурс предлагает возможность авторизоваться с помощью аккаунта в социальной сети Вконтакте или Facebook. Для реализации авторизации данного типа необходимо зарегистрировать свое приложение на

сайте социальной сети, для этого как правило требуется указать название приложения и его тип, для разрабатываемой системы указывается тип — web-сайт. Для регистрации web-сайта требуется указать URL (UniformResourceLocator) сайта и базовый домен.

После регистрации, приложению присваиваются ID приложения и защищенный ключ, которые понадобятся для дальнейшей работы.

Для доступа к API социальной сети с разрабатываемого сайта предусмотрен механизм серверной авторизации на базе протокола OAuth 2.0. Этот метод позволяет реализовать безопасную аутентификацию пользователей на сайте через социальную сеть и получить доступ к API с web-сервера [8].

Процесс авторизации сайта состоит из 4-х шагов:

1. Открытие окна браузера для аутентификации пользователя на сайте социальной сети.
2. Разрешение пользователем доступа к своим данным.
3. Передача сайту значения code для получения ключа доступа.
4. Получение сервером приложения ключа доступа access_token для доступа к API социальной сети.

**Тестирование**

Результаты тестирования ресурса приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования информационного ресурса

| Наименование проверки | Последовательность действий | Определение успешности проверки | Примеч. |
|---|---|---|---|
| Удаленный запуск программы на сервере | Открывается страница клиента, в обязательное поле вводиться функция, изменяются необязательные параметры, нажатием кнопки «Построить» форма отсылается на сервер и выполняется запуск программы | Полученный график функции соответствует всем введенным параметрам (Рисунок 3.6.1) | Ошибок нет |
| Проверка корректности вводимых данных | Производится попытка отправки формы на сервер с незаполненным обязательным полем и с заведомо некорректной функцией | Получение сообщений с предупреждениями (Рисунок 3.6.2, 3.6.3) | Ошибок нет |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Авторизация | Выполнить авторизацию поочередно всеми предложенными способами | Вход в систему, добавление информации о пользователе в базу данных (Рисунок 3.6.4) | Ошибок нет |
| Проверка корректности работы механизма сохранения изображений | Производится авторизация, выполняется построение нескольких графиков | Наличие изображений в каталоге веб-сервера, соответствующем текущему пользователю. (Рисунок 3.6.5) Добавление информации о изображении в базу данных (Рисунок 3.6.6) | Ошибок нет |
| Проверка правильности отображения галереи с ранее построенными графиками | Производится авторизация. | Изображения в галереи соответствуют изображениям в каталоге веб-сервера, текущего пользователя (Рисунок 3.6.7) | Ошибок нет |

**Заключение**

В статье описано веб-приложение, предназначенное для удаленного запуска приложения на сервере и desktop-приложение, строящее графики произвольных функций.

Разрабатываемая система позволит выполнять построение графиков произвольных функций онлайн и в будущем может быть внедрена в образовательный сервис для помощи школьникам и студентам при решении задач по математике, физике и другим дисциплинам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Нотации и семантика языка UML. Элементы графической нотации диаграммы вариантов использования. URL: http://www.intuit.ru/studies/courses/32/32/lecture/1004 (дата обращения 20.02.2018)
2. Citforum. Особенности архитектуры клиент/сервер URL: http://citforum.ru/programming/application/builder_cs3.shtml (дата обращения 25.02.2018)
3. Официальная документация Oracle. JavaPlatformSE 7. ClassGraphics. URL: https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/awt/Graphics.html (дата обращения 11.02.2018)
4. Официальная документация Oracle. Package Java.awt URL: https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/awt/package-summary.html (дата обращения 17.02.2018)
5. Сборник программистских рецептов. Exp4jJava-библиотека для разбора формул URL: http://devwebprog.powerhost.pw/2012/10/exp4j-java.html (дата обращения 13.02.2018)

6. Веб-программирование. Ajax технология. URL: http://mathscinet.ru/robots/web/manuals/ajax/ajax.htm (дата обращения 22.02.2018)
7. Официальный сайт JQuery. URL: http://jquery.com/ (дата обращения 15.02.2018)
8. ВКонтактеAPI. Документация. Авторизация сайтов URL: https://vk.com/pages?oid=-1&p=Авторизация_сайтов (дата обращения 28.02.2018)

**А.А. Мержвинский**

## ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ – БАЗОВОЕ ЯДРО ТЕОРИИ ИНФОРМАТИКИ

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова, г. Киев, Украина

Ключевые слова: Зондирование, переносчики взаимодействий, отражение, материально-информационный мир.

Генетический подход к бытию материальных (МО) и информационных (ИО) объектов позволил прийти, в частности, к следующим постулатам теории информации

– Взаимодействия МО и ИО возможны только при наличии переносчиков взаимодействий.
– ИО непосредственно не взаимодействуют между собою, взаимодействуют только через ИО→МО→ИО преобразователи.
– ИО представлены как *информационная субстанция* - составляющая информационной реальности неживого и живого мира**.**

**AA Mierzvinskyi**

## THEORY OF INFORMATION - BASIC NUCLEI OF THEORY OF INFORMATICS

Institute of Cybernetics. VM Glushkova, Kiev, Ukraine

Key words: Sounding, vectors of interactions, reflection, material and information world.

The genetic approach to the existence of material (MO) and information (IO) objects made it possible, in particular, to arrive at the following postulates of information theory

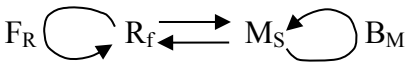
• Interactions between MO and AI are possible only in the presence of vectors of interactions.
• IO does not directly interact with each other, interact only through IO → MO → IO converters.
• IO is presented as an information substance - a component of the information reality of an inanimate and living world.

### Введение

Существенными факторами изменения парадигм теории информационных процессов происходило в связи с введением в модель связи свойств 1) сигналов и

каналов связи; 2) источников и адресатов сообщений; 3) моделей обработки информации ЭВМ, пользователем и искусственным интеллектом (ИИ) [1]. Последний фактор привел к тому, что определения понятия «информации» начали привязываться к сознанию человека и ИИ, а не информационным технологиям (ИТ) в целом. На это обратил внимание еще УРСУЛ А. Д., отметив, что «понятия информации, которые изолируются от связи с категорией *отражения*, не будут далее развиваться, они образуют тупиковые линии развития» [2].

Материальные и информационные связи объектов реального мира (РМ) достаточно глубоко проработаны в [3]. Выделены *материальные*, *информационные* и *материально-информационные* объекты-прототипы. Общая схема взаимодействия с окружающим миром представлена полным двухвершинным графом




, в котором первая вершина $R_f$ есть физическая реальность, состоящая из «неживой» материи несубъектов и живой материи субъектов, материальных носителей информации, знаний, вторая вершина $M_S$ есть мир моделей, смысловых знаковых структур в памяти субъектов, а дуги графа описывают четыре типа процессов системологии: $F_R$ – *материальный процесс* преобразования $R_f \to R'_f$ физической реальности и соответствующий ему материальный процессор; *А – сенсорный процесс* $R_f \to M_S$ получения информации об окружении и соответствующий ему материально-информационный процессор – сенсор; $B_M$ – *реформный процесс* $M_S \to M'_S$ реформирования модельного, знакового мира субъекта, текущей и накопленной информации … и соответствующий ему чисто информационный процессор, Е – *эффекторный процесс* $M_S \to R_f$ преобразования знаний в физические действия, материальную продукцию, материальные носители информации, выполняемый эффектором. Недостаток предложенной терминосистемы в том, что, формализация понятий объект, процесс, связь, состояние, информация, знак и других абстрактных понятий привязываются не к физическим феноменам природы, а к разделам ИТ верхнего уровня, к неоднозначно формализованным понятиям искусственный интеллект (ИИ) субъект [3,4]. Огромное число терминов очертили смысл понятия информация, но не прояснили вопросы: Возможно ли инвариантное к различным задачам и ситуациям определение информации, или достаточно ее имплицитное понимание? Является ли понятие «*информационная субстанция*» научным?

Отметим, что некоторые суждения других авторов, уже 2017 г., можно оценить как шаг назад: В Википедии теория информации - раздел прикладной математики … , ее основным разделом объявляется кодирование; отражение РМ игнорируется. Малышев О.В., констатируя наличие «фундаментальных взаимодействий, таких как слабые, сильные, электромагнитное и гравитационное взаимодействия, с помощью которых реализуются все процессы в Природе», при этом считает, что никаких "информационных" взаимодействий здесь нет; информация – продукт сознания [5,6]. Н.Н. Моисеев утверждает, что информация не является всеобщим свойством материи и считает, что необходимость понятия информации возникает лишь при изучении систем, обладающих целеполаганием. [7].

Австрийским философом К. Р. Поппером была предложена концепция «трех миров» реальности [8], согласно которой структура РМ включает три основных компонента:

Первый ***ФР*** - мир вещественных и полевых объектов (физический мир).

Второй ***ИР-3*** – субъективная идеальная реальность, которая включает в себя *феномен сознания человека*, а также нематериальные продукты деятельности сознания, существующие внутри него.

Третий ***ИР-2*** - объективная идеальная реальность, которая включает в себя всю совокупность *нематериальных продуктов* деятельности сознания, находящихся вне его.

Попытка осмыслить сущность феномена информации сделана К.К Колиным [9]. Термин философия информации был предложен китайскими философами в 1980 г. [10, 11]. .К.К. Колин, дополнил представление четвертым миром, миром физических *отражений*, названный им ***ИР-1*** [9]. Однако в эту схему четырех миров не вписываются явно знания в компьютерах и других средствах ИТ. Хотя К.К.Колин и определил информацию, как нематериальный феномен РМ [12], он же отмечает, что проблема состоит в том, что не определены в достаточной мере ряд фундаментальных компонент и отношений РМ.

*Постановка задачи.* Мотивационным началом работы явились, продолжающаяся дискуссия об основных понятиях и разделах теории информации, ее соотнесения с теорией информатики и другими науками [4,6,9,12,13]. Постулаты *теории информации* - ядро теории *информатики* - не сформулированы. Некоторые взаимосвязи базовых категорий выявлены автором [14-18]. Сегодня назрела необходимость:

А) Провести анализ формирования и движения информации с учетом физических свойств макромира, в частности, на основе генетического и структурного подходов.

Б) Выделить и идентифицировать фундаментальные категории информации физического уровня [10], определить адекватные термины для инженерии знаний [20].

## . 1. Концептуальная модель реального макромира

Макромир - совокупность объектов исследования доквантовой физики, доступных наблюдению невооружённым глазом и относительно простыми инструментальными средствами. *Мир* удобно представить в виде полного графа физических материальных объектов (МО). Его вершины отображают МО, а ребра – связи между ними [21] Любой фрагмент предметной области (ПдО) может быть представлен как совокупность МО, между которыми существует определенные *связи* (рис. 1). Обозримость понимания достигается агрегацией вершин одноуровневой модели, выделением иерархической или других моделей. *Материальный объект* - *н*еоднородность распределения материи, которая может быть описана набором свойств. . Наиболее общим физическим свойством, определяющим возможность взаимодействий, является способность МО обмениваться со средой *V* и другими МО веществом *G,* излучением *Г* разной природы, энергией *E.* Взаимодействия объектов в итоге привели к образованию неорганического мира и жизни/.

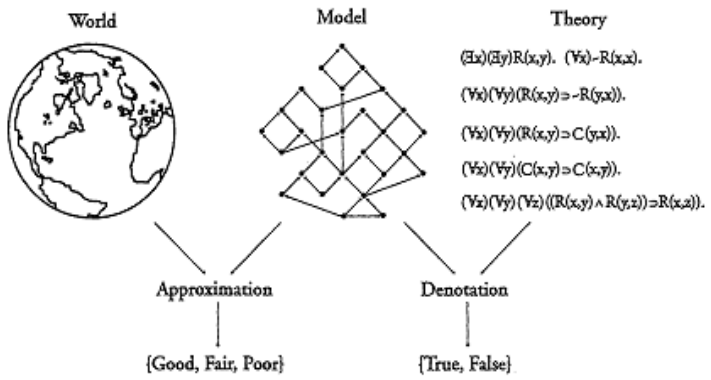


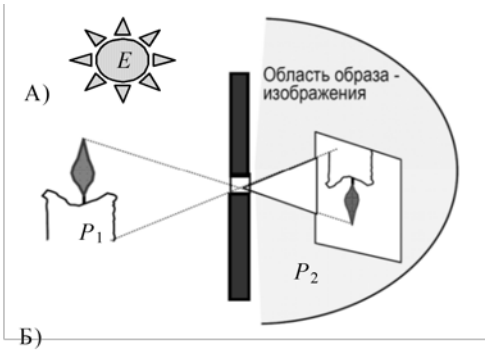

Рис. 1 Соотнесение реальности и теории *Sowa J,F*

*Связи* – рассматриваются как средства непосредственного или опосредствованного взаимодействия материальных объектов [relationship] и характеризуются функциями. *Связи* могут быть отображены в виде модели механизма передачи воздействия от одного объекта к другому. Эти механизмы – базируются на свойствах полей и потоков частиц: кластеров МО, ионов, электронов фотонов, отличающихся плотностью, спином, вектором поляризации.

В силу общих свойств МО, любой из них может выступать как первичный источник информации. В настоящее время используется достаточно много различного типа сенсоров, позволяющих определять одномерные характеристики объекта: плотность, давление, температуру, процентный состав вещества в жидкости, концентрацию гемоглобина в крови, пространственные характеристики объектов, параметры движения [22]. Все они функционируют на основе использования некоторых *переносчиков взаимодействий*. МО могут рассматриваться и в ипостаси физического носителя *отражения*, как результата процесса "копирования" - морфного воспроизведения признаков, свойств и отношений некоторой материальной неоднородности (*объекта-прототипа*) в совокупность элементов другой материальной неоднородности - *объекта-отражения*..

## 2 Сенсорные процессы в естественных неживых средах

*Феномен отражений - исходное физическое явление информационного процесса.* В [3] предполагается, что процессы реализуются четырьмя материально-информационными процессорами: сенсор, рефор, актуратор и адекватор. Бытует мнение, что информационные процессы осуществляются только при наличии пользователя - живых объектов. Однако, мы имеем феномен формирования непрозрачной перегородкой $T_P$ (partitiion) с узким отверстием D изображения освещенного осветителем $E$ объекта $p_1$ на плоском объекте $p_2$ (рис.2). Разрешающая способность на расстоянии F в плоскости изображения определяется диаметром отверстия и допустимым перекрытием лучей элементов *i объекта-прототипа* $p_1$ (рис. 3). Индуцированное состояние пикселя (в отличие от случая, когда его состояние удерживается после прекращения воздействия) определяет яркость $L_{n2}$ пикселя отражения на белой поверхности *объекта-отражения* $p_2$. В случае попадания лучей, например, на светочувствительную пленку на ней формируется изображение объекта. При линейном преобразовании *i*-го светового потока яркость $L_{n2}$ пропорциональна яркости $L_{n1}$ *i*-го элемента освещенного МО $p_1$. Это пример формирования в естественной среде *отражения* (назовем его *информационный объект* - ИО). Существование этого отражения не зависит от наличия сознания человека; оно определяет первоначальный смысл простейшего ИО.




***Информационный объект - отражение МО-прототипа или другого ИО на носителе в виде совокупности состояний их элементов***.

Это определение не противоречит известным определениям ИО и его соотнесению с другими объектами, в частности: *Инормационный объект* это синтаксическая структура, состоящая из знаков определенного языка, которая наделяется внешними субъектами некоторыми смыслами, семантикой,

антипод МО [4].

*Энергетические соотношения.* При распространении излучения от точечного источника до элемента объекта $p_2$ имеет место феномен ослабления плотности потока *П*:

а) При распространении от источника излучения *E* к элементу $p_1$ пропорционально квадрату расстояния

$$П = W_{изл}/4\pi r^2, \qquad (1)$$

где W – мощность источника излучения, *r* – расстояния от источника *E* до элемента $p_1$.

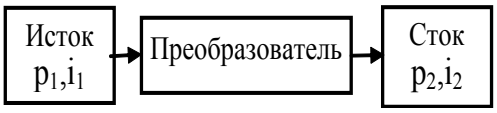



Рис. 2. Процесс и формальная схема формирования изображения объекта отверстием в непрозрачной перегородке

б) Вследствие особенностей взаимодействия излучения с элементом объекта $p_1$ и неравномерности диаграммы направленности вторичного излучения. Общее ослабление *Кп* потока излучения от истопника *E* к элементу $p_1$ и далее к отверстию перегородки *T* составит

$$Кп = Кпи * Кпс \qquad (2)$$

*Кп* = Коэффициент передачи, *Кпи* — отношение возбуждающего потока в объекте $p_1$ к полному возбуждающему потоку источника, *Кпс* – отношение возбуждающего потока зондирующего элемент объект $p_1$ к потоку элемента $p_2$.

*Геометрическое отображение процесса формирования отражения.* Принцип формирования оптического изображения – картины, получаемой в результате прохождения через оптическое отверстие лучей, распространяющихся от объекта, и воспроизводящей его контуры и детали иллюстрируется рис. 3а. На рис. 3б показаны элементарные лучи в центре и на краю изображения; φ - *апертурный угол* — угол между крайним лучом конического светового пучка на входе (выходе из) оптической системы и её оптической осью; и α – угол между центрами проекции соседних элементов объекта-прототипа и объекта изображения. *F* – расстояние до картинной плоскости. Можно показать, что при заданном апертурном угле φ связь между минимальным расстоянием F, диаметром отверстия перегородки D и числом элементов разложения отражения диаметром d имеет вид

$$F = d/2tg\varphi \qquad (3)$$

при этом число элементов разложения *n* равно

$$n = F*2tg\varphi/D \qquad (4)$$

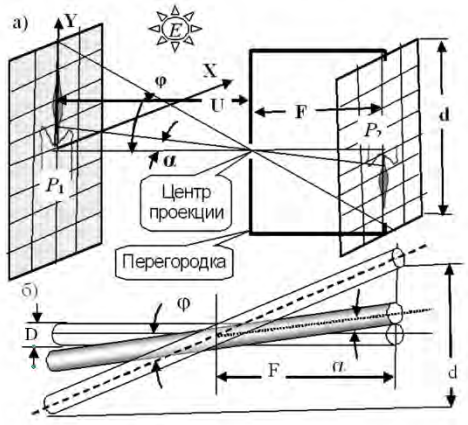



Рис.3. Геометрические соотношения при формировании изображения

Естественная система оптического преобразования *Исток→Сток* характеризуется масштабом преобразования *объекта-прототипа* в *объект-изображение.* Пренебрегая явлением дифракции теоретически координаты пикселей объекта-отражения, очевидно, связаны с координатами элементов объекта-прототипа линейной зависимостью:

$$X = a*x_o = (F/U)*x_0$$
$$У = a*y_o = (F/U)*y_o \qquad (5)$$

где a = F/U –масштаб преобразования.

Выражение (5) свидетельствует, что совокупностью состояний характеризуется не только объект-отражение, но и объект-прототип. Тогда

объект-прототип, поскольку он является отражением некоторого процесса его формирования, также можно считать ИО. Вывод: ***Состояния совокупности элементов объекта-прототипа и элементов объекта-отражения есть информационные объекты.***

*Формальное описание информационного процесса* может базироваться на схеме опосредствованных. взаимодействий *Исток (source) – Преобразователь (Transcuder) – Сток (drain)* (рис. 2б). Стрелки изображают потоки переносчиков. Иногда *связь* между истоком и стоком реализуется не искусственным объектом, а, паразитной связью, например, через среду. В общем случае представляется приемлемым термин «оперант». Термин *коммуникант* определим как обобщение понятий *Исток, Оперант, Сток.*

Аналогичные процессы формирования изображения происходят в электронном микроскопе при сканировании электронным потоком [23].

*Вывод.* В РМ линейное отображение объекта-прототипа в двумерный образ отражения обеспечивается переносчиками взаимодействий и не ограничивается миром живого.

**3. Формирование и жизненный цикл отражений в технических средствах**

В искусственных устройствах отверстие непрозрачной перегородки выполняют значительно большего размера и в отверстии устанавливают объектив (рис. 4). Суть изображения не изменяется, существенно увеличивается его яркость. При проектировании изображения на матрицу фотоэлементов, имеет место членение образа-*отражения* на элементы, соответствующие размеру сенселей матрицы, т.е. формируется многоэлементное отображение [18]. Различаемые неоднородности отражаемого объекта - величина элемента неоднородности, спектр излучения - определяются аберрациями объектива, линейными размерами и спектральной чувствительностью фотоэлементов.

Схему на рис. 4 можно трактовать, как ИС изготовления копии удаленной от объекта детали, например, методами 3D-технологий. ИС реализует стадии оптических или иных *отражений* объектов-*прототипов* [19]. Формируемые отражения естественно именовать терминами в соответствии с их онтологическим статусом: информационное поле, область образа-*изображения* поле, исходные, обработанные, реализованные данные, наконец, воплощенные данные или объект-*воплощение*. Физическое описание процесса:

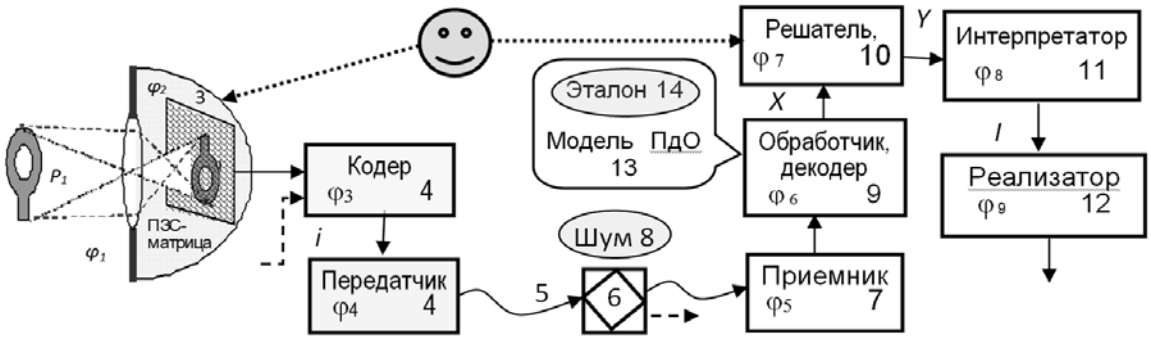



Рис. 4. Пример ИС реализации жизненного цикла семантической информации.

*Эмиссия* объектом-*прототипом* 1 фотонного потока в свободное физическое пространство, *формирование* $\boldsymbol{\varphi_0}$ вокруг объекта-*прототипа* области информационного поля и далее формирование $\boldsymbol{\varphi_1}$объективом 2 образа-*изображения*.

*Рецепция* некоторых физических параметров информационного поля (интенсивность, спектр, вектор распространения…) области изображения и преобразование к форме, удобной для дальнейшей обработки совмещены в аппаратуре передатчика 4; $\boldsymbol{\varphi_2}$ это преобразование сенсором 3 излучения $\lambda$ в электрический ток $i$ и его аналого-цифровое преобразование. Выходной сигнал сенсора 3 обычно в двоичном коде, перекодируется в формат обработки и модулирует передатчик 4 $\varphi_4$. Т*ранспортировка* образа осуществляется передатчиком 4; линией связи 5, коммутатором-ретранслятором 6 и приемником 7.

*Обработка отражения обаботчиком* 9 может включать: удаление шумов и второстепенных деталей, “идентификацию", сравнение отражения объекта и эталона. Решатель 10 позволяет изменять данные и формировать информационные структуры, для интерпретатора 11, который осуществляет также выбор альтернативных технологических решений. Отражения *I* также формируется интерпретатором 11 в виде команд, воспринимаемых реализатором 12, например, преобразование (*воплощение*) ИО в МО методами 3D-технологий, а в простейшем случае – распечатка на обычном принтере.

## 4. Зондирование объектов и формирование материально-информационных агрегатов

Познание свойств МО (прообъектов) базируется на воздействии на них *переносчиками* взаимодействий [14] по схеме на рис. 2б. Это могут быть гравитационные, электромагнитные, механические (звуковые, ультразвук) поля. Такой процесс взаимодействий *переносчиков* с МО и формирования соответствующих *отражений* будем именовать *зондированием.* В сенсорике вместо понятий исток, преобразователь, сток пользуются терминами облучатель→объект→приемник (рецептор) [22]. Способ зондирования определяется диаграммами направленности облучателя и приемника, транспортными свойствами среды и интересуемого объекта. Возможно зондирование

- Изолированного точечного объекта, например, дальномером.
- Протяженного объекта, с отличающимися свойствами элементов (*многоэлементное)*.
- *Зондирование ПдО* как некоторой совокупности объектов. Например, в радиолокации отражаются значения и изменения *параметров объектов* или *среды.*

Пространственные параметры объектов - расположение, вектор скорости, ускорение. Физические параметры - коэффициенты взаимодействий. Изменения объектов - *состав*, *пространственные и*, *физические* параметры объектов ПдО.

Возможно зондирование объектов переносчиками нескольких типов, например, электромагнитными в радиолокации, ультразвуком в гидроакустике, фотонами в диагностике. Различение похожих объектов и высокое разрешение обеспечивается зондирующими сигналами специальной структуры [24, 25]. Феномен *отражений* при зондировании обеспечивается такими физическими свойствами МО как:

– *Свойство рассеяния* – способность объектов рассеивать волны и МО;
– *Свойство преломления* – изменение направления движения волн или частиц;

– *Свойство отражения* – способность отражать волны и материальные потоки, в результате чего изменяется направление их распространения;
– *Свойство поглощения* – способность поглощать волны и частиц.
– *Свойство аккумуляции и деаккумуляции* - способность накапливать и расходовать носители воздействий, например, в чувствительном элементе.
– *Свойство генерации* – способность создавать поля и волны различной природы (электрические, магнитные, акустические и др. поля) или потоки МО;
– *Свойство памяти* - способность преобразования воздействия в состояние элементов (с фиксацией воздействия и без фиксации воздействия).

*Введение понятия материально-информационный агрегат.* Применительно к задачам обработки отражений процесс индуцированного возбуждения на экране пикселей светлых участков есть физический процесс формирования *материально информационного объекта* - агрегата, состоящего из материального объекта $p_2$ (экрана) и слоя возбужденных атомов экрана - *отражения* (информационного *образа* $I_2$ элементов *прототипа* $p_1$), сокращенно *МИА* [14,26]. Таким образом, . МИА-объекты обладают *свойством дуализма*, так как одновременно содержат два основных компонента – *физическую Р* (материальную) и *информационную I* (нематериальную) реальности.. Совокупность состояний элементов неоднородностей $p_2$ далее будем рассматривать как *информационный объект*, а РМ, в котором имеют место информационные операции – как МИ-мир. В зависимости от *Р/I*-составляющих МИА, участвующих во взаимодействиях, могут быть выделены Р→I, I→I, I→Р виды информационных взаимодействий. Первичное определение информации:

***Информация - это отражение материальных объектов-прототипов или результатов протекания процессов (природных, деятельности человека) в виде совокупности состояний ИС или носителя (ИО), способных произвести действие*** [18].

## 5 Этапы жизненный цикл ИО

*О физическом и дополнительном уровнях описания.* Информационные технологии – приемы, способы и методы применения средств вычислительной техники при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных. Наряду с электрическими, оптическими и др. преобразованиями отражений в неживых, как и живых, объектах можно выделить представление процесса в виде последовательности преобразований ИО.. Согласно подходу [27 ] этот уровень описания отображает тот же процесс, что и физический, однако является дополнительным по отношению к физическому. В нашем случае его можно классифицировать как информационный уровень.

В случае формулирования задачи ИТ на рис. 4, как проблемы, требуется расширение круга пользователей, технических средств. Этапы решения приведены на рис.5.

*Этап 1* – процесс *отражения элемента объекта-прототипа* и формирование аналогового машинного представления. Состоит в зондировании переносчиком взаимодействий (далее будем именовать *коммуникэтом*) 1 элемента 2 материального объекта 3, в результате которого по сигналам от элемента 2 сенселем 4 на носителе 5 формируется *отображение* элемента 2.

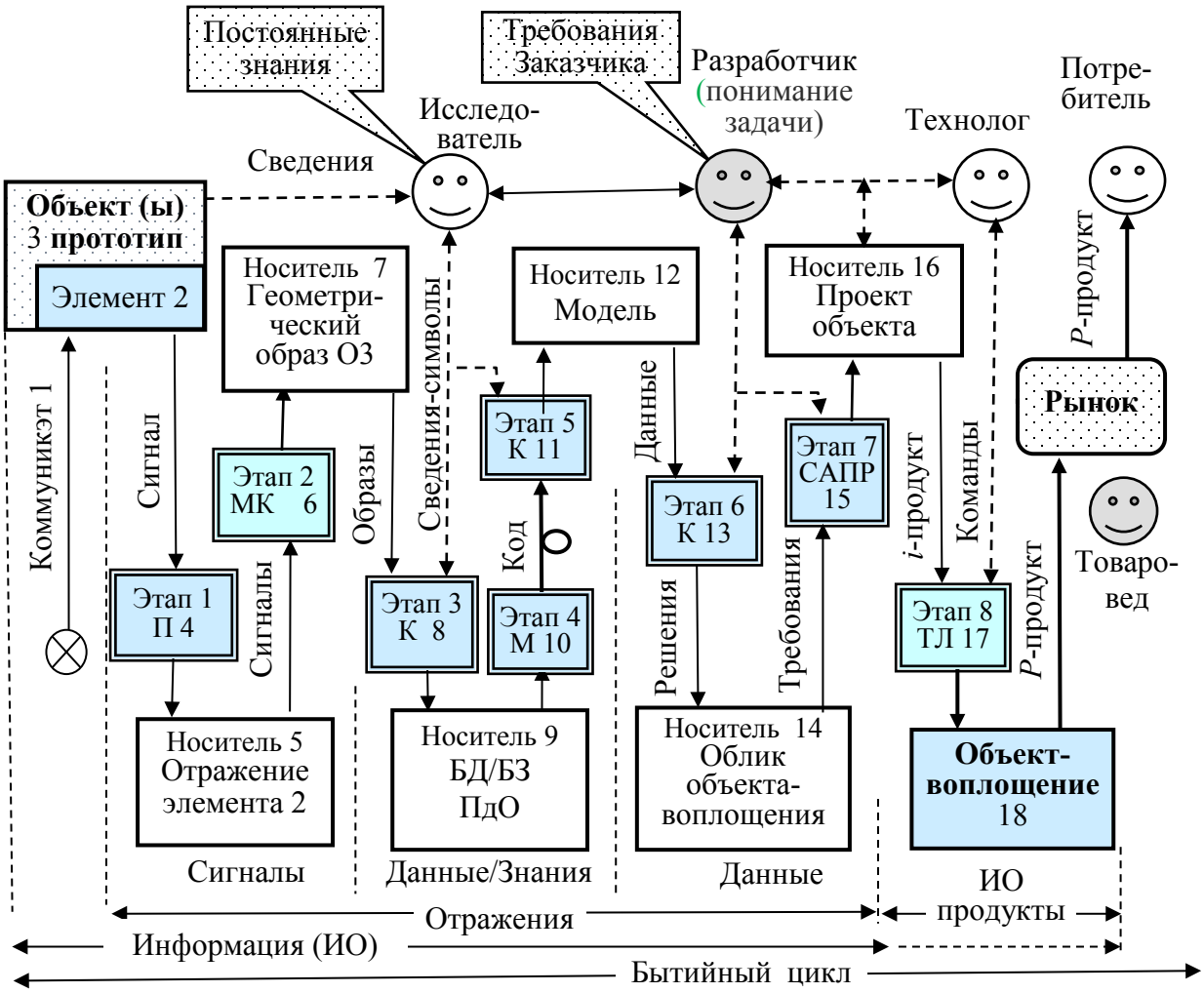



Рис. 5 I- и Р-объекты в жизненном и бытийном циклах информации

*Этап 2 – формирование геометрического цифрового квантованного образа объекта.* Этап состоит в 3D-сканировании объекта и формировании АЦП контроллера 6 на носителе 7 виртуального объекта-прототипа в виде цифровых двоичных кодов.

*Этап 3 Формирование базы данных/знаний предметной области* . Разработка начинается с формулирования исследователем проблемы ПдО и принципов построения ее базы данных/базы знаний ( БД/БЗ). БД/БЗ формируются в компьютере 8 на основании сведений, доступных исследователю и фиксируются на носителе 9.

*Этап 4. Кодирование данных и знаний для передачи по линии связи.* Машинные коды БД и БЗ кодируются передатчиком 10 к виду, удобному для передачи по линии связи.

*Этап 5 –Построение модели объекта.* **П**рограммой компьютера 11 формируется модели объекта 3 и ее фиксация на носителе 9 в виде файла цифровых данных модели.

Исследователем выполняется декомпрозиция и детализация объекта разработки . Осуществляется сравнение, анализ и синтез, абстракция и обобщение объетов ПдО. ***О***бразы могут быть вербализованы, вербальные понятия обозначены образами, символами и т. д.

*Этап 6 – генерация (формирование) технического облика объекта* (виртуальнгого объекта-прототипа) .на носителе 14. Этап состоит в передаче из носителя 12 на компьютер

13 цифровых данных образов объекта 3. Под обликом технического объекта понимают его структуру и важнейшие параметры. На этапе формирования облика исследователем формулируются общие требования к изделию, задачи проектирования и номенклатура показателей. Этап завершается формированием на носителе 14 файла данных облика, необходимых для определения важнейших параметров. цели и задач проектирования

*Этап 8 – изготовление объекта-воплощения.* Осуществляется передача в технологическую линию 17 комплекта документации I (исполняемого модуля) на теоретический образ в формате файлов для 3D-печати объекта-воплощения (Р-продукта) на языке, воспринимаемом технологической линией 17, например, в stl, .obj форматах.

Таким образом, любой МО или физический процесс может быть первичным источником информации. Далее, в пределах жизненного цикла, первичная информация существует в виде сенсорных, рефорных и эффекторных *отражений* [3].

## 6. Декомпозиция реального мира (РМ)

Для анализа особенностей информационного пространства, в частности, компьютеров и средств связи, представление К.Поппера, К.Колина [9, 28], В.Лозовского [29] целесообразно дополнить миром *отражений* в средствах ИТ - миром ИР4. Средства ИТ, как совокупности МИА, - составная часть материально-информационной реальности - образует пространство существования ИО. Вследствие наличия естественных излучателей преобладающую часть физической реальности составляет материально-информационный мир (МИ-мир). Взаимосвязи МО и актуального МИ-мира иллюстрируются рис. 6.

*Физический мир* ФР (домен 4) представлен в виде доменов вещественных и полевых объектов, которые характеризуются массой, энергией, структурой.

Объекты ПдО ФР-реальности (4) $\ni$ *Вещественные* (5) / *Полевые* объекты (6).

*Вещество́* (5) — одна из <u>форм</u> <u>материи</u> - из частиц, атомов, молекул, кластеров, … .

*По́ля* (**6**) — физические объекты, математически описываемые классическими полями: <u>скалярным</u>, <u>векторным</u> <u>тензорным</u>, <u>спинорным</u>.

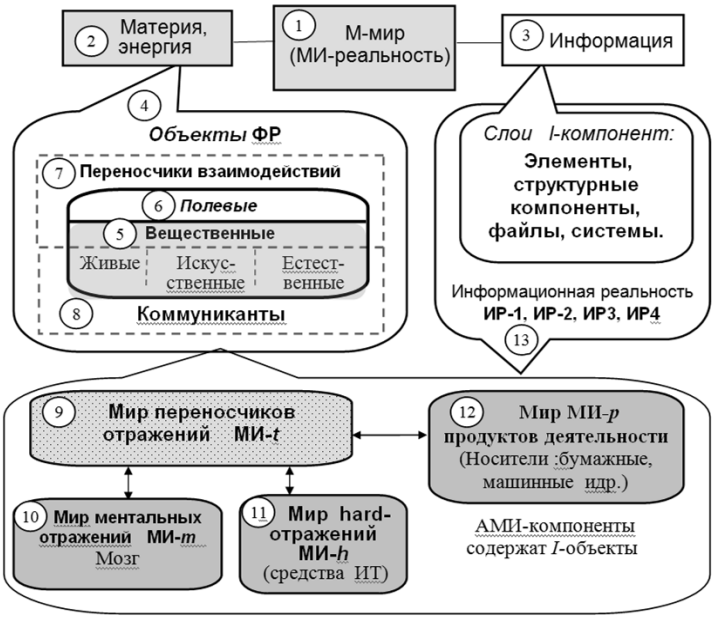



Рис. 6. Взаимосвязи базовых компонент теории информации

***Структурное описание ФР-мира.***

*Вещественные объекты*:=Атомы / частицы / кластеры / системы.

Объекты-*поля* := гравитационные/ электромагнитные/ сильные/ слабые/ механические.

*Переносчики* (7) := фотоны/ электроны/ионы/ кластеры или др.

Компоненты *структуры МИ-реальности* (МИА-объекты) одновременно включают в себя два основных компонента – *физическую* и *информационную* (нематериальную) реальности и, таким образом, реализуют связь феномена информации с ФР-реальностью.

МИ- реальность – уточненные по содержанию объекты *ФР* – реальности.

ФР-мир:= М-мир & *I* –мир**.**

Не все МО могут содержать актуальный *I*-объект, поэтому целесообразна декомпозиция макромира ***МИ*** на физическую реальность Ф и актуальную АМИ-реальности (9-12).

**МИ-**мир**:=** Ф-мир &АМИ-мир

Ф-мир – материальные реальности МИ-мира, не участвующими в актуальных МИ-взаимодействиях, например, держатели разъемов могут освещаться солнцем, но при этом в информационных взаимодействиях не участвуют.

**Ф :**= {Объекты ФР* }, {Связи ФР} (это М-реальности)

Объект Ф := совокупность элементов/совокупность компонентов.

*Связи* ФР-мира (relationship):= средства & *переносчики* & среда.

***Функциональное представление МИ-мира.***

С учетом возможности транспортировки ИО от объекта к объекту по каналам связи состав **МИ-**мира удобно представить в виде компонент-функций и каналов связи.

МИ-мир:= компонент-функции & каналы связи.

Компоненты-функции: =Истоки/ Преобразователи/ Стоки

Каналы связи:= средства & потоки *переносчиков* & среда

Совокупность компонент-функций МИ-m & МИ-p & МИ-h и переносчиков взаимодействий МИ-t образует АМИ-мир. Формально средства и среда канала связи могут быть отнесены к компоненте-функции. Такие компоненты-функции определим как *коммуниканты* , а переносчики взаимодействий – как *коммуникэты* [14,17]. Таким образом:

АМИ-мир:= {компонент-фнкции} & {переносчики заимодействий}:=

:={коммуниканты} & {коммуникэты}.

В нашем случае АМИ-мир:= МИ-m & МИ-p &МИ-h & МИ-t (9-,12) $\in$ ФР-мир.

*Мир переносчиков отражений* МИ-t **(**9**)** это переносчики отражений ФР-объектов, участвующие во взаимодействиях и изменениях АМИ-мира. При формировании ИО объекты-переносчики МИ-*t* - элементы связи объектов физической реальности ФР 4 и носителей информационной реальности 10-12**.** МИ-*t* может быть представлен реализуемыми в нем действиями или операциями**: з**ондирование, эмиссия, фокусировка, фильтрация, рецепция, формирование отражений и др. [18].

*Мир ментальных отражений* МИ-*m* (10). Характерные операции МИ-*m* мира**:** запоминание, забывание, логические операции, моделирование; реализуются сознанием.

*Мир средств ИТ* - МИ-*h* (11) – составная часть реальности, включающая компьютеры и средства связи, реализующие в них достаточно сложную обработку *отражений.* Компоненты ИР-h средств построены на основе МО, отличающихся неравномерностями масс, зарядов электронов, круговых токов, кластеров вещества и *динамических отражений* на основе потоков фотонов, электронов, ионов, электромагнитных волн, кластеров вещества. Объекты МИ-h характеризуются состояниями ИР-4, отображающими объекты внешнего мира и состояниями, отображающими «состояние» компонент систем управления. *Базовые операции* мира машинных отражений *МИ-h* **–** операции фиксации, распространения, обработки, хранения информации и представления ее пользователю. О*сновные операции* над объектами идеальной реальности выполняются P-I, I-I, I-P-преобразователями [17]..

*Мир продуктов деятельности* (МИ-*р* (12)) реализован на твердых и безбумажных носителях. В наиболее общем виде это результаты операций созидания, поддержания целостности, и деструкции в различных формах деятельности.

Взаимосвязи приведенных миров образуют каркасом теории информации. Все миры содержат отражения РМ, которые на рис. 7 выделены в самостоятельный домен (13) ИО ИР1-ИР4. Представляется логичным состав домена 13 именовать не «идеальными объектами», традиционно ассоциируемые с сознанием, а «информационными объектами», которые ассоциируются со всеми формами отражений. В свою очередь ИО - может рассматриваться как структурный компонент нематериальной *субстанции (информации),* распространяющейся в *информационном пространстве*. Т. к. понятие информационные объекты (ИР1-ИР4) – на одном уровне общности с понятием материя, то можно принять, что «{информационные объекты} := информационная субстанция. Основными свойствами информационной субстанции, очевидно, являются «существование» и «наличие структуры».

**Заключение**.

***Переносчики взаимодействий*** предопределяет такие ***феномены движения материи***:

А) Формирование МИА-объектов: Объектов-*отражений* морфных объектам-*прототипам /* Объектов-*воплощений* морфных объектам - *отражениям /Сознания*

Б) Распространение, обработка и использование ИО в средствах ИТ.

В) Кодирование-декодирование информации: в средствах ИТ, в т.ч. каналах связи.

***Основания статики:= компоненты ФР-макромира***:

Компоненты статики ФР-макромира: = Объекты/ Связи/Системы.

*Объекты:=* (*Структуры* из атомов таблицы Менделеева) /МИА-объекты.

*МИА*-объекты - совокупность материальных **(МО)** и информационных объектов (**ИО**).

МИА-объекты - элементы, автоматы, компьютеры, ИС.

*Связи***:** *(*Объекты *&Переносчики* взаимодействий (поля, фотоны, электроны, кластеры и др.) & *Среда* окружения) /С*редства* ИТ-технологий.

Системы:={Объекты, Связи}.

Фундаментальные результаты работы - утверждения о структуре мира и его свойствах:

- ***МИ-мир ∈ ФР-мир содержит и материальную и информационную субстанции.***
- ***Материальная субстанция – первооснова, сущность объектов и явлений материального мира.***
- ***Информационная субстанция - отражения материального мира, составляющая информационной реальности неживого и живого мира.***
- ***Взаимодействия МО и ИО обеспечиваются переносчиками взаимодействий.***
- ***Информационные объекты непосредственно не взаимодействуют между собою, взаимодействуют только через I→P→I преобразователи.***

Для совершенствования терминологии верхнего уровня представляется целесообразным
ввести понятие теории информации, как базовой составляющей теории информатики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Академик В.М.Глушков – пионер кибернетики/Составитель В.П. Деркач –К.:Изд. Юпитер 2003 -384 с. Ил.
2. *Урсул А. Д* Проблема информации в современной науке. М., 1975., 287 с.
3. *Г.Н.Зверев.* Теоретическая информатика и ее основания. «ФИЗМАТЛИТ, 2008.»МАИК «Наука/Интерпериодика».576 с Открытое образование. – М., 2011. – № 5. – С. 28–48.
4. *Г.Н. Зверев*/ Принципы, базисы, законы фундаментальной информатики/ Открытое образование 3/2013. С.4-11.
5. *О.В. МАЛИШЕВ.* ІНФОРМАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку. Т Е З И Д О П О В І Д Е Й. Міжнародної наукової конференції, присвяченої 60-річчю заснування Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України Україна, Київ 13–15 грудня 2017 р.
6. *О.В. МАЛЫШЕВ* . ИНФОРМАЦИЯ КАК СОЗНАТЕЛЬНЫЙ ФЕНОМЕН.. Математичні машини і системи, 2012, № 3, с. 166-177.
7. *Никита Николаевич Моисеев* Устройство Мира. Универсум, информация, общество. 2017 - Education
8. *Поппер, К. Р.* (2002) Объективное знание.Эволюционный подход / пер. с англ. Д. Г. Лахути ; отв. ред. В. Н. Садовский. М. : Эдиториал
9. *Колин К. К.* Структура реальности и философия информации // Метафихзика. – 2013. – № 4 (10). – с 61-83
10. *Лю Ган.* Философия информации и основы будущей китайской философии науки и техники // Вопросы философии. – М., 2007. – № 5. – С. 45–57.
11. *Wu Кип*. Тридцать лет исследований философии информации в Китае (на англ. яз.).
12. *К.К. Колин.* ФИЛОСОФИЯ ИНФОРМАЦИИ: СТРУКТУРА РЕАЛЬНОСТИ И ФЕНОМЕН ИНФОРМАЦИИ Метафизика, 2013, № 4 (10)
13. З А К О Н У К Р А Ї Н И Про інформацію *(Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, N 48, ст.650)* http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2657-12
14. *Мержвинский А.А.* Модель универсума. Informations Models of Knowledge, XVI-th International Conference Knowledge – Dialogue – Solution, N. 15. – ITHEA, Sofia, 2009. p.31- 39. http://wiki.ithea.org/tiki-read_article.php?articleId=571
15. *Мержвинский А.А* Патент Украины Промышленный образец № 19543 від 12.10.2009 «Комплект пристроїв для відображення універсума».
16. *Мержвинский А.А. Мержвинский П.А.* От структуры канала связи к знаковой модели мира. Труды Северокавказского филиала московского технического университета связи и информатики, 2012, с.225-229.
17. *Мержвинский А.А.* Информационные машины: некоторые категории функций и компонент. /International Journal “Information Theories and Applications”, Vol.20, Number 1, 2013 p. 75-87
18. *Мержвинский А.А.* От реального мира к объектам информатики и математики. /International Journal “Information Technologies & knowledge”, Vol.9, Number 2, 2015 p. 163-199

19. *А. А. Мержвинский.* СИНТЕЗ МОДЕЛИ УНИВЕРСУМА – КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА КИБЕРНЕТИКИ/ж. Проблемы управления и информатики, 2017, №3 с 160-171
20. Толковый словарь по инженерии знаний/Палагтн А.В.,Пентрепнко Н.Г., Габидули н И.А.-К: Издательство»Сталь», 2014.-292 с.
21. *Sowa J. F.* Knowledge Representation: Logical, Philosohhical and Computational Foundation / J.F. Sowa – Drooks Cole Pu blishing Co., Pacific Grove, CA, – 2000. – 594 pp.
22. *Войтович І.Л., Корсунський В.М.* Ін6телектуальні сенсори.-Інститут кібернетики, 2007.-513 с,
23. *Деркач В.П.* Электроннозондовые устройства. Изд. Наукова думка, Киев, 1974, 268 с.
24. *Г.Л. Черниховская* . Особенности применения сложных сверхширокополосных сигналов в гидроакустике . http://www.mivlgu.ru/conf/armand2012/pdf/S3_16.pdf
25. *Писаренко В.Г., Боюн В.П., Мержвинский А.А., Писаренко Ю.В.* Актуальные задачи технологий распознавания образов при мультиспектральном дистанционном зондировании в экологии и экстремальных ситуациях // Материалы I междунар. конф. «СВЧ и оптические информационные технологии-2004». – Киев: Политехника, 2004. – С. 9–13.
26. *А.А. МЕРЖВИНСКИЙа, Н.Н. БУДНИК*/ ФИЛОСОФСКИЕ ОСНОВЫ КИБЕРНЕТИКИ И ИНФОРМАТИКИ: ИНФОРМАЦИОННЫЙ АСПЕКТ/ Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку. ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ Міжнародної наукової конференції, присвяченої 60-річчю заснування Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ 13–15 грудня 2017 року Київ 2017
27. *Дидук Н.Н., Коваль В.Н.* Существует ли наука кибернетика? // Проблемы управления и информатики. – 2001. – № 3. – с. 133-155.
28. *Karl Raimund Popper,* Objective knowledge: an evolutionary approach, Oxford: Clarendon Press, 1972, https://royallib.com/book/popper_karl/obektivnoe_znanie_evolyutsionniy_podhod.html
29. *В.Лозовский,* К семиотике ноосферы, X-th International Conference “Knowledge-Dialogue-Solution” KDS 2003, Proceedings, June 16-26, 2003, Varna, Bulgaria, FOI-Commerce, Sofia, 2003, ed. V.P.Gladun, Kr.Markov, ISBN: 954-16-0025-5, с. 437-445),

***В.Д. Михальчук, *А.А. Павлов, **Н.В. Болдырихин**

# АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ САЙТОВ

[*] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

[**] Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: создание сайта, HTML, PHP, языки программирования, средства разработки сайта.

Данная статья посвящена обзору и анализу методов написания web-сайта. Рассмотрены основные особенности языков HTML и PHP, их достоинства и недостатки.

**V.D. Mikhalchuk, A.A. Pavlov, [**] N.V. Boldyrikhin**

# ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR CREATING WEBSITES

*Don state technical university, Rostov-on-don, Russia
** North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: website creation, HTML, PHP, programming languages, website development tools.

This article is devoted to the review and analysis of methods for writing a web-site. The main features of HTML and PHP languages, their advantages and disadvantages.

Сегодня интернет глубоко проник в нашу повседневную жизнь, в учебу, в трудовую деятельность. Уже трудно представить наш быт без ежедневного использования всемирной паутины.

Организовать деятельность в интернете помогают сайты, и поэтому один из важнейших аспектов успешной деятельности во всемирной сети - это создание «правильного» сайта.

С чего же начать? Именно таким вопросом задается человек, который хочет создать свой веб-сайт.

Для начала нужно определиться с предназначением сайта. Например, сайт-визитка, личный блог или полноценный сайт с большим количеством страниц и сервисных функций.

Конкретизировать функции сайта до элементарных действий, необходимых для получения результата.

Эти два пункта очень важны для нормальной работы и организации сайта. Если правильно выстроить этот план работы, то конечный проект будет качественным и в его работе практически не будет ошибок.

Следующим шагом необходимо выбрать программный инструментарий, который наиболее подходит для выполнения поставленной задачи.

В настоящее время существует два способа создать сайт: либо с помощью языков программирования, либо с помощью сервисов для создания сайта.

Проанализируем средства для создания собственного сайта с помощью языков программирования.

Изначально сайты писались только на языке HTML и состояли из текста, картинок и ссылок. Это был особый формат представления данных. HTML – не является языком программирования или языком оформления документов. В первую очередь это средство разметки текста. Его главное предназначение – описание текста и структуры, обозначив: где параграфы, где цитаты, где списки, а где разделы [1].

Этот язык содержит достаточное количество возможностей при оформлении документа. Данный подход позволяет изменить форматирование текста с помощью HTML-тэгов, а также есть возможность воспользоваться таблицами стилей (CSS) [1,2].

Достоинства:

- На основе HTML построены многие команды в других языках.
- Страницы на чистом HTML быстро загружаются и легче оптимизируется.
- В HTML легко реализовывается иерархия страниц.
- Четкое представление исходного кода страницы и сайта.
- Возможность реализации как блочной, так и табличной модели.
- Простота в изучении и запоминании.
- HTML-сайт практически невозможно взломать, т.к. нет базы данных MySQL и нет файла конфигурации.

В качестве недостатков данного подхода следует отметить:

- Человеческий фактор — опечатки и ошибки при наборе тегов разметки и их атрибутов.
- Отсутствие визуального просмотра страницы во время написания кода без открытия файла в браузере.
- Большие временные затраты на написание кода — все необходимые изменения производятся вручную.
- Необходимы знания языка разметки, стилей и скриптов.

На сегодняшний день существуют альтернативы языку HTML. Для продвижения сайтов знания одного HTML недостаточно. Если веб-ресурс постоянно пополняется и становится емким, то управлять им все сложнее и сложнее.

Для того чтобы сайт отвечал современным требованиям необходимо иметь знания не только в HTML, но и в CSS, JavaScript, FLASH и реляционной базе данных MySQL. Это создает определенные сложности, которые предопределили в 1995 году создание PHP.

На данный момент PHP (Personal Hypertext Preprocessor) встроен в HTML является полноценным языком программирования для создания сайтов. По сути, он является внедряемым языком сценариев [3].

Язык PHP позволяет генерировать динамические страницы, обрабатывать данные из форм, получать и посылать сеансы cookies. Так же PHP может поддерживать базы данных (databases), поддерживает протоколы IMAP, POP3, NNTP, SNMP, HTML и другие. Кроме того, имеется возможность работы с сокетами (sockets). Для взаимодействия с серверами баз данных достаточно установить программу работы с базой данных, и затем прописать в PHP-сценарий команды, с помощью которой будет осуществляется это взаимодействие.

PHP в своём наборе имеет команды, которые могут значительно облегчить создание сайтов и разнообразить его функционал. Ярким примером являются такие команды, как include () и mail (). Первая команда может вызывать часть кода, это очень удобно, если делаешь однотипные станицы. В итоге для того чтобы сделать общие изменения во всех страницах требуется изменить лишь ту часть кода, которая изначально стала использоваться как шаблон. Команда mail () добавляет функцию отправки сообщений на почтовый адрес. Так же уже имеющийся набор команд можно дополнять, подключая различные модули. Эти модули размещаются вместе с PHP-интерпретатором. PHP-программу не обязательно сразу привязывать к веб странице, код можно написать отдельно и потом совместить [2,3].

Из недостатков можно выделить только некоторую сложность обеспечения безопасности проектов, разработанных средствами PHP.

Подводя итог можно заключить, что в настоящее время HTML по-прежнему применяется при создании сайтов. Хотя HTML имеет ограниченный функционал, он хорошо подходит для создания простых сайтов, в остальных случаях целесообразно использовать именно PHP.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Мизин М.А.* Средства для создания сайта // Площадка для проведения тренингов программы Intel «Обучение для будущего». [Электронный ресурс]. URL: http://wiki.iteach.ru/index.php (Дата обращения 12.03.2018)
2. *Никсон Р.* Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5 / Пошаговое руководство по созданию динамических веб-сайтов. – СПБ: Питер Пресс.- 2016. – 384-394 с.
3. *Науменко Д.О.* HTML, CSS, PHP, JavaScript, SQL – что и зачем? // Проект, посвящённый урокам и статьям по теме создания сайтов. [Электронный ресурс]. URL: http://codeharmony.ru/materials/12

**М.Д. Моловцев, И.С. Синева**

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: тремор, болезнь Паркинсона, машинное обучение, непараметрическая статистика, временные ряды.

В статье предлагается новый подход к сегментации временных рядов на основе методов интеллектуального анализа данных на примере задачи выделения дрожательного гиперкинеза при диагностике болезни Паркинсона

**M.D. Molovtsev, I.S. Sineva**

# USAGE OF DATA MINING TECHNIQUES FOR TIME SERIES SEGMENTATION

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow

Keywords: tremor, Parkinson’s disease, machine learning, nonparametric statistic, time series.

The paper proposes a new approach to time series segmentation based on data mining methods on the example of the problem of trembling hyperkinesis extraction in the diagnosis of Parkinson's disease

## Введение

На сегодняшний день болезнь Паркинсона является одним из самых распространенных неврологических заболеваний среди пожилых людей. Однако, мониторинг состояния(в частности тремора) в большей степени основывается на клинических методах оценки, когда пациент при враче проходит серию тестов, после чего врач выставляет оценку по шкале UPDRS, так как системы непрерывной и объективной оценки симптомов привязаны к конкретным приборам и не внедрены повсеместно, в частности в РФ вообще не внедрены.

Основной идеей алгоритмов объективной оценки тремора является разделение данных с акселерометров на равные временные окна. Далее к полученным окнам применяют уже алгоритмы спектрального анализа [1] или алгоритмы машинного обучения [2]. Сами же окна имеют размеры 3, 5, 10 и 15 секунд. Иногда встречаются окна больших размеров, но они используются для других симптомов.

Недостатком такого подхода является отсутствие ответа на вопрос о том подходит ли выбранная длина окна всем пациентам. В своих работах авторы утверждают, что если окно взять слишком большим, то алгоритм может не увидеть тремор, а если слишком

маленьким, то наоборот, алгоритмы станут тремор видеть там, где его нет. В статистике такие вещи принято называть ошибками первого и второго рода.

В задаче выделения тремора нулевой гипотезой $H_0$ является отсутствие тремора в окне. Альтернативой $H_1$ является наличие тремора в окне.

Ошибкой первого рода будет ситуация, когда алгоритм говорит, что тремор в окне есть, хотя в действительности он отсутствует. Вероятность ошибки обозначается $P(H_1|H_0)$

Ошибкой второго рода будет ситуация, когда алгоритм говорит, что тремора в окне нет, но в действительности он был. Обозначается ошибка второго $P(H_0|H_1)$

Предлагается алгоритм адаптивного выбора окна на основе методов интеллектуального анализа данных. Основным отличием предложенного алгоритма является то, что размер окон будет адаптивным и определяться при помощи специально подобранной последовательности алгоритмов data mining. Основу составит алгоритм SSA.

**Алгоритм SSA (Singular Spectrum Analysis)**

Дан временной ряд $F = \{f_1, f_2, ..., f_T\}$. $N$ – ширина окна, $N \le T$, $L$ – длина окна, $L \le N/2$, $p$ – длина тестовой выборки, $0 \le p < q$, $q$ – положение тестовой выборки. Основные способы выбора этих параметров рассмотрены в [3].

В ходе действия алгоритма для каждого $n = 0,1,...,T-N$ выполняются следующие шаги.

<u>Шаг1.</u> Построение $m$-мерного пространства

Данных шаг переводит временной ряд в последовательность векторов, описывающих $m$-мерное пространство, относительно которого будут искаться точки разладки.

Данный шаг состоит из 3 этапов:

*Этап 1*. Построение траекторной матрицы

$$X_B^{(n)} = \begin{pmatrix} f_n & f_{n+1} & f_{n+2} & \dots & f_{n+K} \\ f_{n+1} & f_{n+2} & f_{n+3} & \dots & f_{n+K+1} \\ f_{n+2} & f_{n+3} & f_{n+4} & \dots & f_{n+K+2} \\ f_{n+3} & f_{n+4} & f_{n+5} & \dots & f_{n+K+3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n+L} & f_{n+L+1} & f_{n+L+2} & \cdots & f_{n+N} \end{pmatrix}$$

Здесь $K = n - L + 1$ - используется для удобства обозначения

*Этап 2.* Сингулярное разложение

Из траекторной матрицы, построенной на этапе 1 строится ковариационная матрица с запаздывающим аргументом:

$$S_n = X_B^{(n)} (X_B^{(n)})^T$$

Далее к этой матрице применяется сингулярное разложение(SVD), которое даёт L собственных векторов и собственных чисел.

*Этап 3.* Процедура построения $m$-мерного пространства

После процедуры SVD из всех собственных векторов отбирают $m$ штук по следующему принципу:

$$\sum_{i=1}^{m} \lambda_i / \sum_{i=1}^{L} \lambda_i \le c$$

где $c$ – порог суммарного вклада компонент.

Этот порог определяет, какую долю изменений ряда необходимо описать разложением. На практике обычно имеет значение 0.95.

Основная идея построения $m$-мерного пространства очень схожа с принципом главных компонент, когда пытаемся описать некоторое пространство меньшим количеством переменных.

<u>Шаг 2.</u> Построение критериальной матрицы

Строится матрица размера $L \times Q$:

$$X_T^{(n)} = \begin{pmatrix} f_{n+p+1} & f_{n+p+2} & f_{n+p+3} & \dots & f_{n+q} \\ f_{n+p+2} & f_{n+p+3} & f_{n+p+4} & \dots & f_{n+q+1} \\ f_{n+p+3} & f_{n+p+4} & f_{n+p+5} & \dots & f_{n+q+2} \\ f_{n+p+4} & f_{n+p+5} & f_{n+p+6} & \dots & f_{n+q+3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n+p+L} & f_{n+p+L+1} & f_{n+p+L+2} & \cdots & f_{n+q+L-1} \end{pmatrix}$$

где $q = p + Q$

<u>Шаг 3</u>. Вычисление статистики обнаружения точки разладки

Статистики обнаружения строятся на основе суммы квадратов евклидовых расстояний между векторами критериальной матрицы и $m$-мерного пространства

$$D_{n,l,p,q} = \sum_{j=p+1}^{q} ((X_j^{(n)})^T X_j^{(n)} - (X_j^{(n)})^T U U^T X_j^{(n)})$$

где $X_j^{(n)} : (j = p+1, ..., q)$ - вектор-столбец критериальной матрицы, $U$ – матрица, задающая $m$-мерное пространство. Она состоит из собственный векторов траекторной матрицы $X_B^{(n)}$ .

Статистиками обнаружения являются:

1. Нормализованная сумма квадратов расстояний

$$R_n = \tilde{D}_{n,l,p,q} / \mu_{n,l}$$

где $\tilde{D}_{n,l,p,q} = \frac{1}{LQ} D_{n,l,p,q}$

2. Кумулятивная статистика

$$W_1 = R_1, W_{n+1} = (W_1 + R_{n+1} - k / \sqrt{LQ})^+, n \ge 1$$

где $(a)^+ = \max\{0, a\}, \forall a \in \square$ , $k = 1/(3\sqrt{LQ})$

Далее исследуется поведение статистики обнаружения. При изменении структуры временного ряда статистика $D_{n,l,p,q}$ будет расти. Точка начала роста этой статистики считается оценкой точки разладки.

**Применение алгоритма SSA в диагностике болезни Паркинсона**

Исходные данные для алгоритма представляют собой показания акселерометра на руке пациента (рис. 1).

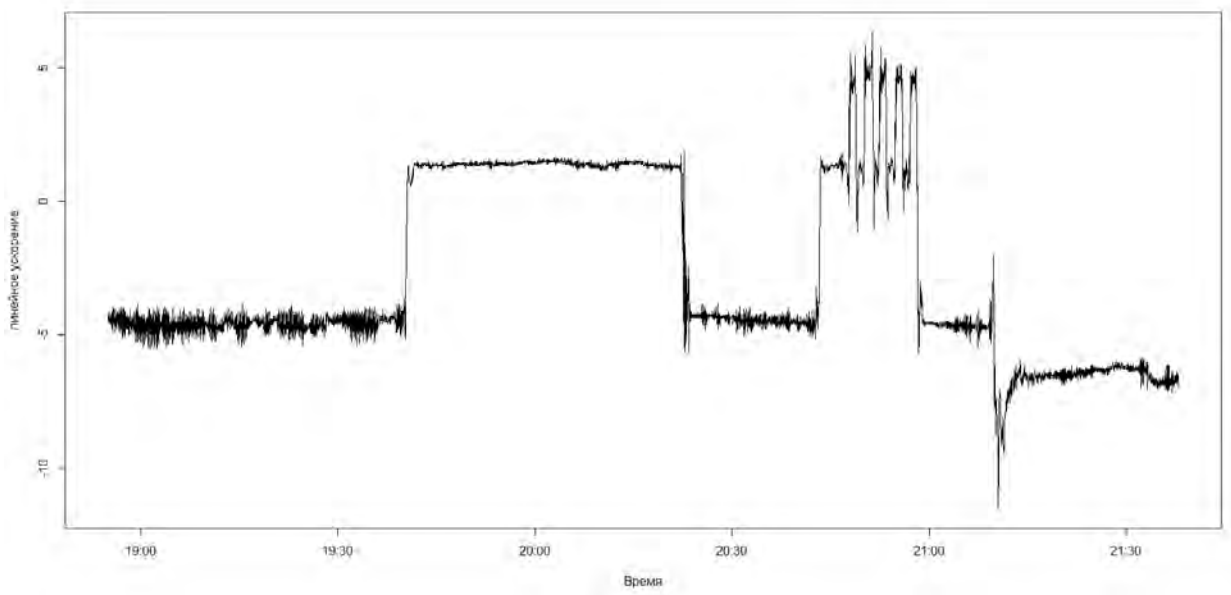



Рис 1. Данные акселерометра

После использования метода SSA таким данным будет соответствовать набор точек разладки (рис. 2). Уже на данном этапе временные окна получаются разной длины. Однако у алгоритма SSA есть недостаток: он может принять простой выброс за точку разладки. Таким образом, необходимо проверить однородность полученных временных окон и при необходимости объединить их.

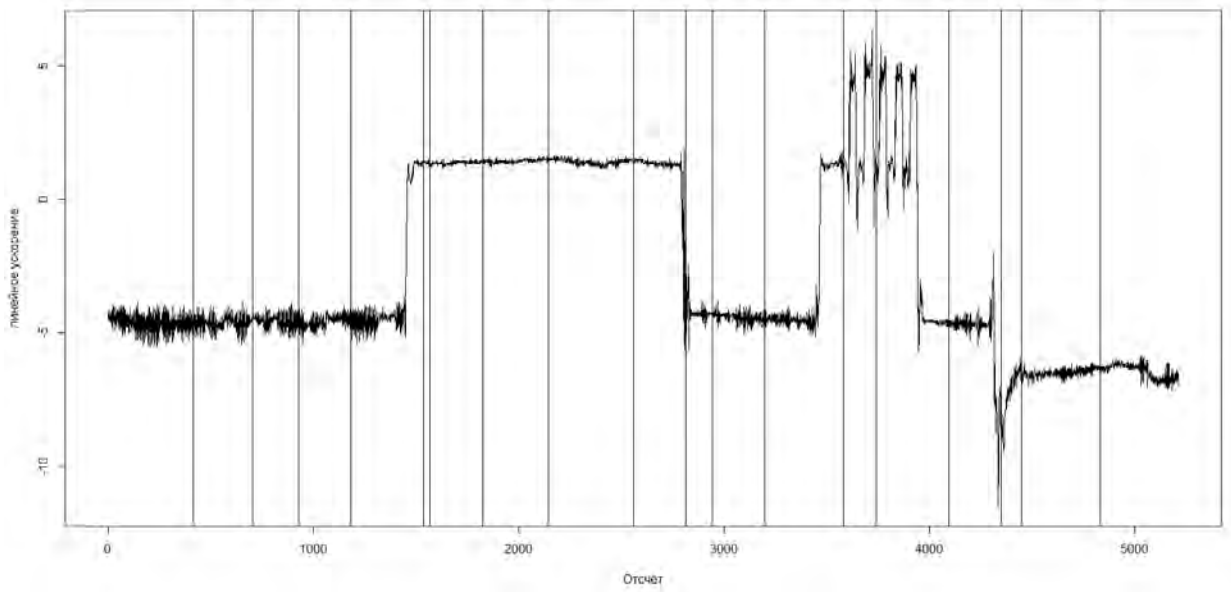



Рис. 2 Результат применения алгоритма SSA

**Проверка однородности временных окон.**

После использования метода SSA временной ряд получается «изрезанным» точками разладки. Дальнейшая идея заключается в том, чтобы проверить однородность фрагментов временного ряда между точками разладки.

Происходит этот процесс в 2 этапа:

1. Применение критерия Краскела-Уоллиса

Основная модель имеет вид:

$$x_{ij} = C + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$$

Исходным предположением является то, что $\varepsilon_{ij}$ имеют одинаковое непрерывное распределение. Основная гипотеза имеет вид:

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = ... = \alpha_k = 0$$

Альтернатива произвольная

Методика применения заключается в том, что всем наблюдения присваиваются ранги так, словно лежат они в одном массиве. Далее считается суммарный ранг для каждого окна. На основе этих рангов считается статистика для проверки гипотезы:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^{k} \frac{R_j^2}{n_j} - 3(n+1)$$

$T_{cr} \sim \chi^2_{1-\alpha}(k-1)$ - критическая область принятия основной гипотезы.

Если $H < T_{cr}$, то основная гипотеза принимается и можно сделать вывод, что весь ряд представляет собой единое временное окно.

В типичном случае полной однородности фрагментов ряда не будет, поэтому переходим к следующему этапу.

2. Критерий Вилкоксона

Идея второго этапа состоит в том, чтобы проверить попарную однородность временных окон.

Пусть имеются 2 временных окна:

$$x_1, x_2, \ldots, x_m$$
$$y_1, y_2, \ldots, y_n$$

Главное предположение заключается в том эти выборки из непрерывного распределения.

Алгоритм метода:

1. Объединение обеих выборок и построение вариационного ряда.
2. Суммирование рангов значений из второй выборки.

   $W = \sum_{i=1}^{m} r_i, r_i = rank(y_i), y_i \in X \cup Y$
3. Нахождение величин $W_r(\alpha, n, m) : P(W \geq W_r) = \alpha$, $W_l(\alpha, n, m) : P(W \leq W_l) = \alpha$

4. Если $W \le W_l$ и $W \ge W_r$, то основная гипотеза отвергается. Тем самым мы можем считать, что выборки не являются однородными.
5. Если $W > W_l$ и $W < W_r$, то основная гипотеза принимается, и мы можем считать выборки однородными.

В современных статистических пакетах многие методы анализа возвращают $p$-value, на основе которого исследователь должен сам сделать вывод о том, стоит принять или отклонить нулевую гипотезу.

В случае предлагаемого алгоритма на основе этих значений строится матрица $P = \{p_{ij}\}$ размерности $l \times l$. Здесь $p_{ij}$ - $p$-value, полученное критерием Вилкоксона для временных окон $i$ и $j$, $l$ - количество временных окон, выделенных алгоритмом SSA

На основе полученной матрицы находится матрица расстояний $D = J_l - P$

Эта матрица используется в методе кластеризации k-medoids, который будет искать окна «стоящие близко друг к другу».

**Кластеризация окон**

Для кластеризации временных окон используется алгоритм k-medoids. Он является аналогом алгоритма k-means, однако, имеет одно важное концептуальное отличие: в качестве центра кластера берётся не центроид, а медоид.

Медоид - это объект множества данных или кластера, для которого среднее расстояние до других объектов минимально. Эта особенность дает алгоритму k-medoids несколько преимуществ:

1. Алгоритм более устойчив к шуму в данных и к наличию выбросов.
2. Для алгоритма достаточно знать только попарные расстояния между объектами.

В остальном же алгоритм аналогичен своему прототипу.

После кластеризации, часть окон можно объединить в одно, если они лежат в одном кластере.

Однако, может возникнуть ситуация, когда в один кластер попали окна, которые не являются соседними. В таком случае, стоит воспользоваться тем, что при диагностике болезни Паркинсона носимыми устройствами, как правило, являются трехосевые акселерометры или гироскопы. Таким образом, имеется не 1, а сразу 3 временных ряда.

До этого шага все временные ряды анализировались отдельно друг от друга и не учитывали каких-то структурных особенностей друг друга. Но чтобы получить итоговое разбиение на временные окна их теперь необходимо анализировать в совокупности.

Идея этого анализа заключается в том, чтобы идти от начала рядов до первой точки смены окна(она может находиться на любом из трех временных рядов). Как только точка достигнута, то проверяются остальные временные ряды. Если у большинства временных рядов точка смены совпала, то алгоритм говорит, что в этом месте окончилось временное окно. В противном случае, алгоритм идёт дальше.

Такая методика сделана из предположения о том, что если по 2 осям есть смена временного окна, то значит, что движение конечности, на которой носится устройство, изменилось

После работы всего алгоритма имеются 3 временных ряда, которые разбиты на временные окна неравной длины.

## Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный алгоритм может стать альтернативой разбиению временных рядов на равные промежутки, т.к. такое разбиение не учитывало каких-либо статистических предположений о природе каждого окна. Также в случае одинаковой длины окон необходимо искать оптимальную длину окна для каждого пациента. Возможно, его величина определяется формой болезни Паркинсона, но описаний исследований на данную тему нет. В то время как, предложенный метод учитывает структуру данных и подбирает размеры временных окон интеллектуально под каждого пациента.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Arash Salarian, Heike Russmann, Christian Wider, Pierre R. Burkhard, Françios J. G. Vingerhoets, Kamiar Aminian*. Quantification of Tremor and Bradykinesia in Parkinson's Disease Using a Novel Ambulatory Monitoring System // IEEE Transactions on biomedical engineering, v. 54, no. 2 , 2007, p 313-322
2. *Cecilia Hernqvist, Matilda Rosander*. Machine learning for symptoms quantification of Parkinson's disease patient – Gothenburg, 2017. – p. 112
3. *Глушко Е.В., Синева И.С.* Особенности применения метода SSA для обнаружения разладки во временных рядах // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2010. – Т.4. – №10. – С. 25-34.



**Е.С. Нуйкин, Е.В. Глушак**


# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ


Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ), г. Самара, Россия



Ключевые слова: Интернет вещей, информационные технологии, беспроводные технологии, новые технологии, сети будущего, экономика.



Промышленный интернет вещей - многоуровневая система, включающая в себя датчики и контроллеры, установленные на узлах и агрегатах промышленного объекта, средства передачи собираемых данных и их визуализации, мощные аналитические инструменты интерпретации получаемой информации и многие другие компоненты. Поэтому изучение промышленного Интернета вещей актуально на сегодняшний день. В статье проводится обзор, рассматриваются принципы организации и преимущества внедрения промышленного Интернета вещей.

**E.S. Nuykin, E.V. Glushak**

# A STUDY OF THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

Povolzhskiy state University of Telecommunications and Informatics (PSUTI), Samara, Russia

Keywords: Internet of things, information technologies, wireless technologies, new technologies, future networks, economy.

Industrial Internet of things is a multi-level system that includes sensors and controllers installed on the nodes and aggregates of an industrial facility, means of transmitting collected data and visualizing them, powerful analytical tools for interpreting the information received, and many other components. Therefore, the study of the industrial Internet of things is relevant today. The article under review, examines the principles of organization and the benefits of adopting the industrial Internet of things.

Интернет вещей (IoT, Internet of Things) – система объединенных компьютерных сетей и подключенных физических объектов (вещей) со встроенными датчиками и ПО для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека [1].

Индустриальный (часто Промышленный) Интернет Вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) – интернет вещей для корпоративного/отраслевого применения - система объединенных компьютерных сетей и подключенных промышленных (производственных) объектов со встроенными датчиками и ПО для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека.

Проведем анализ работы промышленного Интернета вещей. Принцип работы технологии заключается в следующем: первоначально устанавливаются датчики, исполнительные механизмы, контроллеры и человеко-машинные интерфейсы на ключевые части оборудования, после чего осуществляется сбор информации, которая впоследствии позволяет компании приобрести объективные и точные данные о состоянии предприятия. Обработанные данные доставляются во все отделы предприятия, что помогает наладить взаимодействие между сотрудниками разных подразделений и принимать обоснованные решения.

Полученная информация может быть использована для предотвращения внеплановых простоев, поломок оборудования, сокращения внепланового техобслуживания и сбоев в управлении цепочками поставок, тем самым позволяя предприятию функционировать более эффективно. При обработке огромного массива неструктурированных данных их фильтрация и адекватная интерпретация является приоритетной задачей для предприятий. В данном контексте особую значимость приобретает корректное представление информации в понятном пользователю виде, для чего сегодня на рынке представлены передовые аналитические платформы, предназначенные для сбора, хранения и анализа данных о технологических процессах и событиях в реальном времени [2].

Внедрение таких технологий дает возможность предприятиям из разных отраслей экономики получить определенные преимущества: увеличить эффективность

использования производственных активов на 10% за счет сокращения количества незапланированных простоев; снизить затраты на техническое обслуживание на 10%, усовершенствовав процедуры прогнозирования и предотвращения катастрофических отказов оборудования и выявляя неэффективные операции; повысить производительность на 10%, увеличить уровень энергоэффективности и сократить эксплуатационные расходы на 10% за счет более эффективного использования энергии.

Таким образом, новые технологии позволяют предприятиям разных отраслей промышленности добиться существенных конкурентных преимуществ.

Индустриальный интернет вещей кардинально изменяет всю экономическую модель взаимодействия «поставщик – потребитель». Это позволяет:

- автоматизировать процесс мониторинга и управления жизненным циклом оборудования;
- организовать эффективные самооптимизирующиеся цепочки от предприятий – поставщиков до компаний – конечных потребителей;
- перейти к моделям «экономики совместного использования» и многое другое.

Рассмотрим условия для внедрения IIoT на производстве. Анализ лучших мировых практик внедрения IIoT в исследовании J'son & Partners Consulting показывает, что основными сферами применения решений в сфере промышленного интернета являются производства, характеризующиеся наличием одного либо нескольких следующих важных условий:

- выпуск широкой номенклатуры продукции, использование значительного перечня комплектующих;
- потребность в повышении качества выпускаемой продукции и снижении степени брака;
- потребность в обеспечении эффективного сервисного обслуживания ранее поставленной продукции;
- потребность в снижении эксплуатационных затрат производства;
- значительная энергоемкость производства;
- сложные производственные условия;
- потребность в оперативной диагностике неисправностей технологического оборудования для снижения незапланированных остановок производства;
- потребность в обеспечении высокой производительности персонала;
- потребность в обеспечении безопасности персонала;
- необходимость системной интеграции широкого спектра.

**Рассмотрим IIoT в транспортной отрасли.** В транспорт интернет вещей проник намного глубже. В отрасли, где протяженность различных видов путей превышает 1,6 млн км, а количество грузового транспорта (автомобильного, железнодорожного и прочих) – 7 млн единиц, в принципе невозможно обойтись без систем удаленного мониторинга [3].

Наибольшее развитие IoT получил в автомобильном транспорте благодаря распространению тех же смартфонов, которые водители берут с собой в дорогу и доля которых приблизилась к 50 % сотовых устройств в России. Благодаря им построены системы мониторинга загруженности дорог на картах Яндекс, Google и др. Вокруг смартфонов в автомобиле – целые экосистемы программных решений (например, Uber, Яндекс Такси).

Более серьезные системы интеллектуального мониторинга транспорта внедряются благодаря установке в автомобили систем удаленного мониторинга передвижения на базе датчиков «ГЛОНАСС/GPS» и систем контроля за расходом топлива. Такие устройства позволяют существенно сократить затраты и контролировать целевое использование транспорта, анализировать и оптимизировать маршруты движения, что крайне важно для логистики. Без таких устройств не обходится, наверное, ни одно более или менее крупное транспортное предприятие.

Российский рынок IIoT находится в начале своего пути, при этом промышленный сегмент лидирует и занимает большую часть рынка. Как правило, внедрения приходятся на автоматизированный сбор данных с устройств, расположенных на промышленных объектах. В частности, практика существует в горнодобывающей отрасли, атомной энергетике и машиностроении. Развивается и область межмашинного взаимодействия. Основные российские провайдеры мобильной связи фиксируют у себя рост M2M-трафика в корпоративном сегменте, особенно среди транспортных компаний, активно использующих навигационные системы.

Пока в России внедрение индустриального Интернета вещей происходит внутри компаний, а сбор и анализ данных осуществляется с помощью традиционных систем хранения и аналитических решений. Однако растет спрос на решения в области больших данных и облачные услуги, что позволит – по мере роста генерируемых объемов данных – легко масштабировать решения и выходить за рамки внедрений в отдельных компаниях.

Интеграция промышленных интернет вещей в существующие системы автоматического управления зачастую задача более сложная, чем с коммерческими IoT. Кроме того, интегрированные системы необходимо поддерживать в течении длительного времени, а также регулярно проводить обновления с обеих сторон управления.

Преимущества промышленного интернета вещей для экономики:

- по мнению J’son & Partners Consulting, за количественным ростом интернета вещей и организационно-технологической трансформацией производства стоят важные качественные изменения в экономике:
- данные, которые раньше были не доступны, с ростом проникновения встроенных устройств представляют собой ценную информацию о характере использования продукта и оборудования для всех участников производственного цикла, являются основной формирования новых бизнес-моделей и обеспечивают дополнительный доход от предложения новых услуг, таких как, например: контракт жизненного цикла на промышленное оборудование, контрактное производство как сервис, транспорт как сервис, безопасность как сервис и другие;
- виртуализация производственных функций сопровождается формированием «экономики совместного использования» (shared economy), характеризующейся существенно более высокой эффективностью и производительностью за счет повышения использования имеющихся ресурсов, изменения функционала устройств без внесения изменений в физические объекты, путем изменения технологий управления ими;
- моделирование технологических процессов, сквозное проектирование и, как результат, оптимизация цепочки создания стоимости на всех этапах жизненного цикла продукта в режиме реального времени, позволяют производить штучный или мелкосерийный

продукт по минимальной цене для Заказчика и с прибылью для производителя, что в традиционном производстве возможно только при массовом производстве;

- эталонная архитектура, стандартизированные сети и модель аренды вместо оплаты полной стоимости владения, делают совместную производственную инфраструктуру доступной для среднего и малого бизнеса, что облегчает их усилия по управлению производством, позволяет ускорить реагирование на изменяющиеся требования рынка и сокращение жизненного цикла продукции, и влечет за собой разработку и появление новых приложений и сервисов;
- анализ данных о пользователе, его производственных объектах (машинах, зданиях, оборудовании) и характере потребления открывают возможности для поставщика услуги по улучшению клиентского опыта, созданию большего удобства пользования, лучшего решения и сокращению затрат клиента, что ведет к повышению удовлетворенности и лояльности от работы с данным поставщиком;
- функционирование различных отраслей экономики будет непрерывно усложняться под воздействием развития технологий и все больше осуществляться за счет автоматического принятия решений самими машинами на основе анализа большого объема данных с подключенных устройств, что приведет к постепенному снижению роли производственного персонала, в том числе квалифицированного. Потребуется качественное профессиональное образование, включая инженерное, специальные обучающие программы для работников и тренинги.

По мнению Machina Research и компании Nokia, доходы глобального рынка индустриального интернета вещей достигнут 484 млрд евро в 2025 году, а основными отраслями станут транспорт, промышленность, ЖКХ, здравоохранение и применения для умного дома. При этом общие оценки рынка Интернета вещей (пользовательского и корпоративного) в мире Machina Research и Cisco оценивают до 4,3 трлн долларов в 2025 году. А сегодня перед российской промышленностью стоят очень серьезные задачи, включая пресловутое импортозамещение. Россия отстает в переходе на новые принципы производства, которые должны дать ей возможность конкурировать с ведущими международными промышленными концернами. Но не подняв эффективность использования промышленного оборудования до мировых показателей, российская промышленность не сможет даже приблизиться к уровню промышленности развитых стран.

Однако по прогнозам [4], в ближайшие три года IoT-решения будут разрабатываться и активно внедряться на отечественных предприятиях. С учетом государственной поддержки, именно интернет вещей должен стать ключевой точкой роста промышленности и экономики страны. В конце концов, до всех наших управленцев дойдет мысль о том, что IoT-решения позволяют повысить эффективность производства в разы, а срок окупаемости таких проектов в большинстве случаев не превышает нескольких месяцев.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кучерявый А.Е.* Интернет Вещей [Текст] / А.Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2013. - № 1. – С. 21-24.

2. Когда в Россию придет промышленный интернет вещей [Электронный ресурс]: http://www.forbes.ru/tehnologii/337091-treker-dlya-stanka-kogda-v-rossiyu-pridet-promyshlennyy-internet-veshchey (Дата обращения 15.03.2018 г.).
3. Промышленный Интернет вещей [Электронный ресурс]: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT_-_Industrial_Internet_of_Things (Дата обращения 15.03.2018 г.).
4. Исследование промышленного Интернета вещей [Электронный ресурс]: http://winnum.ru/ (Дата обращения 15.03.2018 г.).

**Н.Н. Нуриев, А.С. Мелешин, *Н.О. Светличная**

## СОВРЕМЕННЫЕ БОРТОВЫЕ РЛС С АФАР КАК ОСНОВА СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУР БРЛС И ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ССПД

Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации

* Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: система радаров, фазированная антенная решётка, системы коммуникации и передачи данных, интегрированные структуры; обучение технического персонала; комплекс обучающих дисциплин.

Рассмотрены возможности бортовых радиолокационных систем с активными фазированными антенными решетками в составе многофункциональных авиационных комплексов. Сделан вывод, что на основе достигнутых результатов следует переход, реализующий на основе многолучевых активных фазированных решеток интегрированную структуру бортовой радиолокационной станции и высокоскоростной системы связи и передачи данных. Квалифицированная эксплуатация такой системы требует своевременного начала подготовки технического персонала по программе комплексной дисциплины, в которой с единых методических позиций рассматриваются вопросы построения таких интегрированных структур.

**N.N. Nuriev, A.S. Meleshin, N.O. Svetlichnaya**

# MODERN AIRBORNE RADAR WITH AFAR AS THE BASIS FOR THE CREATION OF INTEGRATED STRUCTURES OF BRLS AND HIGH-SPEED CDTS

Federal state military professional educational institution "183 training center" Ministry of Defense of the Russian Federation, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: radar system, phased array antenna, communication and data transmission system, integrated structure; training of technical personnel; complex educational discipline.

The possibilities of on-board radar systems with active phased array antennas in the multifunctional aviation complexes are considered. It is concluded that on the basis of the achieved results, a transition is realized that realizes on the basis of multipath active phased arrays, the integrated structure of the on-board radar and the high-speed communication and data transmission system. The qualified operation of such a system requires the timely start of training of technical personnel in the program of integrated discipline, which deals with the construction of such integrated structures from unified methodological positions.

Analysis of the open press in the field of the development of tactical strike aviation [1-3] shows that both abroad and in our country, the course is taken to create multifunctional aviation complexes (MF AK), whose equipment makes it possible to carry out various tasks in one flight, such as the destruction of airborne objects, ground fortified objects in the face of countermeasures to air defense assets, as well as carry out aerial reconnaissance missions and conduct high-speed data exchange in real time between MF AK, and other AK for various purposes. This follows from the concept of "network centric warfare" [1], which assumes the use of MF AK simultaneously and as a means of reconnaissance and as a means of hitting targets and as a means of coordinating military operations.

To meet the set tasks, avionics (BREO) includes onboard radar systems (BRLS) and high-speed communication and data transmission systems (CDTS). BRLS are designed to obtain information about the environment by radio engineering methods when operating in two main modes: air-to-surface and air-to-surface.

The MF AK air-to-air radar should provide:

- detection of a large number of air targets (including group targets) and their unambiguous recognition at a great distance;
- measuring the range to the detected targets, directions and speed of their movement;
- automatic tracking of a large number of air targets simultaneously;
- the use of controlled weapons of destruction (CWD) simultaneously for several purposes;
- detection of meteorological formations on the route;
- prevention of collision in the air.

In the air-to-surface mode, the radar should provide:

- detection, recognition and automatic tracking of terrestrial (sea) targets with various effective scattering surfaces (EPR), including small-sized low-contrast targets;
- single-pulse tracking of single targets;
- detection of mobile ground (sea) targets in the mode of selection of moving targets (SMTs);

– recognition of the types of land (sea) targets;
– measurement of range to ground (sea) targets;
– Illumination of targets by high-frequency signals;
– data transfer for (CWD) with semi-active and command guidance;
– mapping of the underlying surface in real ray mode;
– mapping of the underlying surface in high and ultrahigh resolution;
– measurement of the navigational parameters of the carrier aircraft for selected landmarks on the Earth's surface for the purpose of navigation and an accurate exhibition of inertial CWD systems;
– following the terrain with low altitude flight during the overcoming of enemy air defense lines;
– prevention of collision with the ground;
– passive direction of enemy radars radiation and creation of interference with the aim of suppressing them;
– force suppression of enemy radio-technical means by directed microwave radiation.

The solution of these problems is possible when equipping the BRLS with an antenna system of spherical vision based on active phased antenna arrays (AFAR) [4]. At the same time, it is necessary to ensure joint processing of radar data obtained in both centimeter and millimeter ranges..

In the US, Europe and Japan work on the creation and improvement of BRLS with AFAR has been intensively carried out since the early 1990s [5-7]. The introduction of AFAR into the composition of the BRLS gives the following advantages in comparison with other types of antennas:
– increasing the precision of the conformal arrangement of the transmit-receive modules;
– the possibility of obtaining a high power of radiation due to the summation of the radiation of the transmit-receive modules;
– creation of multi-beam directional patterns (DP) with a given number of beams;
– the possibility of a scanning survey of the surrounding sphere while simultaneously holding in a given direction a certain number of beams of the antenna;
– the ability to quickly and accurately change the shape and position of the antenna beam;
– the possibility of simultaneous emission of signals from a multipath DP in the mode of pseudo-random radio frequency changeover (FPRCH).

In addition, the use of AFAR allows to reduce the effective scattering area (EPR) of MF AK, by reducing the reflectance of radar signals from the antenna opening and structural elements.

The generality of the physical processes of generation, transmission, reception and processing of radio signals in digital form allows us to make the transition to an integrated structure that realizes on the basis of multipath AFAR and a multichannel microprocessor system of the combined operation mode of the BRLS and the CDTS. The implementation of the integrated structure with the use of AFAR significantly improves the reliability of avionics, simplifies the process of operation and maintenance by reducing the number of units, connecting bundles, feeder links, excluding waveguide paths and mechanical assemblies and rotating units of the connected antenna.

The solution of this task along with scientific research, design development and organization of the production cycle requires the timely start of training of technical personnel in the program of a comprehensive academic discipline, which deals with the construction of the digital BRLS, the CDTS and AFAR from unified methodological positions. This approach will provide a deep understanding of the physical processes of the devices of the integrated system and, accordingly, the required quality of operation.

REFERENCES


1. *Kondrat'ev A.* Zarubezhnoe voennoe obozrenie, 2009, no. 5, pp. 44-49.
2. *Lifanov U.S., Sablin V.N., Saltan M.I.* Napravleniya razvitiya zarubezhnykh sredstv nablyudeniya za polem boya. Moscow, Radiotekhnika, 2004.
3. *Fiolentov A.* Zarubezhnoe voennoe obozrenie, 2002, no. 4, pp. 44-46.
4. *Antipov V.N., Koltyshev E.E., Kondratenkov G.S., Lepin V.N., Frolov A.U., Yankovskij V.T.* Mnogofunktsional'nye radiolokatsionnye kompleksy istrebitelei. Moscow, Radiotekhnika, 2014.
5. *Denisov B.* Zarubezhnoe voennoe obozrenie, 2003, no. 11, pp. 44-52.
6. *Aleksandrov B.* Zarubezhnoe voennoe obozrenie, 1996, no. 3, pp. 39-44.
7. *Kolod'ko G., Gribkov M., Frolov I., Andreev N.* Voennyi parad, 2009, no. 5, pp. 66-67.



**С.А. Погребняк, С.В. Попов**


## АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВУКОВЫХ СПЕКТРОВ, ОСНОВАННАЯ НА РАЗДЕЛЕНИИ РАЗНЫХ ЖАНРОВ МУЗЫКАЛЬНЫХ ДОРОЖЕК


Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Луганский национальный университет им. В. Даля». Луганск, Луганская Народная Республика



Ключевые слова: извлечение информации о звуковой дорожке. Автоматическая классификация жанров музыки. Автоматическое разделение звуковых дорожек. Комитет Парижского союза по международному сотрудничеству в информационном поиске между патентными ведомствами, проводящими экспертизу – (MIR).



Аннотация:

Целью данной статьи является исследование, отделения музыкальных звуковых дорожек от предварительной обработки фазового и расширяющегося векторного параметра, связанным с конкретным музыкальным инструментом, характерным для данного музыкального жанра, позволяющие эффективно автоматизировать классификацию музыкального жанра в случае наличия базы данных, содержащей тысячи музыкальных отрывков и десяток жанров.

Результаты исследования показывают, что предложенный подход музыкальной классификации жанров является многообещающим. В целом, параметры объединения, полученные из оригинального аудио, так и смесь разделенных треков улучшают эффективность классификации, демонстрируют, что предлагаемый вектор признаков и метод опорных векторов с механизмом совместного обучения применимы к большому набору данных.

**S.A. Pogrebnyak, S.V. Popov**

## AUTOMATIC CLASSIFICATION OF SOUND SPECTRA, BASED ON THE SEPARATION OF DIFFERENT GENRES OF MUSIC TRACKS.

State educational institution of higher professional education of the Lugansk People's Republic "Lugansk National University. V. Dal. " Lugansk, Lugansk People's Republic

Keywords: extract information about the audio track. Automatic classification of music genres. Automatic separation of sound tracks. Committee of the Paris Union for International Cooperation in Information Retrieval between Patent Offices conducting the examination - (MIR).

Annotation: The purpose of this article is to study the separation of musical soundtracks from the preliminary processing of the phase and expanding vector parameter associated with a specific musical instrument that is characteristic of a given musical genre allowing to effectively automate the classification of a musical genre in the case of a database containing thousands of musical fragments and dozens of genres.

The results of the research show that the proposed approach of music classification of genres is promising. In general, the combination parameters derived from the original audio, as well as the mixture of divided tracks improve the classification efficiency, demonstrate that the proposed feature vector and the method of reference vectors with the co-learning mechanism are applicable to a large set of data.

1. Введение

На сегодняшний день можно утверждать, что из-за объема доступной звуковой в частности музыкальной информации, экспертные знания могут стать устаревшими, поскольку музыкально-компьютерные технологии – это быстро развивающаяся область знаний, предоставляющим человеку постоянно совершенствующиеся инструменты для творчества, обучения и научных исследований. Таким образом, будущие исследования в домене MIR не актуальны. С другой стороны, понимание потребностей пользователей, поведения и требований может оказать большое влияние на развитие системы, которая рассматривает критические концепции MIR. Соответственно, они рекомендуют повысить видимость и влияние пользовательских исследований на местах. Автоматическая классификация музыкального жанра была довольно тщательно использована в последние годы исследовательским сообществом конференции ISMIR (Международное общество поиска музыки) [1], ISMIR и является одним из наиболее популярных поисковых запросов

в пределах домена MIR. Отмечено, что типичный подход, применяемый к AMGC (партнерское объединение компаний и специалистов международного уровня, которые под комплексные проекты предоставляют полный спектр маркетинговых услуг для решения как стратегических, так и отдельных задач маркетинга и рекламы), основан на декомпозиции пространственных объектов и машинного обучения для назначения меток музыкального жанра. Также существуют некоторые нетрадиционные стратегии машинного обучения для AMGC, основанные на разных схемах.

Музыкальные жанры - это категорические ярлыки, созданные человеком, чтобы определить стиль музыки и организовать музыкальные коллекции [2]. "Музыкальный жанр "не может быть точно определён, однако исследование, включающее классификацию музыки, по-прежнему играет важную роль в оценке музыки. Можно утверждать, что расширяющийся потребительский рынок услуг социальной музыкальной сети принес новые способы поиска и анализа музыкальной информации и изучения их эффективности и качества, т. е. на основе фильтрации и сходства, полученных из крупных музыкальных архивов. Однако предмет изучения более глубокого содержания, то есть с учетом разделение звукового источника в контексте распознавания музыки, более полезен для анализа.

Наконец, музыкальный жанр связан с тематической идентичностью шоу радиовещания, поэтому к основополагающим (семантическим) отношениям между, содержанием и потреблением, анализ звуковых дорожек имеет множество вариантов применений в медиа-аналитике и программировании. Подобные аудио-ориентированные семантические подходы (в том числе распознавание музыкального жанра) также могут быть рассмотрены в случае видео контента, что приводит к различным результатам семантической концептуализации (т. е. связь с мероприятиями, событиями: день рождения, выпускной, и другие. Это примеры интеллектуальных информационных систем, которые будут доминировать в предстоящей (полностью развернутой) семантической сети в ближайшем будущем.

## 2. Экспериментальная установка

### 2.1. Музыкальная база данных

В целях анализа подмножества аудио фрагментов, извлеченных из Synat была использована база данных из 13 популярных музыкальных жанров [3]. Кроме того, набор данных образцов музыкальных инструментов был собран из музыкальной службы Sampleswap [4]. Поскольку он содержит образцы различных звуковых инструментов, играющих в петле, набор данных также обеспечивает более длинные звуковые дорожки инструментов. Для эксперимента были собраны образцы из трех музыкальных инструментов: фортепиано, труба и саксофон.

База данных Synat хранит более 50 000 музыкальных треков из 30-секундных фрагментов песен в формате mp3, представляющих следующие 22 жанра: альтернативный рок, блюз, бродвей и вокал, детская музыка, христианство и евангелие, классический рок, классическая музыка, кантри, танцевальная, народная, hard rock & metal, инструментальная, джаз, латинская музыка, опера и вокал, поп, рэп и хип-хоп, рок, R&B, и саундтреки [3]. Вся база данных параметризирована с использованием отображаемого вектор-функции. Для анализа, проведенного в рамках этого исследования, было выбрано более 8000 музыкальных выдержек, представляющие 13 музыкальных жанров.

Выбранные звуковые дорожки для анализа, представляют достаточно разнообразный, но похожий музыкальный материал.

2.2. Параметризация

Выделение функций играет важную роль в процессе распознавания жанра, поэтому этот этап следует тщательно контролировать и оптимизировать. Функциональные векторы (ФВ) для классики жанров музыки обычно основаны на низкоуровневых дескрипторах стандарта MPEG-7. В таблице 1 представлен список параметров, содержащихся в базе данных Synat, выбранный специально для данного исследования [3]. Большинство параметров основаны на стандарте MPEG-7, а остальные это дескрипторы MFCC и связанные со временем выделенные параметры.

2.3 Разделение музыкальных треков

В последние годы также были проведены обширные исследования по теме звукового анализа, и привели к интересным идеям и решениям. Среди наиболее перспективных, одно из них использует синусоидальное моделирование (СМ), которое интенсивно эксплуатируется последние два десятилетия.

Таблица 1 – Список параметров для проведения анализа.

| # | ID | Описание аудио функций | Комментарий |
|---|---|---|---|
| 1 | TC | Временный центроид | - |
| 2 | SC,SC,V | Спектральный центроид и его дисперсия | - |
| 34 | ASE 1-34 | Конверт звукового спектра (ASE) - средние значения на частоте 34 | 29 поддиапазонов в виде аудиофайлов находятся в формате .mp3 |
| 1 | ASE_M | Среднее значение ASE (для всех диапазонов частот) | - |
| 34 | ASEV 1-34 | Разница ASE в 34-х частотных диапазонах | 29 поддиапазонов в виде аудиофайлов находятся в формате .mp3 |
| 1 | ASE_MV | Средняя дисперсия ASE (для всех частотных диапазонов) | |
| 2 | ASC, ASC_V | Аудио спектральный центроид – и его дисперсия | |
| 2 | ASS, ASS_V | Распространение звукового спектра (ASS) - и его дисперсия | |
| 24 | SFM 1-24 | Спектральная плоскостность (SFM) - средние значения для 24 частоты группы | 20 поддиапазонов |
| 1 | SFM_F | Среднее значение SFM (для всех диапазонов частот) | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 24 | SFMV 1-24 | Отклонение SFM (для 24 частотных диапазонов) | 20 поддиапазонов |
| 1 | SFM_MV | Средняя дисперсия SFM (для всей частоты группы) | |
| 20 | MFCC 1-20 | Мел-кепстральные коэффициенты (MFCC) - первые 20 (средние значения) | |
| 20 | MFCCV 1-20 | Отклонение MFCC - первые 20 | |
| 3 | THR_[1,2,3] RMS_TOT | Нет образцов выше одинарного / двойного / тройного значение RMS | Выделенные параметры (24) в временную области на основе анализа распределения огибающего сигнала в отношение к значению RMS |
| 6 | THR_[1,2,3]RMS_10 FR_[MEAN,VAR] | Среднее / отклонение THR [1,2,3] RMS TOT для 10 временных рамок | |
| 1 | PEAK_RMS_TOT | Отношение пика (среднее значение квадрат) | |
| 2 | PEAK_RMS10 FR_[MEAN, VAR] | Среднее значение / дисперсия PEAK RMS TOT для 10 временных рамок | |
| 1 | ZCD | Номер перехода на уровень 0 | |
| 2 | ZCD_10 FR [MEAN,VAR] | Среднее значение / отклонение ZCD для 10 | |
| 3 | [1,2,3]RMS_TCD | Количество переходов с помощью одинарного / двойного / тройного уровня RMS | |
| 6 | [1,2,3] RMS_TCD_10 FR_[MEAN_VAR] | Среднее значение / дисперсия [1,2,3] RMS TCD для 10 временных рамок | |
| | TOTAL number of parameters | 173 | |

Неотрицательная матричная факторизация (NMF) – алгоритм разбивающий набор числовых наблюдений на компоненты [5]. Этот алгоритм используется для того чтобы охарактеризовать данные, поэтому является эффективным методом для разделения барабанов и мелодических частей музыкальных записей в данном исследовании (1).

$$\mathbf{VV} \approx \mathbf{W} * \mathbf{H} \tag{1}$$

NMF был адаптирован для разложения спектрограммы величины полученных путем короткого временного преобразования Фурье (STFT) [6], со спектральными наблюдениями в столбцах, на две неотрицательные матрицы W b H где $W \in R_{\geq 0}^{m \times r}$, $H \in R_{\geq 0}^{r \times n}$ и константу r,
$r \in N$. Столбцы матрицы W напоминают характерные спектры звука события, происходящие в сигнале (например, ноты, исполняемые инструментом), и строки в матрице H измеряют их изменение во времени. Столбцы W не должны быть ортогональными, как в анализе основных компонентов (PCA).

Для $r \ll n, m,$ в общем случае существует только приближенное решение. Такое как: факторизация достигнутых с помощью итеративных алгоритмов, минимизирующих функции затрат (2) [7] .

$$\begin{aligned} &(\mathbf{V} - \mathbf{WH})^{\mathbf{2}} \text{ Среднеквадратическая ошибка модели} \\ &\|(V - WH)\|_F \text{ Норма Фробениуса} \\ &\sum_{ij}\left(V_{ij}\log\frac{V_{ij}}{(WH)_{ij}} - V_{ij} + (WH)_{ij}\right) \text{ Модифицированное отклонение} \end{aligned} \tag{2}$$

Первые две функции затрат тесно связаны друг с другом, минимизируя некоторую форму квадратичной ошибки, модифицированная KL-дивергенция интерпретирует матрицы V и (WH) как распределения вероятностей и минимизирует их расходимость. Модификация (KL) расходится в дополнительном члене $(WH)_{ij} - V_{ij}$, добавлено не только введение измерение абсолютной погрешности, но и обеспечение неотрицательности.

В проведенных экспериментах используется подход с использованием итерационного алгоритма вычисления два фактора, основанные на измененной дивергенции Кулбака-Лейблера V, заданной W и H. Предварительно подготовленный классификатор SVM (поддержкой векторной машины) был применен к каждому NMF компоненту (столбец W и соответствующая строка H), чтобы различать перкуссионные и не перкуссионные компоненты, основанные на таких признаках, как гармоничность спектра и периодичность выигрышей [5]. Выбрав столбцы W, которые классифицируются как ударные и умножая их с оцененной H, получаем оценку вклада перкуссионных инструментов для каждого временного ящика в V [7].

Основываясь на этом подходе, для нового эксперимента строится маска, которая применяется к V для получения оцененной спектрограммы части барабана, которая является передается обратно во временную область через обратный STFT, используя OLA (overlap-add) между кратковременными секциями в процессе инвертирования. Следует помнить, что избыточность в перекрывающихся сегментах и усреднение избыточных выборок в среднем влияет на эффект оконного анализа.

2.4. Методы нормализации

Нормализация данных - это масштабирование исходных данных до указанного диапазона, например. [-1, 1] или [0, 1], который полезен при исследовании данных и, в частности, для нейронных сетей [8]. В проведенном исследовании, самые популярные методы нормализации, такие как: Min-Max и Zero-Mean (ZScore) применялись и тестировались в предварительном исследовании. Min-Max нормализация - линейное преобразование по исходным данным обычно до диапазона [0, 1]. Zero-Mean учитывает, что среднее значение должно быть равно нулю после процесса нормализации. Нормализация учебных и тестовых наборов данных, предназначенных для алгоритмов принятия решений, выполняется так же, как и для нормализации Min-Max - среднее и стандартное отклонение, значения рассчитываются только для набора учебных данных, и только текущее значение сохраняется из учебных и тестовых наборов данных (используемые соответственно для нормализации учебных и тестовых наборов данных).

3. Результаты

3.1. Уменьшение вектор-функции

Среди методов сокращения вектор-функций можно различать те, которые основаны на атрибуте подмножеств, такое как Best First, Greedy или Ranker. Все они были протестированы на музыкальные выдержки из базы данных Synat на этапе предварительного изучения. Для каждого эксперимента были рассмотрены различные настройки (направление поиска, количество не совершенствований узлов для рассмотрения до завершения поиска). Best First (Библиотека Weka) (на основе результатов теста на 5 узлов для метода Best First в направлении Forward) возвращает наилучшие результаты для уменьшения FV параметров 173. Алгоритм был реализованный в среде Weka, и анализ ищет пространство подмножеств атрибутов, дополненным средством возврата. Установка количества последовательных не улучшающих узлов позволяли контролировать уровень обратного отслеживания. Best First поиск использует глубину узла как его стоимость.

В результате такой оптимизации был получен VoP 59, содержащий следующие 59 дескрипторов: (VoP 59= {TC, ASE1, ASE4, ASE5, ASE21, ASE23, ASE25–E29, ASEV1, ASEV29, ASE MV, ASC, ASC V, ASS V, SFM1, SFMV1–3, SFMV5, SFMV6, SFMV8–12, SFMV14, MFCC2–7, MFCC9–13, MFCC17, MFCC20, MFCCV1–6, MFCCV8, MFCCV19, THR 2RMS TOT, THR 3RMS TOT, THR 1RMS 10FR MEAN, THR 2RMS 10FR MEAN, THR 3RMS 10FR MEAN, 1RMS TCD, 2RMS TCD, ZCD 10FR VAR, 1RMS TCD 10FR MEAN}).

Анализ основных компонентов (PCA) также использовался для уменьшения размерности данных. В результате PCA было 74 новых компонента, которые сохраняют информацию, содержащуюся ранее в FV из 173 атрибутов. Для набора из 74 компонентов Best First получен первый алгоритм. Поскольку эти два подхода используются для восстановления данных результатов, поэтому для дальнейшего анализа используется меньший VoP 59.

3.2. Добавление параметров, извлеченных из разделенных дорожек

Важность параметров, выбранных для конкретного инструмента, может играть довольно значительную роль процесса классификации. Таким образом, следующая серия экспериментов, которые были добавлены параметры к вектору признаков, связанным с

разделенными музыкальными дорожками. Было также проверено, что смесь более трех сигналов, в большинстве случаев, выдают менее перспективные результаты. Дальнейший анализ включал оптимизацию VoP с использованием Best First метода.

Процесс оптимизации был выполнен в соответствии со схемой, представленной ниже:

1. Сокращенный VoP p-59 применялся к каждому разделенному сигналу (те же атрибуты для исходных и разделенных сигналов). Таким образом, новые VoP для каждой смеси двух сигналов создают 118 атрибутов, а затем используется Best First метод.
2. Метод Best First применялся для каждого отдельного FV (173 атрибута) разделенного сигнала и добавлен к VoP p 59 (исходный сигнал). В результате новые VoP имеют различной величины (OH p 125, OD p 90, OP p 105, OT p 102, OS p 74).
3. Метод Best First применяется для VoP смеси двух FV (173 (оригинал) + 173 (разделенные)). Таким образом были извлечены следующие VoP: OH p 79, OD p 65, OP p 61, OT p 60, OS p 60.

Хотя не каждый из оптимизированных VoP, как показано ниже, дал наилучший общий правильный результат классификации, поэтому они были выбраны для дальнейшего анализа:

1. В случае OH-сигнала правильность классификации следующих жанров: классика, поп, латинская музыка были учтены в отношении важности гармонической части для этих жанров. Исходя из этих критериев, был выбран OH-сигнал.
2. В случае жанров Рок, Тяжёлый Рок, Метал и Альтернативный Рок были приняты во внимание жанровые смеси. Основываясь на этих критериях, VoP p-90 был выбран для OD сигналов: (VoP p 90 = {VoP 59 + барабан SC v, барабан ASE1,7,16-19,29, барабан ASEv25,29, барабан ASE MV, барабан SFM12-15,17,19, барабан SFMv18, барабан MFCCV1-4, барабан THR 3RMS TOT, барабан THR 1RMS 10FR MEAN, барабан THR 2RMS 10FR MEAN, барабан THR 3RMS 10FR MEAN, барабан THR 3RMS 10FR VAR, барабан PEAK RMS TOT, барабан 1RMS TCD, барабан ZCD 10FR VAR, барабан 1RMS TCD 10FR VAR}).
3. Фортепианный классический жанр, блюз, джаз. Исходя из критериев, для сигнала OP выбран VoP p 61 (OP VoP 61 = {TC, ASE1,4,5,21,23,25-29, ASEV1,29, ASE MV, ASC, ASC V, ASS V, SFM1, SFMV1-5,8-12,14, MFCC2-7,9-13,17,20, MFCCV1-6,8,19, THR 2RMS TOT, THR 3RMS TOT, THR 1RMS 10FR MEAN, THR 2RMS 10FR MEAN, THR 3RMS 10FR MEAN, 1RMS TCD, 2RMS TCD, ZCD 10FR VAR, 1RMS TCD 10FR MEAN, фортепиано ASE MV, фортепиано 1RMS TCD 10FR MEAN}).
4. В случае с музыкой «Труба и саксофон» жанры были выбраны сигналы: OT VoP p 60 для OT и OS VoP p 60 для OC соответственно. Их структуры следующие: OT VoP p 60 = {OPVoP 61 + Trumpet MFCC1} и OS VoP p 60 = {OP VoP 61 + sax MFCC2}.

3.3. Итоги.

Все результаты, относятся к методу классификации на основе Co-SVM перекрестной проверке с 3х-кратным использованием на этой стадии анализа. Были выполнены три итерации перекрестной валидации. Затем индивидуальные значения производительности агрегируются по значению вычисления среднего значения в течение трех раз. Следует подчеркнуть, что песни в базе данных Synat автоматически назначают конкретный музыкальный жанр [3], но эти жанры могут быть очень похожи как в

восприятии, так и в автоматической оценке алгоритмом решения, поэтому имеются сложности на этапе распознавания.

4. Вывод.

В статье основное внимание уделяется автоматической классификации жанров музыки при использовании оригинала и разделенных дорожек. Подход к разделению инструмента был выбран для улучшения результатов классификации жанра музыки и, в частности, для уменьшения ошибочной классификации между выбранными жанрами в контексте влияния конкретного инструмента на отдельные жанры. Метод отрицательной матрицы факторизации (NMF) был адаптирован из литературы [5], и был предложен новый способ использования разделенных и исходных сигналов для параметризации. Поскольку другие исследования использовали только один конкретный сигнал в процессе музыкальной классификации, что не приводило к высокой точности, подход авторов был основан на создании нового VoP, то есть расширения оригинального FV по новым атрибутам, представляющим конкретный инструмент [7]. Таким образом, пять разных дорожек были получены разделением аудио сигналов: гармоника, барабан, фортепиано, труба и саксофон. Следует также отметить, что этот процесс разделения нескольких дорожек был обоснован тем что, сигнал «барабана» состоит из нескольких инструментов: малый барабан, бас-барабан, тот-том, литавры, тарелки и т. д. Что касается фортепиано, следует учесть, что вид звука классического фортепиано, например, джаз-пианино, VoP состоит из оригинального аудио и разделенного фортепиано. В результате данного подхода не удалось добиться улучшения результатов классификации только классической музыки, но в тоже время подход уменьшил ошибочную классификацию Джаза.

При анализе смешанного VoP общая правильность классификации была выше почти каждый раз по сравнению с исходным сигналом. Кроме того, было отмечено, что конкретное сочетание сигналов улучшало правильность классификации жанров, где этот сигнал сыграл важную роль. Это означает, что для жанров, где гармонические инструменты играют важную роль, например, поп, латинская музыка, правильность классификации выросла. Такая же тенденция наблюдалась и для других смешанных сигналов VoP: OD для альтернативного рока, тяжелого рока и метала, а также танцевальной музыки (Dj). В случае сигнала OP, также было видно улучшение классификации блюза, классического и нового века. В общем и целом, было получено снижение ошибочной классификации между аналогичными, а также противоположными жанрами.

В процессе анализа более 8000 музыкальных дорожек, представляющих 13 музыкальных жанров, извлечённых из базы данных Synat [3], исследовательская работа анализируют широкий спектр жанров, представленных в общей сложности ~ 1.000 песнями. Результаты показывают, что общая классификация, полученная при анализе, достигает ~ 72%, что на 10% лучше, чем результаты, достигаемые в литературных источниках [7], [1], то есть ~ 60% для 10 музыкальных жанров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная конференция по поиску музыки [Электронный ресурс]/ ISMIR (2016год) – Режим доступа: https://wp.nyu.edu/ismir2016 - (Дата обращения: 30.03.2018).

2. *Власенко Л.Н.* История развития музыки / Л.Н. Власенко, Л.А. Зубарева. – М.: ПОЛИТЕРА, 2006. – 466 с.
3. Научно-исследовательский проект SYNAT [Электронный ресурс]/SYNAT (2016год) – Режим доступа: http://sound.eti.pg.gda.pl/synat - (Дата обращения: 30.03.2018).
4. Музыкальная служба Sampleswap [Электронный ресурс]/ Sampleswap (2001год) – Режим доступа: http://sampleswap.org - (Дата обращения: 30.03.2018).
5. *Ишмухаметов Ш.Т.* Методы факторизации натуральных чисел / Ш.Т. Ишмухаметов – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 256 с.
6. *Снеддон И.Н.* Преобразование Фурье / И.Н. Снеддон – М.: ИЛ, 1955. - 668 с.
7. *Schuller, B., Lehmann, A., Weninger, F., Eyben, F., & Rigoll, G.* Blind Enhancement of the Rhythmic and Harmonic Sections by NMF: Does it help? // In Proceedings International Conference on Acoustics including the 35th German Annual Conference on Acoustics, (NAG/DAGA)//Rotterdam. The Netherlands – 2006, pp. 361-364.
8. *Черноруцкий И.Г.* Методы оптимизации. Компьютерные технологии / И.Г. Черноруцкий – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 384 с.

***М.И. Половинченко, *В.С. Елисеев, **Н.В. Болдырихин, **И.П. Рыбалко**

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

* Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

** Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: операционная система, безопасность, программное обеспечение, Android, Ios, Windows.

Проанализированы особенности семейства операционных систем Android, Ios, Windows, выделены их преимущества и недостатки. Рассмотрена динамика рынка операционных систем и факторы, влияющие на нее.

***M.I. Polovinchenko, *V.S. Eliseev, ** N.V. Boldyrikhin, ** I.P. Rybalko**

# COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN OPERATING SYSTEMS

*Don state technical university, Rostov-on-don, Russia
** North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: operating system, security, software, Android, Ios, Windows.

The features of the family of Android, Ios, and Windows operating systems are analyzed, their advantages and disadvantages are highlighted. The dynamics of the operating system market and factors affecting it are considered.

Прежде всего, следует отметить, что именно операционная система во многом определяет качество функционирования вычислительной системы в целом, поскольку она влияет на скорость выполнения операций, удобство использования, а так же степень защищенности информации.

В настоящей статье анализируются только пользовательские операционные системы, которые можно разделить на десктопные и мобильные.

Важнейшим фактором популярности тех или иных операционных систем является не только их функциональные характеристики, но общие тенденции на рынке высокотехнологичных устройств в целом [1-3].

Если раньше семейство операционных систем Windows занимало ключевые позиции в рейтинге, то в последние годы она уступила место семейству Android. Это связано в первую очередь с ростом популярности мобильных устройств в целом, и гаджетов под управлением Android в частности. На рисунке 1 приведен общий рейтинг операционных систем [1,2].

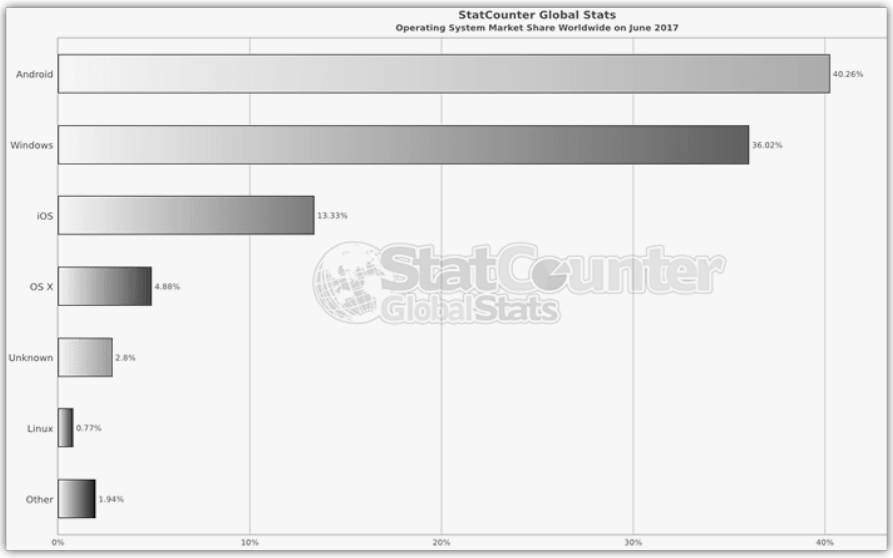



Рисунок 1 -Рейтинг операционных систем

В то время, когда десктопные устройства, где главенствует Windows, продолжают падать, наблюдается рост двух сильнейших игроков: Android и iOS. При этом показатели iOS растут не так быстро, а Android демонстрирует существенную динамику роста. На сегодняшний день по темпам роста числа пользователей это лучшая система.

Несмотря на попытки Microsoft закрепиться на рынке, выпуская новые ноутбуки и другие устройства с десктопной Windows, системы, ориентированные на данный сегмент демонстрируют свое падение.

Рассматривая рейтинг операционных систем для смартфонов и планшетов (рис.2) видно, что Android и iOS захватили 93% рынка. Проанализируем достоинства и недостатки данных систем [1,2].

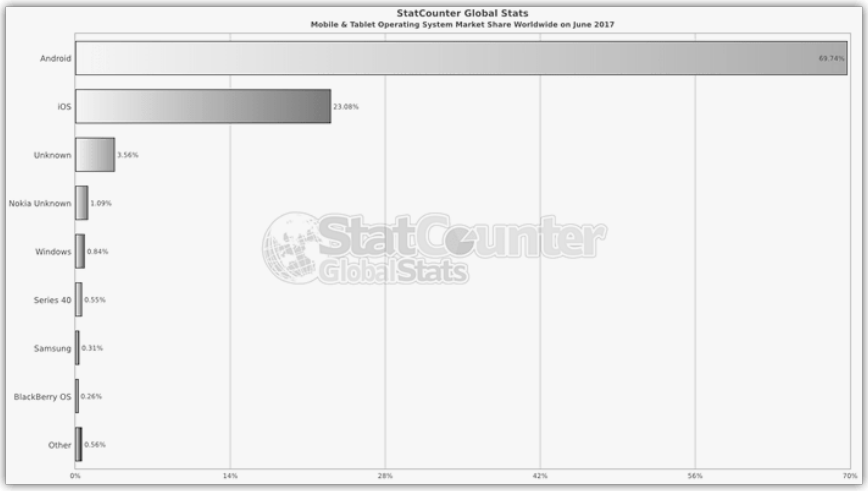



Рисунок 2 -Рейтинг мобильных операционных систем

К достоинствам операционной системы iOS можно отнести [3]:

- надежность;
- быстродействие;
- удобство интерфейса;
- большой функционал;
- достаточно высокая степень защищенности информации.

Недостатки:

- закрытость операционной системы;
- ограниченный выбор приложений;
- периодические проблемы с совместимостью новых версий системы со старыми аппаратными платформами.

Достоинства системы Android [3]:

- достаточная надежность;
- удобный интерфейс;
- разнообразный пользовательский и управляющий функционал;
- открытость операционной системы;
- большой выбор пользовательских приложений;
-многоплатформенность операционной системы.

К недостаткам системы следует отнести:

- слабую защищенность информации;
- сложность настройки операционной системы;
- «тяжеловесность» системы, замедляющей работу устройства.

В целом, как видно из рейтинга, указанные недостатки не препятствуют системе Android удерживать лидирующие позиции.

Рассматривая рейтинг десктопных операционных систем (рис.3) [1,2], видим, здесь пока лидирует Windows. Рыночная доля этого семейства составляет 84,32%.

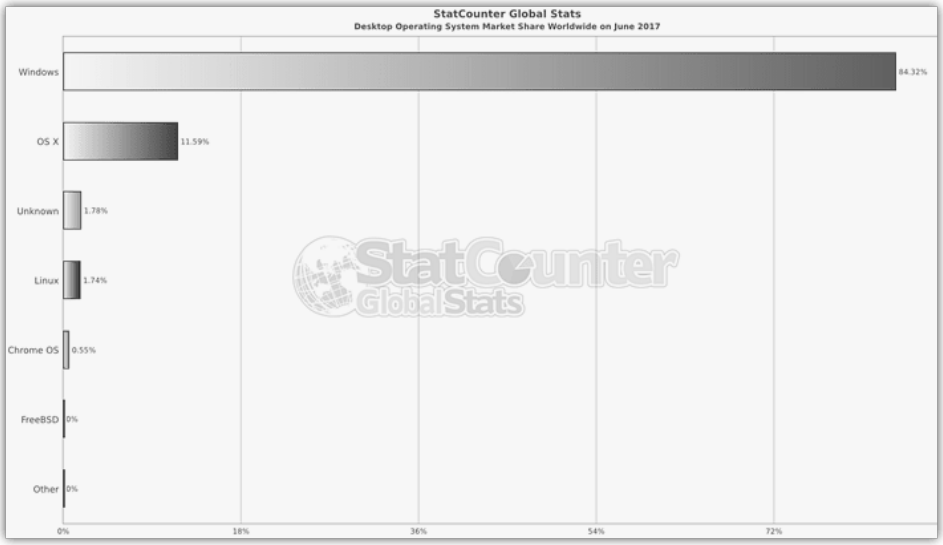



Рисунок 3 - Рейтинг десктопных операционных систем

Далее в рейтинге идут macOS – 11,59%, Linux – 1,74% и Chrome OS 0,55% [1,2].

Такое распределение связано на только с качественными характеристиками систем, но и с предысторией развития данного рынка. Системы Windows довольно долго практически были монополистом, и лишь в последнее время немного потеснились, уступая macOS и Linux.

Повышение рейнига macOS связано с ростом популярности бренда Apple, а популярность Linux обусловлена, прежде всего, наличием качественных бесплатных версий, что в условиях постоянно растущих цен на программное обеспечение играет ключевую роль. К тому же, считается, что Linux –подобные системы имеют меньше уязвимостей. Немаловажным фактором является открытость исходного кода Linux.

Популярность систем Chrome OS тоже возрастает, благодаря продвижению Google в образовательном сегменте [1].

Таким образом, на основании анализа можно заключить, что популярность той или иной операционной системы определяется не только её функционалом но общими тенденциями рынка высоких технологий и маркетинговой политикой корпораций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт об IT для пользователей и энтузиастов [Электронный ресурс]. - URL: http://www.itrew.ru/windows/statistika-ispolzovaniya-operacionnykh-system-itogi-2016.html (дата обращения: 17.03.2018)
2. Web Analytics Made Easy – StatCounter [Электронный ресурс]. - URL: https://statcounter.com (дата обращения: 17.03.2018)
3. *Зиятдинова А., Староверова Н.А.* Аналитический обзор и сравнение возможностей операционных систем для мобильных устройств // Фундаментальные исследования. - 2015. № 9-2. С. 227-231.

**И.В. Решетникова, Е.А. Казачанская**

## ОПЕРАТИВНАЯ ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: производственно-технологическая сеть, оперативная телефонная связь, диспетчерская голосовая связь.

В статье рассмотрены вопросы внедрения современных систем радиосвязи на производственных объектах повышенной опасности и технологического риска.

**I.V. Reshetnikova, E.A. Kazachanskaya**

## OPERATIONAL TELEPHONE COMMUNICATION FOR OBJECTS OF INCREASED HAZARDS AND TECHNOLOGICAL RISK

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: production and technological network, operational telephone communication, dispatching voice communication.

The article discusses the introduction of modern radio communication systems at sites with a high level of danger and technological risks.

Деятельность любой организации зависит от наличия и скорости передачи информации. Вся информация собирается и пропускается информационными службами предприятия. Для обеспечения деятельности информационным службам нужна сеть, которая включает в себя программные и аппаратные элементы, обеспечивающие связь между устройствами внутри организации и за ее пределами. Аппаратные элементы (сетевые адаптеры, телефонные линии, кабели, компьютеры, коммутаторы и маршрутизаторы) предназначены для физического соединения между хостами. Программные элементы- протоколы и сетевые службы, предназначены для обмена информацией между физически соединёнными хостами.

В различных отраслях промышленности, где производство связано с наличием агрессивных химических соединений, запыленности, сильных акустических шумов, электромагнитных помех, широкое применение находят УПАТС со специальными функциями, которые являются продолжением оперативной телефонной связи (ОТС) предприятий

Предприятия, связанные с горнодобывающей отраслью, относятся к объектам повышенной опасности и технологического риска. Связано это с ведением подземных работ. Продуктивность работы горнодобывающего предприятия и уровень безопасности труда зависит от качества эксплуатационного оборудования. Со временем любое оборудование устаревает, становится непригодным для эксплуатации и нуждается в модернизации.

Так же очень важно отслеживать в реальном времени местоположение работников, находящихся на опасном участке. В случае аварии, как под землей, так и на ее поверхности, руководству предприятия важно знать местоположение, характер аварии и количество человек для оперативного решения данной проблемы.

Для обеспечения надежной голосовой радиосвязи на поверхности и в подземной части шахт и рудников, с альтернативой выхода абонента в производственно – технологическую сеть связи предприятия, передачу данных от систем автоматизированного управления и позиционирования персонала и техники, используется комплекс шахтной диспетчерской телефонной связи и оповещения.

Телефонная связь в условиях горной промышленности является важной составной частью производственной связи, обеспечивающей управление различными стадиями производства (добыча угля, обогащение и др.). По назначению производственная телефонная связь подразделяется на общепроизводственную и внутрипроизводственную.

Общепроизводственные телефонная связь предназначена для общего управления горнодобывающими предприятиями.

Внутрипроизводственная телефонная связь обеспечивает оперативное управление производственными и технологическими процессами.

В зависимости от уровня и объекта управления в состав внутрипроизводственной телефонной связь входят административная, диспетчерская, технологическая и другие виды телефонной связи. [2]

Специфические условия производства горных предприятий предъявляют особые требования к организации телефонной связи и техническим средствам её осуществления. Внутрипроизводственная телефонная связь горного предприятия строится на основе телефонной станции предприятия, кабельных линий, абонентских устройств (телефонных или переговорных аппаратов) и устройств взрывозащиты, обеспечивающих установку

абонентских устройств в местах и помещениях со взрывоопасными условиями. Телефонная станция горного предприятия, как правило, автоматической коммутации обслуживает как абонентов поверхности, так и подземных абонентов и обеспечивает внешнюю связь горного предприятия с производственным объединением (ПО), комбинатом, энергослужбой района, транспортными подразделениями ПО и МПС, соседними горными предприятиями, а также с телефонными станциями общего пользования. Для управления производством горного предприятия организуется диспетчерская телефонная связь, обеспечивающая диспетчеру прямую (приоритетную) связь с персоналом подведомственных участков, цехов, технологических объектов. Для осуществления диспетчерской телефонной связи используются специальные средства оперативной связи — диспетчерские телефонные коммутаторы (ДТК). Они позволяют включённым в них абонентам прямой (без набора номера) вызов диспетчера, выход на телефонную станцию, передачу диспетчеру информации об аварии (набором специального номера), а также обеспечивают диспетчеру прямую связь с руководством предприятия, подразделением ВГСЧ и т.п. [2]

Все устройства телефонной связи, предназначенные для установки в помещениях со взрывоопасной обстановкой или соединённые с помощью проводных средств (линий) с такими помещениями, выпускаются в рудничном исполнении в соответствии с требованиями ГОСТов по безопасности труда. Для обеспечения работы телефонных станций, ДТК в общепромышленном исполнении в сетях телефонная связь с абонентами, находящимися во взрывоопасных помещениях, применяются специальные разделительные устройства искрозащиты линий. Кабельная телефонная сеть горных предприятий имеет электрические и физико-механические параметры, обеспечивающие её безопасное функционирование в помещениях горных предприятий, в т.ч. и во взрывоопасных. [2]

К средствам связи относятся:

- оборудование связи (абонентское оборудование телефонной связи и технологической радиосвязи, оборудование электросиренного оповещения и часофикации, оборудование распорядительно-громкоговорящей связи и внутрипроизводственной диспетчерской связи, структурированные кабельные сети);
- проводные линейные средства (кабели связи различного назначения, в т. ч. волоконно-оптические и соединительные кабели связи);
- сигнальные средства связи (звуковые, светотехнические). [3]

Система комбинированной диспетчерской связи позволяет осуществлять:

- связь абонентов между собой;
- связь диспетчера и абонентов между собой;
- индивидуальный и групповой вызов абонентов или группы абонентов;
- связь абонента с абонентом местной городской телефонной сети;
- переадресацию телефонного звонка абоненту системы связи;
- объединение удаленных объектов в общую систему связи. [3]

Внутрипроизводственная диспетчерская связь состоит из:

- коммутаторов и концентраторов местной связи;
- абонентских переговорных устройств;
- линейных сооружений;

– средств местной ультракоротковолновой радиосвязи. [3]

Для реализации принятых проектных решений по обеспечению двухсторонней громкоговорящей и распорядительной связи, необходимо произвести выбор оборудования.

Система предназначена для:

– организации оперативно-диспетчерской связи;
– организации громкоговорящей связи и громкого оповещения;
– интеграции систем промышленного видеонаблюдения;
– связи с пользователями системы радиосвязи.

Система должна обеспечивать работу в автономном режиме и в качестве части общей телекоммуникационной сети береговых сооружений с единым адресным пространством. Архитектура построения системы исключает наличие единой точки (узла) отказа. В то же время система должна обладать возможностью удаленной диагностики и администрирования каждого модуля с одного рабочего места оператора.

Основным ядром системы является учрежденческо-производственная АТС (УПАТС).

УПАТС, как правило осуществляет коммутацию разговорных трактов через цифровое коммутационное поле и предусматривает коммутацию внешних подключений следующих видов:

– линий ДГС к специализированным терминалам связи (в т.ч. и к УГС);
– двухпроводных физических линий системы центральной батареи;
– двухпроводных физических линий системы местной батареи;
– двухпроводных соединительных линий системы, включаемых в аналоговые абонентские комплекты встречных АТС;
– соединительных линий к трансляционным усилителям, для организации односторонней КПС с возможностью управления фидерами проводного вещания;
– двухпроводных соединительных линий к устройству регистрации речи (магнитофону), индивидуально с каждого пульта обслуживания на отдельный вход регистратора речи;
– линий, подключаемых к диспетчерскому интерфейсу аппаратуры дальней автоматической связи энергосистем (АДАСЭ);
– цифровых соединительных линии (протоколы сигнализации CAS, DSS1 и т.д.);
– 6 или 8 проводных соединительных линий для подключения оборудования командно-поисковой связи (КПС).

На рисунке представлен состав системы оперативной телефонной связи.

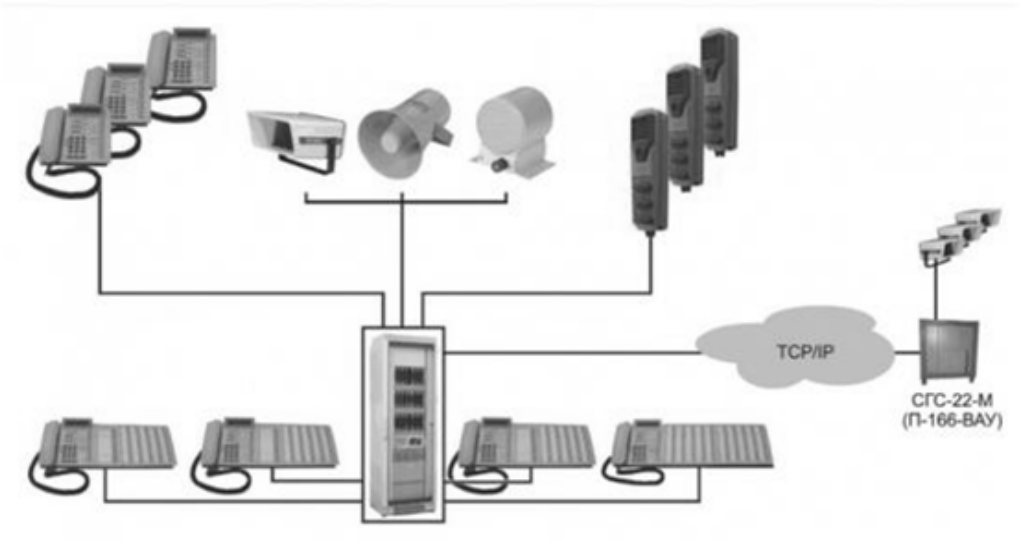



Рисунок 1 - Состав системы оперативной телефонной связи

Пульт диспетчера системы КПС и ДГС выполняет следующие функции:

- передачу команд с ПД через встроенный или внешний микрофон;
- циркулярную передачу команд группе вахтенного персонала;
- оборудование для систем КПС и ДГС обеспечивает дистанционное включение средств оповещения (динамики), циркулярно оповещает оперативный персонал и должностных лиц, работников предприятий, учреждений, войсковых частей при возникновении чрезвычайных ситуаций.
- постоянный самоконтроль и передачу сообщений на рабочее место оператора УПАТС для определения местонахождения неисправностей и их устранения;
- визуальную индикацию на пульте оперативной связи диспетчера (ПД) текущих: числа, месяца, года, времени в часах и минутах;
- выдачу речевого сигнала на аппаратуру системы звукозаписи во время передачи команд с любого ПД;

УПАТС обеспечивает подключение:

- двухпроводное, для цифровых ПД;
- двухпроводное, для подключения фидеров рупорных громкоговорителей;
- двухпроводное, для подключения к цифровым портам основных станций регистрации переговоров во время разговорного соединения с любого ПД;
- двухпроводное, для подключения к аналоговым портам резервных станций регистрации переговоров во время разговорного соединения с любого ПД;
- двухпроводное, для внешних 2-х проводных линейных комплектов подключаемым к системе ОбТС.

Система командно-поисковой связи (КПС). Система командно-поисковой связи предназначена для поиска персонала на территории предприятия, передачи команд, оповещения персонала при авариях, трансляции различных голосовых сообщений и др. Кроме речевых сообщений диспетчера система позволяет программировать именные клавиши на пульте оперативной связи для передачи заранее записанных стандартных команд или сигналов

(сирены, гонги и т.п.). Сообщения могут передаваться на один громкоговоритель, на группу, на несколько групп или на все громкоговорители одновременно. Основными элементами системы являются:

- УПАТС
- пульты оперативной связи;
- аналоговые телефонные аппараты;
- усилительное оборудование;
- рупорные и настенные громкоговорители.

Громкоговорители. Для громкого оповещения в системе командно-поисковой связи применяются всепогодные (при необходимости взрывозащищенные) громкоговорители рупорного типа. Они развивают высокое звуковое давление при большом КПД, имеют широкую полосу воспроизводимых частот и оптимальную диаграмму направленности. Конструктивно громкоговорители могут быть защищены от металлической и угольной пыли, иметь широкий диапазон рабочих температур. Состав и тип громкоговорителей, усилительного оборудования зависят от условий проекта и решаемых производственных задач.

Система двусторонней громкоговорящей связи (ДГС). Система двусторонней громкоговорящей связи " обеспечивает организацию качественной громкоговорящей двухсторонней связи на предприятиях энергетики, атомной энергетики, железнодорожного транспорта, предприятиях нефтегазового комплекса, металлургической и химической промышленности, а также других промышленных предприятиях.

В УПАТС должны быть реализованы интерфейсы и протоколы ТфОП и сетей с коммутацией пакетов, во- вторых, т.к. станции используются в специализированных ведомственных сетях, они должны поддерживать протоколы и интерфейсы этих сетей. Кроме того, большинству ведомственных/корпоративных пользователей требуются специфические для каждой отрасли дополнительные виды обслуживания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Кропотов Ю.А.*, *Парамонов А.А.* Методы проектирования алгоритмов обработки информации телекоммуникационных систем аудиообмена: монография / – М.-Берлин: Директ-Медиа,2015. – 226 с.
2. Горная энциклопедия. Электронная связь. http://www.mining-enc.ru/t/telefonnaya-svyaz/ 6.04.2018.
3. *Ельева А.Ю., Савеня А.А.* Организация системы внутрипроизводственной диспетчерской связи // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. VII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 7. https://sibac.info/studconf/tech/vii/30823 10.04.2018.

**К.А. Решетникова, *А.А. Баяндурова, *О.И. Соколова**

# О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ТЕСНОЙ ИНТЕГРАЦИИ СПУТНИКОВОЙ И ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

*Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: навигационная система, синтез навигационных алгоритмов, режим интеграции.

Рассматривается синтез тесноинтегрированной инерциально-спутниковой навигационной системы. Показано, что применение предложенного в статье подхода сокращает размерность оцениваемого вектора навигационных параметров, уменьшая вычислительные затраты, и позволяет принципиально решить задачу оптимальной апостериорной оценки параметров движения объекта.

**K.A. Reshetnikova, *A.A. Bayandurova, *O.I. Sokolova**

# ON THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE INTEGRATED INTEGRATION OF THE SATELLITE AND INERTIAL NAVIGATION SYSTEM

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia
*Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia

Key words: navigation system, synthesis of navigation algorithms, integration mode.

The synthesis of closely integrated inertial-satellite navigation system is considered. It is shown that the application of the approach proposed in the article reduces the dimension of the estimated vector of navigational parameters, reducing computational costs, and allows to solve the problem of optimal a posteriori estimation of the parameters of the object motion.

**Введение**.

Существующие алгоритмы интеграции бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) и спутниковых навигационных систем (СНС) формируются, в основном, или на основе дифференциальной модели движения объекта [1], или на основе т.н. уравнений ошибок ИНС [2]. Оба случая предполагают априорную информацию об изменении траектории объекта во в р е м е н и, что для подавляющего большинства объектов возможно лишь с весьма ограниченной точностью и на небольших

интервалах времени. Последнее обстоятельство приводит, в свою очередь, или к значительным ошибкам инерциально-спутниковых систем в режиме их тесной интеграции, или к быстрой расходимости процесса фильтрации при пропадании спутниковых сообщений. В то же время для навигации объектов, движущихся по заранее известным с высокой точностью пространственным траекториям, возможно использование п р о с т р а н с т в е н н ы х моделей пути (ПМП), существенно упрощающих решение навигационной задачи и повышающих его точность. При этом необходимо подчеркнуть, что данные модели формируются на основе геодезических измерений или соответствующей картографической информации и инвариантны к характеру движения объекта и виду его модели.

**1. Постановка задачи.**

Задача настоящего исследования – показать, что использование подобных пространственных моделей не требует линеаризации навигационных уравнений (как при построении уравнений ошибок), повышая точность позиционирования; сокращает размерность оцениваемого вектора навигационных параметров, уменьшая вычислительные затраты; расширяет вектор наблюдений, позволяя принципиально решить задачу апостериорной оценки параметров движения автономными измерителями при пропадании спутниковых сообщений. Рассмотрим механизм возникновения этих преимуществ подробнее.

**2. Математическая модель тесноинтегрированной навигационной системы.**

При описании движения объекта будем использовать следующие правые системы координат (СК) (фиг.1) [2,3]:

- приборную СК (ПСК) $J\ 0xyz$, начало которой расположено в центре масс объекта, а оси направлены по взаимно ортогональным осям чувствительности приборов измерительного комплекса БИНС,
- инерциальную СК (ИСК) $I\ \ O\eta\xi\zeta$ с началом в центре Земли,
- вращающуюся вместе с Землей гринвичскую СК (ГрСК) $G\ \ O\eta_1\xi_1\zeta_1$,
- сопровождающую (ССК) $S\ OXYZ$, начало которой совпадает с центром масс (ЦМ) объекта, ось $Y$ совпадает с направлением местного меридиана, ось $Z$ направлена к центру Земли, а ось $X$ дополняет систему до правой.

Считаем также, что в измерительный комплекс БИНС входят три акселерометра и три датчика угловой скорости (ДУС). В качестве модели шумов измерений чувствительных элементов (ЧЭ) примем белый гауссовский шум (БГШ). Такой подход не накладывает принципиальных ограничений на решение поставленной задачи, поскольку путем расширения вектора состояния за счет введения формирующих фильтров можно, как известно, получить модель помехи ЧЭ с заданными статистическими характеристиками.

При сделанном выборе СК система уравнений навигационных параметров исследуемой БИНС, инвариантная к характеру движения объекта и виду его физической модели, как показано в [3], имеет следующий вид:

$$\begin{vmatrix}\dot{\alpha}\\ \dot{\beta}\\ \dot{\gamma}\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}\frac{\sin\gamma}{\cos\beta} & \frac{\cos\gamma}{\cos\beta} & 0\\ \cos\gamma & -\sin\gamma & 0\\ \sin\gamma tg\beta & \cos\gamma tg\beta & 1\end{vmatrix}(Z_d-W_d)=\Phi(\beta,\gamma)(Z_d-W_d),$$

$$\begin{vmatrix}\dot{\lambda}\\ \dot{\varphi}\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}0 & (\cos\varphi)^{-1}\\ -1 & 0\end{vmatrix}\begin{vmatrix}-V_Y\\ V_X\end{vmatrix}(r+h)^{-1},$$

$$\begin{vmatrix}\dot{V}_X\\ \dot{V}_Y\\ \dot{V}_Z\end{vmatrix}=C^T(\alpha,\beta,\gamma,\lambda,\varphi)Z_a+\left(\left(2\begin{vmatrix}0\\ \Omega\cos\varphi\\ \Omega\sin\varphi\end{vmatrix}+(r+h)^{-1}\begin{vmatrix}-V_Y\\ V_X\\ V_X tg\varphi\end{vmatrix}\right)\times\begin{vmatrix}V_X\\ V_Y\\ V_Z\end{vmatrix}\right)-$$

$$-\begin{vmatrix}0\\ -\Omega^2(r+h)\cos\varphi\sin\varphi\\ \Omega^2(r+h)\cos^2\varphi+g\end{vmatrix}-C^T(\alpha,\beta,\gamma,\lambda,\varphi)W_a,$$

$$\dot{h}=V_Z, \tag{2.1}$$

где α, β, γ - углы Эйлера, определяющие ориентацию трехгранника ПСК относительно ИСК, $Z_d=\begin{vmatrix}Z_x & Z_y & Z_z\end{vmatrix}^T$ - вектор измерений трёх ортогональных ДУСов, $W_d=\begin{vmatrix}W_x & W_y & W_z\end{vmatrix}^T$ – вектор аддитивных помех измерения ДУСов (БГШ с нулевым средним и матрицей интенсивностей $D_d$), $\lambda$ – долгота, φ – широта, $h$ - высота объекта, $V_X, V_Y, V_Z$ - проекции линейной скорости объекта на соответствующие оси сопровождающей СК, $r$ – радиус Земли, $\Omega$ - угловая скорость вращения Земли, $g$ – гравитационное ускорение, $Z_a=\begin{vmatrix}Z_{ax} & Z_{ay} & Z_{az}\end{vmatrix}^T$ - вектор выходных сигналов акселерометров, $W_a=\begin{vmatrix}W_{a_x} & W_{a_y} & W_{a_z}\end{vmatrix}^T$ – вектор помех акселерометров (БГШ с нулевым математическим ожиданием и матрицей интенсивностей $D_a$), $C(\alpha,\beta,\gamma,\lambda,\varphi)=D(\alpha,\beta,\gamma)B^T(\lambda,\varphi)$ – матрица направляющих косинусов, определяющая ориентацию ССК относительно ПСК, $D(\alpha,\beta,\gamma)$– матрица поворота 2-го рода [4], определяющая ориентацию ПСК относительно ИСК, $B=D(\lambda+\Omega t=\psi,-\varphi,0)$ – матрица 2-го рода, определяющая ориентацию ССК относительно ИСК.

Здесь следует подчеркнуть, что наблюдение (а, следовательно, и апостериорное оценивание на основе существующих методов теории стохастической фильтрации) приведенного полного вектора навигационных параметров возможно только с помощью внешних измерителей (в частности, СНС), т.к. информационные модели всех параметров уже использованы в уравнениях вектора состояния БИНС. Используя в качестве системы внешних измерений СНС, далее рассмотрим только кодовые и доплеровские измерения,

как дающие полное представление о принципах решения задачи построения интегрированной НС на основе пространственных моделей пути.

В стандартном (автономном) режиме информационный сигнал кодовых измерений (псевдодальность) может быть записан как [1,5]:

$$Z_R = \sqrt{(\xi_c - \xi)^2 + (\eta_c - \eta)^2 + (\zeta_c - \zeta)^2} + W_{Z_R} \ , \qquad (2.2)$$

где $\xi_c, \eta_c, \zeta_c$ – известные координаты спутника в гринвичской СК; $\xi, \eta, \zeta$ - текущие координаты объекта в гринвичской СК; $W_{Z_R}$ - БГШ с нулевым средним и известной дисперсией $D_{Z_R}(t)$, обусловленный алгоритмически нескомпенсированными ошибками часов спутников и приемника, задержками сигнала при прохождении ионосферы и тропосферы, ошибками многолучевости и инструментальными погрешностями.

Информационный сигнал доплеровских измерений (псевдоскорости) $Z_V$ в автономном режиме может быть представлен следующим образом [1,5]:

$$Z_V = [\,(\xi_c - \xi)(V_{\xi c} - V_\xi) + (\eta_c - \eta)\ (V_{\eta c} - V_\eta) + (\zeta_c - \zeta)(V_{\zeta c} - V_\zeta)\,] \times$$
$$\times\ (\sqrt{(\xi_c - \xi)^2 + (\eta_c - \eta)^2 + (\zeta_c - \zeta)^2}\,)^{-1} + W_{Z_V}\,, \qquad (2.3)$$

где $V_{\xi c}, V_{\eta c}, V_{\zeta c}$ - проекции вектора скорости спутника на оси гринвичской СК; $V_\xi, V_\eta, V_\zeta$ - проекции вектора скорости объекта на оси гринвичской СК; $W_V$ – БГШ с нулевым средним и известной дисперсией $D_{Z_V}(t)$, обусловленный аппаратурными погрешностями приемника объекта и передатчика спутника, погрешностями многолучевости и случайными погрешностями измерения.

Для возможности использования измерительных сигналов (2.2,2.3) в качестве наблюдателей вектора состояния НС, описываемого системой (2.1), выразим входящие в них переменные через навигационные параметры в ССК. Для координат объекта имеем:

$$\xi = (r + h)\ cos\varphi\ sin\lambda\,,\ \eta = (r + h) sin\varphi\,,\quad \zeta = (r + h) cos\varphi\ cos\lambda\,. \qquad (2.4)$$

При определении проекций скорости учтем, что связь вектора скорости в гринвичской СК $V_G = \left| V_\xi\ V_\eta\ V_\zeta \right|^T$ с вектором скорости $V_S = \left| V_X\ V_Y\ V_Z \right|^T$ в ССК определяется матрицей $B=D(-\varphi,\lambda,0)=B(\varphi,\lambda)$ ориентации ССК относительно ГрСК: $V_S = B(\varphi,\lambda)\ V_G$, откуда сразу следует возможность представления вектора $V_G$ через навигационные параметры объекта:

$$V_G = B^T(\varphi,\lambda)\ V_S. \qquad (2.5)$$

Исходя из (2.4,2.5), сигналы кодовых и доплеровских измерений можно представить, как информационные модели наблюдателей вектора состояния НС (2.1):

$$Z_R=\sqrt{(\xi_c-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\cos\varphi\sin\lambda)^2+(\eta_c-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\sin\varphi)^2+(\zeta_c-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\cos\varphi\cos\lambda)^2}+W_{Z_R}=$$

$$=H_R(\varphi,\lambda,h)+W_{Z_R},$$

$$Z_V=[(\xi_c-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\cos\varphi\sin\lambda)(V_{\xi c}-B^T_{(1)}(\varphi,\lambda)V_S)+(\eta_c-$$

$$-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\sin\varphi)(V_{\eta c}-B^T_{(2)}(\varphi,\lambda)V_S)+(\zeta_c-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\cos\varphi\cos\lambda)(V_{\zeta c}-B^T_{(3)}(\varphi,\lambda)V_S)]\times$$

$$\times(\sqrt{(\xi_c-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\cos\varphi\sin\lambda)^2+(\eta_c-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\sin\varphi)^2+(\zeta_c-(\mathrm{r}+\mathrm{h})\cos\varphi\cos\lambda)^2})^{-1}+$$

$$+W_{Z_V}=H_V(\varphi,\lambda,h,V_S)+W_{Z_V}, \qquad (2.6)$$

где $B^T_{(i)}(\varphi,\lambda)$ - $i$-я строка матрицы $B^T(\varphi,\lambda)$.

Анализируя полученные уравнения спутниковых наблюдателей, можно сделать вывод, что сигналы измерения (2.6) содержат информацию обо всех навигационных параметрах *линейного* движения объекта, но не обеспечивают наблюдения параметров вращения приборного трехгранника относительно ЦМ объекта (подобная ситуация является типичной для существующих алгоритмов фильтрации в СНС). Т.е. использование только спутниковых измерений может привести к неустойчивости процесса оценивания угловых параметров объекта. Использование ПМП принципиально меняет ситуацию.

**3. Анализ и синтез ПМП.**

Предварительно сделаем два допущения, не касающихся принципа использования ПМП при интеграции НС, но существенно упрощающих построение самих моделей изменения долготы $\lambda$ и высоты $h$. Будем считать, что на известных заданных $N$ участках пространственной траектории углы ее наклона по отношению к местному меридиану (азимутальные углы) известны, постоянны и равны $A_i$, а по отношению к плоскости местного горизонта (углы возвышения) также известны, постоянны и равны $\vartheta_i, i=1,..,N$. Эти предположения, как известно, выполняются для железных дорог с высокой точностью. Для долготы $\lambda$ аналитическая модель ее изменения при постоянном азимутальном угле пространственной траектории $A$ известна – это т.н. локсодромическая модель [1]:

$$\lambda(\varphi)=\lambda_0+tgA\cdot\ln\left(\frac{\left|tg(\frac{\varphi}{2}+\frac{\pi}{4})\right|}{\left|tg(\frac{\varphi_0}{2}+\frac{\pi}{4})\right|}\right)=\lambda_0+tgA\cdot\ln\left(C\left|tg(\frac{\varphi}{2}+\frac{\pi}{4})\right|\right),$$

где $C=\left|tg(\frac{\varphi_0}{2}+\frac{\pi}{4})\right|^{-1}$ = const, $\lambda_0$ - начальное значение долготы участка пути с постоянным известным азимутальным углом $A$, $\varphi_0$ - начальное значение его широты, что позволяет представить обобщенную модель для всей траектории в виде:

$$\lambda\ (\varphi) = \sum_{i=1}^{N}\left[\lambda_{i0} + tgA_i \cdot \ln(C_i\left|tg(\frac{\varphi}{2}+\frac{\pi}{4})\right|)\right]\delta(A - A_i)\,,$$

где $\delta(A - A_i)$ - дельта – функция, $\lambda_{i0}$ - начальное значение долготы участка пути с постоянным известным азимутальным углом $A_i$, N – число участков пути с постоянным известным азимутальным углом.

Для высоты $h$ модель ее изменения при постоянном угле возвышения пространственной траектории $\vartheta$ получим, исходя из следующих построений.

Используя ранее приведенные в (2.1) уравнения широты и высоты:

$$\dot{\varphi} = V_Y\left(r + h\right)^{-1}, \qquad \dot{h} = V_Z\,.$$

а также представления проекций линейной скорости $V_Y$ , $V_Z$ с учетом принятых допущений:

$$V_Z = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2 + V_Z{}^2} \cdot \sin\vartheta, \quad V_Y = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2 + V_Z{}^2} \cdot \cos\vartheta \cdot \cos A\,,\ A,\ \vartheta = \text{const},$$

разделим уравнение высоты на уравнение широты. Получим уравнение:

$$\frac{dh}{d\varphi} = \frac{\sin\vartheta\left(r + h\right)}{\cos\vartheta \cdot \cos A}\,,$$

которое легко интегрируется методом разделения переменных:

$$\int_{h_0}^{h}\frac{dh}{(r+h)} = tg\vartheta\sec A\int_{\varphi_0}^{\varphi}d\varphi.$$

Т.е.

$$\ln(\frac{(r+h)}{(r+h_0)}) = tg\vartheta\sec A(\varphi - \varphi_0),$$

откуда находим искомую аналитическую модель высоты в зависимости от изменения широты объекта:

$$h = \ (r + h_0)\ \exp\left[\ tg\vartheta\sec A(\varphi - \varphi_0)\ \right] - r,$$

где $h$ – текущее изменение высоты, $h_0$ , $\varphi_0$ – начальные значения высоты и широты на участке постоянных углов $\boldsymbol{A}$ и $\vartheta$.

Найденная зависимость позволяет построить на основе кусочно-постоянной аппроксимации изменения углов $A$ и $\vartheta$ обобщенную кусочно-нелинейную модель высоты

на всем протяжении пути аналогично приведенной выше модели долготы:

$$h\ (\varphi) = \sum_{i=1}^{N} \{(r + h_i)\ \exp[\ tg\vartheta_i \sec A_i\,(\varphi - \varphi_i)\ ] - r\}\delta(A - A_i)\,\delta(\vartheta - \vartheta_i),$$

где $\delta(A - A_i)\ \ \delta(\vartheta - \vartheta_i)$ - двумерная дельта – функция, $h_i, \varphi_i$ - начальные значения высоты и широты участка пути с постоянными известными углами $A_i$, $\vartheta_i$, N – число участков пути с постоянными углами $A_i$, $\vartheta_i$.

Последующий синтез навигационных алгоритмов проведем только для одного участка траектории с известными углами $A$ и $\vartheta$, имея в виду возможность элементарного обобщения полученных результатов на все остальные ее участки. Перед использованием рассмотренных выше ПМП отметим предварительно следующий двойной эффект от их применения.

Во-первых, сокращается размерность уравнений состояния НС (2.1), т.к. отпадает необходимость в уравнениях, описывающих динамику изменения $\lambda, h$, а, следовательно, и проекций скорости $V_X$, $V_Z$.

Проекции скорости $V_Z$, $V_X$ в этом случае определяются через проекцию линейной скорости $V_Y$ : $V_Z = V_Y \sec A\ tg\vartheta$, $V_X = V_Y\ tgA$.

Во-вторых, принципиальным обстоятельством здесь является то, что отсутствие необходимости использования уравнений проекций $V_X$, $V_Z$ в уравнениях вектора состояния позволяет использовать их, как будет показано ниже, для построения *автономного* наблюдателя этого вектора, обеспечивающего апостериорное оценивание при пропадании спутниковых измерений. Рассмотрим построение навигационного фильтра при использовании данных ПМП более подробно.

**4. Синтез навигационных алгоритмов тесноинтегрированной инерциально-спутниковой систем**ы.

Уравнения состояния приобретают при этом достаточно простой вид:

$$\begin{vmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \end{vmatrix} = \Phi(\beta,\gamma)(Z_d - W_d), \tag{4.1}$$

$$\dot{\varphi} = V_Y\left(r + h(\varphi)\right)^{-1},$$

$$\dot{V}_Y = C^T_{(2)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)Z_a - \left(2\Omega\sin\varphi + V_Y tgA\ tg\varphi\left(r + h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y tgA -$$

$$-V_Y^2\left(r + h(\varphi)\right)^{-1}\sec A\ tg\vartheta + \Omega^2\left(r + h(\varphi)\right)\cos\varphi\sin\varphi - C^T_{(2)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)W_a,$$

где $C^T_{(2)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi) -$ 2 - я строка матрицы $C^T(\alpha,\beta,\gamma,\lambda(\varphi),\varphi)$.

В векторной форме Ланжевена, исходной для построения апостериорных оценок, уравнения (4.1) описываются как:

$$\dot{Y} = F(Y,t) + F_1(Y,t)\xi, \tag{4.2}$$

где $$Y = \left|\alpha \quad \beta \quad \gamma \quad \varphi \quad V_Y\right|^T, \; Y(0) = Y_0, \qquad \xi = \left|W_d^T \quad W_a^T\right|^T.$$

При использовании спутниковых измерений (2.6) в качестве наблюдателя вектора $Y$, они также трансформируются соответствующим образом: вместо переменных $h, \lambda$ записываются их функциональные зависимости от $\varphi$ – $h(\varphi)$, $\lambda(\varphi)$, а вектор $V_S$ представляется как

$$V_S = \left|V_Y\, tgA \quad V_Y \quad V_Y \sec A\, tg\vartheta\right|^T = \left|\, tgA \quad 1 \quad \sec A\, tg\vartheta\right|^T V_Y.$$

Т.е. в данном случае измерения и функции наблюдения СНС выглядят как:

$$Z_R = H_R(\varphi) + W_{Z_R}, \quad Z_V = H_V(\varphi, V_Y) + W_{Z_V}. \tag{4.3}$$

Но главное в приведенной трансформации вектора состояния – это возможность построения автономного наблюдателя навигационных параметров на основе выходных сигналов акселерометров. С этой целью представим уравнения проекций скорости $V_X$, $V_Z$ (не вошедшие в (4.1)) следующим образом ( учитывая связи проекций линейной скорости

$$V_X = V_Y\, tgA, \; V_Z = V_Y \sec A\, tg\vartheta):$$

$$\dot{V}_Y tgA = C_{(1)}^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)Z_a + \left(2\Omega\sin\varphi + V_Y tgA\, tg\varphi\left(r + h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y -$$
$$-\left(2\Omega\cos\varphi + V_Y tgA\left(r + h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y \sec A\, tg\vartheta - C_{(1)}^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)W_a,$$
$$\dot{V}_Y \sec A\, tg\vartheta = C_{(3)}^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)Z_a + \left(2\Omega\cos\varphi + V_Y tgA\left(r + h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y tgA +$$
$$+ V_Y^{\,2}\left(r + h(\varphi)\right)^{-1} - \Omega^2\left(r + h(\varphi)\right)\cos^2\varphi - g - C_{(3)}^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)W_a.$$

Выражая в данных уравнениях производную скорости $\dot{V}_Y$ из ее уравнения, входящего в систему (4.1), имеем:

$$\left[C_{(2)}^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)Z_a - \left(2\Omega\sin\varphi + V_Y tgA\, tg\varphi\left(r + h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y tgA -\right.$$
$$-V_Y^2 \sec A\, tg\vartheta\left(r + h(\varphi)\right)^{-1} + \Omega^2\left(r + h(\varphi)\right)\cos\varphi\sin\varphi -$$
$$\left. - C_{(2)}^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)W_a\right] tgA = C_{(1)}^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)Z_a + \left(2\Omega\sin\varphi + V_Y tgA\, tg\varphi\left(r + h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y -$$
$$-\left(2\Omega\cos\varphi + V_Y tgA\left(r + h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y \sec A\, tg\vartheta - C_{(1)}^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)W_a,$$

$$
\begin{aligned}
&\left[C^T_{(2)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)Z_a - \left(2\Omega\sin\varphi + V_Y tgA\ tg\varphi\left(r+h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y tgA - \right.\\
&\left. - V_Y^2 \sec A\ tg\vartheta\left(r+h(\varphi)\right)^{-1} + \Omega^2\left(r+h(\varphi)\right)\cos\varphi\sin\varphi - C^T_{(2)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)W_a\right]\sec A\ tg\vartheta = \\
&= C^T_{(3)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)Z_a + \left(2\Omega\cos\varphi + V_Y tgA\ \left(r+h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y tgA + \\
&+ V_Y{}^2\left(r+h(\varphi)\right)^{-1} - \Omega^2\left(r+h(\varphi)\right)\cos^2\varphi - g - C^T_{(3)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)W_a.
\end{aligned}
$$

Выразим из полученных уравнений вектор выходных сигналов двух акселерометров, расположенных, например, по осям ПСК $Ox$ и $Oy$ (выбор осей здесь непринципиален):

$$
\begin{vmatrix} Z_{ax} \\ Z_{ay} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} (c_{12}tgA - c_{11}) & (c_{22}tgA - c_{21}) \\ (c_{12}\sec A tg\vartheta - c_{13}) & (c_{22}\sec A tg\vartheta - c_{23}) \end{vmatrix}^{-1} \times
$$

$$
\times\left\{ \begin{vmatrix}
(c_{31} - c_{32}tgA)Z_{ax} + \left[\left(2\Omega\sin\varphi + V_Y tgA\ tg\varphi\left(r+h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y tgA + \right. \\
\left. + V_Y^2\sec A\ tg\vartheta\left(r+h(\varphi)\right)^{-1} - \Omega^2\left(r+h(\varphi)\right)\cos\varphi\sin\varphi\right]tgA + \\
+\left(2\Omega\sin\varphi + V_Y tgA\ tg\varphi\left(r+h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y - \\
-\left(2\Omega\cos\varphi + V_Y tgA\left(r+h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y\sec A\ tg\vartheta \\
(c_{33} - c_{32}\sec A\ tg\vartheta)Z_{az} + \left[\left(2\Omega\sin\varphi + V_Y tgA\ tg\varphi\left(r+h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y tgA + \right. \\
\left. + V_Y^2\sec A\ tg\vartheta\left(r+h(\varphi)\right)^{-1} - \Omega^2\left(r+h(\varphi)\right)\cos\varphi\sin\varphi\right]\sec A\ tg\vartheta + \\
+\left(2\Omega\cos\varphi + V_Y tgA\ \left(r+h(\varphi)\right)^{-1}\right)V_Y tgA + \\
+ V_Y{}^2\left(r+h(\varphi)\right)^{-1} - \Omega^2\left(r+h(\varphi)\right)\cos^2\varphi - g
\end{vmatrix} + \right.
$$

$$
\left. + \begin{vmatrix} C^T_{(2)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)tgA & -C^T_{(1)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi) \\ C^T_{(2)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)\sec A\ tg\vartheta & -C^T_{(3)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi) \end{vmatrix} W_a \right\} = H_a(Y,t) + H_w(Y,t)W_a, \tag{4.4}
$$

где $c_{ij} = c_{ij}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)$ - $ij$-й элемент матрицы $C(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)$, $C^T_{(i)}(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)$ – $i$-я строка матрицы $C^T(\alpha,\beta,\gamma,\varphi)$.

Аналогичным образом могут быть построены уравнения автономного наблюдения и для других пар акселерометров, в информационном отношении эквивалентные (4.4).

Несмотря на более сложную модель информационного сигнала по сравнению со спутниковыми измерениями, дополнительным преимуществом данного наблюдателя (помимо автономности) является возможность явного наблюдения *всех* навигационных переменных (в т.ч. и угловых параметров), что принципиально влияет на точность оценивания вектора состояния БИНС.

Уравнения (4.2,4.4), представленные в классической форме «объект-наблюдатель», позволяют осуществить *теоретически строгое* апостериорное оптимальное оценивание

навигационного вектора по выбранному вероятностному критерию. Т.к. точное решение задачи связано с необходимостью интегрирования интегро-дифференциального уравнения в частных производных (уравнения Стратоновича) для апостериорной плотности вероятности (АПВ), то с целью уменьшения вычислительных затрат используем далее субоптимальную оценку навигационного вектора на основе гауссовской аппроксимации АПВ (т.н. нелинейный, или обобщенный, фильтр Калмана) [6]:

$$\dot{\hat{Y}} = F\left(\hat{Y},t\right) + K\left(\hat{Y},t\right)\left[\begin{vmatrix} Z_{ax} \\ Z_{ay} \end{vmatrix} - H_a\left(\hat{Y},t\right)\right], \tag{4.5}$$

$$K\left(\hat{Y},t\right) = \left\{R\frac{\partial H_a^T\left(\hat{Y},t\right)}{\partial \hat{Y}} + F_1\left(\hat{Y},t\right)D_A H_w^T\left(\hat{Y},t\right)\right\}\left(H_w\left(\hat{Y},t\right)D_a H_w^T\left(\hat{Y},t\right)\right)^{-1},$$

$$\dot{R}\left(\hat{Y},t\right) = \frac{\partial F\left(\hat{Y},t\right)}{\partial \hat{Y}}R\left(\hat{Y},t\right) + R\left(\hat{Y},t\right)\frac{\partial F^T\left(\hat{Y},t\right)}{\partial \hat{Y}} + F_1\left(\hat{Y},t\right)D_\xi F_1^T\left(\hat{Y},t\right) -$$
$$- K\left(\hat{Y},t\right)\left(H_w\left(\hat{Y},t\right)D_a H_w^T\left(\hat{Y},t\right)\right)K^T\left(\hat{Y},t\right),$$

где $\hat{Y}_0 = M\left(Y_0\right),\ R_0 = M\left\{\left(Y_0 - \hat{Y}_0\right)\left(Y_0 - \hat{Y}_0\right)^T\right\},\ D_\xi = \begin{vmatrix} D_d & 0 \\ 0 & D_a \end{vmatrix},\ D_A = \begin{vmatrix} 0 \\ D_a \end{vmatrix}.$

Фильтр (4.5) необходимо использовать при отсутствии спутниковых измерений, обеспечивая непрерывность и устойчивость процесса оценивания в целом. При наличии же спутниковых сигналов целесообразно их комплексировать с сигналами акселерометров. В этом случае уравнения комплексированного наблюдателя, учитывающие дискретный характер спутниковых сообщений, в векторной форме принимают следующий вид:

$$Z_\kappa^{ИНТ} = \begin{vmatrix} Z_{ax} \\ Z_{ay} \\ Z_R \\ Z_V \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} H_a\left(Y,\kappa\right) \\ \mathrm{H_R}\left(\varphi\right) \\ \mathrm{H_V}\left(\varphi, V_Y\right) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} H_w\left(Y,\kappa\right) & 0 \\ 0 & E_2 \end{vmatrix}\begin{vmatrix} W_a \\ W_R \\ W_V \end{vmatrix} =$$
$$= H^{ИНТ}\left(Y,\kappa\right) + H_0^{ИНТ}\left(Y,\kappa\right)\zeta_\kappa^{ИНТ}, \tag{4.6}$$

где $E_2$ – единичная матрица размерности 2, $\kappa$ – текущий такт поступления спутниковых измерений, $\zeta_\kappa^{ИНТ} = \begin{vmatrix} W_a & W_{Z_R} & W_{Z_V} \end{vmatrix}^T$ - БГШ с нулевым средним и матрицей интенсивности $D_{ИН1} = \begin{vmatrix} D_a & 0 & 0 \\ 0 & D_{Z_R} & 0 \\ 0 & 0 & D_{Z_V} \end{vmatrix}$.

Подобная задача относится уже к задачам непрерывно-дискретной фильтрации и просто с помощью фильтра Калмана решена быть не может [6].

В соответствии с [6] гауссовский алгоритм дискретного оценивания непрерывного вектора $Y$ для расширенного наблюдателя (4.6) на $\kappa$-м такте измерения имеет вид:

$$\hat{Y}(t_K+0)=\hat{Y}_{K0}+R(t_K+0)\,\frac{\partial H^{ИНТ^T}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)}{\partial\hat{Y}}\left(H_0^{ИНТ}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)D_{ИНТ}H_0^{ИНТ^T}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)\right)^{-1}\times$$
$$\times\left[Z_\kappa^{ИНТ}-H^{ИНТ}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)\right], \qquad (4.7)$$
$$R(t_K+0)=R_{\kappa 0}\;-\;R_{\kappa 0}\,\frac{\partial H^{ИНТ^T}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)}{\partial\hat{Y}}\times$$
$$\times\left\{\frac{\partial H^{ИНТ}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)}{\partial\hat{Y}}R_{\kappa 0}\frac{\partial H^{ИНТ^T}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)}{\partial\hat{Y}}+H_0^{ИНТ}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)D_{ИНТ}H_0^{ИНТ^T}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)\right\}^{-1}\frac{\partial H^{ИНТ}\left(\hat{Y}_{K0},\kappa\right)}{\partial\hat{Y}}R_{\kappa 0}.$$

При этом следует подчеркнуть, что непрерывный фильтр (4.5) используется только на временных интервалах $[t_{K-1},\ t_K]$ , k=1,2,…, между дискретными спутниковыми измерениями (в т.ч. при их пропадании), поэтому начальные условия $\hat{Y}(t_{K-1})$, $R(t_{K-1})$ уравнений (4.5) на интервале $[t_{K-1},\ t_K]$ формируются как результат дискретного оценивания $\hat{Y}_{K-1}=\hat{Y}(t_{K-1}+0)$, $R_{K-1}=R(t_{K-1}+0)$ вектора состояния НС $Y$ в момент времени $t_{K-1}$:

$$\hat{Y}(t_{K-1})=\hat{Y}_{K-1}=\hat{Y}(t_{K-1}+0),\ R(t_{K-1})=R_{K-1}=R(t_{K-1}+0).$$

В свою очередь, результат интегрирования $\hat{Y}(t_K)$, $R(t_K)$ уравнений непрерывного оценивания (4.5) в конце временного интервала $[t_{K-1},\ t_K]$ является начальным условием $\hat{Y}(t_K-0)=\hat{Y}_{K0}$, $R(t_K-0)=R_{K0}$ для выполнения алгоритма дискретного оценивания (4.7) в момент времени $t_K$:

$$\hat{Y}(t_K-0)=\hat{Y}_{K0}=\hat{Y}(t_K),\quad R(t_K-0)=R_{K0}=\mathrm{R}(t_K).$$

Подобная связь начальных и конечных условий алгоритмов дискретного и непрерывного оценивания является одним из основных условий корректного функционирования режима тесной интеграции автономной БИНС и СНС.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00126.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интегрированные инерциально-спутниковые системы: Сб. ст. и докл. / Сост. О.А. Степанов / Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. – СПб.: ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электроприбор», 2001. – 233 с.
2. *Анучин О.Н., Емельянцев Г.И.* Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов. / Под общей ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. – СПб.: ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 390 с.
3. *Соколов С.В., Погорелов В.А.* Основы синтеза многоструктурных бесплатформенных навигационных систем.– М.: Физматлит, 2009. – 184 с.

4. *Ишлинский А. Ю.* Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. – М.: Наука, 1976. – 672 с.
5. Интерфейсный контрольный документ ГЛОНАСС (5.1редакция),2008г.
6. *Тихонов В.И., Харисов В.Н.* Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 608 с.

**К.А. Решетникова, *М.В. Полякова, *О.И. Соколова**

## О ВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕПЕРИОДИЧЕСКИХ ТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

*Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: непериодические точные измерения, адаптивный фильтр, коэффициент усиления, коэффициент адаптации.

Решена задача синтеза адаптивного дискретного фильтра с использованием непериодических точных измерений. Наличие точных измерений позволяет в такте их появления точно определять параметры фильтра, обеспечивающие нулевую ошибку оценивания.

**K.A. Reshetnikova, *A.A. Bayandurova, *O.I. Sokolova**

## ON THE POSSIBILITY OF SOLVING THE PROBLEM OF ADAPTIVE FILTERING BASED ON NON-PERIODIC PRECISE MEASUREMENTS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia
*Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia

Key words: irregular exact measurements, adaptive filter, strengthening coefficient, adaptation coefficient.

The problem of synthesis of an adaptive discrete filter using non-periodic accurate measurements is solved. The presence of accurate measurements allows in the time of their

appearance to accurately determine the parameters of the filter, providing a zero error of evaluation.

**Введение**.

Построение различных комплексированных измерительных систем основано на коррекции первичных измерений датчиков, погрешности которых растут со временем, по измерениям других датчиков, которые выступают в качестве эталонных. Коррекция при этом производится, как правило, через некоторые интервалы времени, превышающие такт первичных измерений и не всегда одинаковые (зачастую случайные). Необходимость повышения точности оценивания фазовых переменных объекта за счет использования точных измерений, поступающих в некоторые произвольные (в т.ч. случайные) моменты времени, возникает во многих технических системах: в инерциально-спутниковых навигационных системах (НС), где осуществляется коррекция измерений инерциальной НС, погрешности которых растут со временем, по измерениям спутниковой НС, которые выступают в качестве эталонных [1,2]; при оценке навигационных параметров робота (или человека) с учетом нулевой скорости его ступни (или нижней точки колеса) в момент касания поверхности земли [3], коррекции параметров ориентации и навигации различных транспортных систем (морских, железнодорожных и т.д.) в момент прохождения ими базовых (реперных) точек с точно известными координатами [4], при использовании комбинированных навигационных систем на базе инерциальных датчиков при обеспечении навигации внутри помещений и замкнутых пространств [5] и т.д.

На сегодняшний день подобная коррекция производится, в основном, непосредственной заменой текущих оценок навигационных (или других) переменных соответствующими их точными измерениями без изменения параметров алгоритма оценивания. Очевидно, что при таком подходе рост ошибок оценивания на временном интервале, определенном моментом следующего точного измерения, не уменьшится (что и происходит в вышеупомянутых измерительных системах) [3,5,6].

В связи с этим возникает необходимость адаптации параметров самого алгоритма оценивания (далее – коэффициента усиления фильтра) по полученным точным измерениям, что позволит на временных интервалах между ними существенно повысить точность оценивания.

**Постановка задачи.**

Т.к. точные измерения производятся в дискретные моменты времени, то для решения поставленной задачи рассмотрим далее дискретный вариант наиболее часто используемого при решении вышеперечисленных задач алгоритма оценивания – фильтра Калмана, в котором оценка вектора состояния системы $X_{k+1}$ в (k+1)-й момент времени определяется по формуле [6]:

$$\hat{X}_{k+1} = \Phi_k \cdot \hat{X}_k + K_k \cdot (Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k), \qquad (1)$$

где $\Phi_k$ - переходная матрица состояния системы; $\hat{X}_k$ - оценка вектора состояния системы в k-й момент времени; $K_k$ - коэффициент усиления фильтра; $Z_k$ - вектор измерений; $H_k$ - матрица измерений, отображающая пространство векторов состояния системы в пространство векторов измерений.

Вектор измерений определяется по формуле:

$$Z_k = H_k \cdot X_k + V_k ,$$

где $V_k$ - случайная центрированная гауссовская последовательность с дисперсионной матрицей $R_k$.

Ввиду того, что формулируемая задача является задачей адаптации алгоритма оценки, используем далее адаптивный вариант фильтра Калмана, в котором коэффициент усиления определяется как [7]:

$$K_k = P_{k/k-1} \cdot H_k^T \cdot (H_k \cdot P_{k/k-1} \cdot H_k^T + R_k)^{-1}, \quad (2)$$

$$P_{k/k-1} = \mu_k \cdot \Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k , \quad (3)$$

$$P_k = (E - K_k \cdot H_k) \cdot P_{k/k-1} ,$$

где $P_{k/k-1}$ - экстраполированная ковариационная матрица; $\mu_k$ - диагональная матрица коэффициентов адаптации фильтра, использованная в [7]; $Q_k$ - дисперсионная матрица шума системы; $E$ - единичная матрица.

Исходя из представленной формы коэффициента усиления фильтра, задачу его адаптации по точным измерениям сформулируем как задачу нахождения матрицы $\mu_k$ из условия совпадения в соответствующий момент времени вектора оценок $\hat{X}_{k+1}$ (1) с точным вектором состояния системы $X_{k+1}$ (точными измерениями).

**Решение задачи.**

Для решения поставленной задачи будем использовать далее полное выражение Калмановского коэффициента усиления, полученное подстановкой (3) в (2):

$$K_k = (\mu_k \cdot \Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T \times$$
$$\times \left[ H_k \cdot (\mu_k \cdot \Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T + R_k \right]^{-1} ,$$

где для удобства последующего решения введем обозначение $(\mu_k \cdot \Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T = \gamma_k$ и запишем выражение коэффициента Kk следующим образом:

$$K_k = \gamma_k \cdot \left( H_k \cdot \gamma_k + R_k \right)^{-1} . \quad (4)$$

В этом случае уравнение (1) примет вид:

$$\hat{X}_{k+1} - \Phi_k \cdot \hat{X}_k = \gamma_k \cdot \left(H_k \cdot \gamma_k + R_k\right)^{-1} \cdot (Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k) \qquad (5)$$

и относительно матрицы $\mu_k$, входящей в матрицу $\gamma_k$, представляет собой векторное уравнение, решение которого традиционными численными методами требует многократного применения весьма затратной процедуры обращения матрицы. Для возможности его аналитического решения проведем следующие построения.

Т.к. по условиям задачи $\hat{X}_{k+1} = X_{k+1}$, то, вводя обозначения $X_{k+1} - \Phi_k \cdot \hat{X}_k = X_*$, $Z_k - H_k \cdot \hat{X}_k = Z_*$, представим уравнение (5) как:

$$X_* = \gamma_k \cdot \left(H_k \cdot \gamma_k + R_k\right)^{-1} \cdot Z_*. \qquad (6)$$

Умножая обе части уравнения (6) на обратную матрицу $\left[\gamma_k (H_k \gamma_k + R_k)\right]^{-1}$, имеем:

$$\left(H_k \cdot \gamma_k + R_k\right) \cdot \gamma_k^{-1} \cdot X_* = Z_*,$$

или

$$R_k \cdot \gamma_k^{-1} \cdot X_* = Z_* - H_k \cdot X_*. \qquad (7)$$

Продолжая далее умножение обеих частей уравнения (7) на матрицу $\gamma_k \cdot R_k^{-1}$, приведем его к виду, линейному относительно $\gamma_k$, а, следовательно, и относительно $\mu_k$:

$$X_* = \gamma_k \cdot R_k^{-1} \cdot (Z_* - H_k \cdot X_*). \qquad (8)$$

Для окончательного решения данного уравнения относительно $\mu_k$ раскроем выражение $\gamma_k = (\mu_k \cdot \Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T + Q_k) \cdot H_k^T$ и получим:

$$\begin{gathered} X_* = (\mu_k \cdot \Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T \cdot H_k^T \cdot R_k^{-1} + Q_k \cdot H_k^T \cdot R_k^{-1}) \times \\ \times (Z_* - H_k \cdot X_*) \end{gathered} \qquad (9)$$

Вводя для упрощения последующего вывода обозначения $\Phi_k \cdot P_{k-1} \cdot \Phi_k^T \cdot H_k^T \cdot R_k^{-1} = \Delta_{k,k-1}$ и $Q_k \cdot H_k^T \cdot R_k^{-1} = U_k$, представим уравнение (9) в виде:

$$X_* = \mu_k \cdot \Delta_{k,k-1} \cdot (Z_* - H_k \cdot X_*) + U_k \cdot (Z_* - H_k \cdot X_*). \qquad (10)$$

Обозначая векторы $\Delta_{k,k-1} \cdot (Z_* - H_k \cdot X_*) = \Delta_*$, $U_k \cdot (Z_* - H_k \cdot X_*) = \mathrm{U}_*$, приведем уравнение (10) к следующей форме:

$$X_* - \mathrm{U}_* = \mu_k \cdot \Delta_*. \tag{11}$$

Уравнение (11) легко допускает аналитическое решение относительно всех элементов диагональной матрицы $\mu_k$, если учесть возможность представления произведения $\mu_k \cdot \Delta_*$ в виде $\Delta_{*diag}\mu_{\kappa\ vect}$, где

$$\Delta_{*diag} = \begin{vmatrix} \Delta_{*1} & 0 & 0 & \ldots 0 \\ 0 & \Delta_{*2} & 0 & \ldots 0 \\ & & \ldots\ldots\ldots\ldots & \\ 0 & 0 & 0 & \ldots \Delta_{*n} \end{vmatrix}, \ \mu_{k\ vect} = \begin{vmatrix} \mu_{k1} \\ \mu_{k2} \\ \vdots \\ \mu_{kn} \end{vmatrix},$$

$\Delta_{*\mathrm{i}}, \mu_{ki}, \ i = 1,\ldots, n -$ элементы, соответственно, вектора $\Delta_*$ и матрицы $\mu_k$.

В этом случае имеем искомое выражение вектора элементов коэффициента адаптации в виде:

$$\Delta^{-1}{}_{*diag}(X_* - \mathrm{U}_*) = \mu_{k\ vect}, \tag{12}$$

где $\Delta^{-1}{}_{*diag}$ - обратная матрица, легко вычисляемая аналитически в силу ее диагональности:

$$\Delta^{-1}{}_{*diag} = \begin{vmatrix} 1/\Delta_{*1} & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 1/\Delta_{*2} & 0 & \ldots & 0 \\ & & \ldots\ldots\ldots\ldots & & \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 1/\Delta_{*n} \end{vmatrix}.$$

Таким образом, найденное решение нелинейного векторного уравнения (5) в виде (12) позволяет аналитически решить поставленную задачу адаптации калмановского алгоритма оценки по точным измерениям.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00126.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Литвин А.М., Малюгина А.А., Миллер А.Б., Степанов А.Н., Чиркин Д.Е.* Типы ошибок в инерциальных навигационных системах и методы их аппроксимации // Информационные процессы, Том 14, № 4, 2014. – С. 326-339.
2. *Резниченко В.И., Малеев П.И., Смирнов М.Ю.* Спутниковая коррекция параметров ориентации морских объектов // Навигация и гидрография, Том 27, 2008. – С. 25-32.

3. *Луни М.* Оптимизация навигационных характеристик мобильного робота // Компоненты и технологии, № 1, 2012. – С. 48-50.
4. *Цыплаков А.А.* Введение в моделирование в пространстве состояний // Квантиль, № 9, 2011. – С. 1-24.
5. *Шилина В.А.* Система инерциальных датчиков для навигации внутри помещений // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал, 2015, № 4. Режим доступа: http://sntbul.bmstu.ru/doc/778220.html.
6. *Полякова М.В., Соколова О.И.* Повышение точности адаптивной фильтрации на основе использования непериодических точных наблюдений // Технологии разработки информационных систем ТРИС. 2016. - С. 61-64.
7. *Великанова Е.П., Ворошилин Е.П.* Адаптивная фильтрация координат маневрирующего объекта при изменениях условий передачи в радиолокационном канале // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, № 2 (26), часть 1, 2012. - С.29-35

**К.А. Решетникова, *О.И. Соколова, **Е.Г. Чуб**

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

*Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия

** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: гиростабилизированная платформа, параметры Родрига-Гамильтона, полиноминальная зависимость скорости ухода от ускорений.

В данной статье представлена стохастическая модель движения гиростабилизированной платформы, позволяющая решить проблему безопасности движения пассажирского транспорта за счет повышения качества диагностики состояния пути.

**K.A. Reshetnikova, *O.I. Sokolova, **E.G. Chub**

# USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGES OF HIGH-PRECISION POSITIONING OF ROLLING STOCK FOR DIAGNOSTICS OF A CONDITION OF A RAILWAY TRACK

Key words: gyrostabilized platform, parameters of Rodrig-Hamilton, the polynomial dependence of the escape velocity on the accelerations.

This article presents a stochastic model of motion of a gyrostabilized platform, which allows solving the problem of passenger traffic safety by improving the quality of pathway diagnostics.

При использовании в составе вычислительного комплекса путеизмерительных средств систем высокоточного позиционирования платформенного типа актуальной является проблема точности измерений навигационных приборов, работающих в условиях действия внутренних шумов и внешних возмущающих воздействий.

Новая модель позволяет решить проблему обеспечения безопасности движения пассажирского транспорта за счет использования инновационных технологий высокоточного позиционирования.

Рассмотрим следующие системы координат [1,3,4]:

- $O\xi\eta\zeta$ – невращающуюся (инерциальную) правую СК (ИСК) $I$;
- $ONLE$ – астрономическую правую СК (АСК) $T$, связанную с Землей, начало которой совпадает с центром подвеса платформы;
- $OXYZ$ – гироскопическую правую СК (ГСК) *J,* связанную с платформой.
- $Ox_i y_i z_i$ – правую СК, связанную с $i-$м гироблоком платформы, имеющим кинетический момент $H_i$.

Используем при описании модели движения гиростабилизированной платформы (ГСП) следующие допущения, не влияющие принципиально на ход последующих построений:

- расположение гироскопов на платформе ортогональное;
- скорость собственного ухода каждого гироблока $\omega_i$ описывается трехмерным полиномом второй степени от ускорений, направленных по осям связанной с ним системы координат:

$$\omega_i = R_i - U_{z_i} g_{y_i} + U_{y_i} g_{z_i} - U_{x_i} g_{x_i} + \left(k_{z_i z_i} - k_{y_i y_i}\right) g_{z_i} g_{y_i} + \\ + k_{z_i y_i} g_{y_i}^2 - k_{y_i z_i} g_{z_i}^2 + k_{z_i x_i} g_{y_i} g_{x_i} - k_{y_i x_i} g_{x_i} g_{z_i}, \quad (1)$$

где $g_{x_i}, g_{y_i}, g_{z_i}$ – ускорения, направленные по соответствующим осям системы координат, связанной с *i*-м гироблоком (м/с$^2$); $i = 1,2,3$; $R_i$ – составляющая скорости ухода $i$-го гироблока, не зависящая от ускорения (рад/с); $U_{x_i}$, $U_{y_i}$, $U_{z_i}$ – коэффициенты влияния на уход ускорений, направленных по соответствующим осям $Ox_i y_i z_i$, в первой

степени (рад/с·g); $k_{z_i z_i}$, $k_{y_i y_i}$, $k_{z_i y_i}$, $k_{y_i z_i}$, $k_{z_i x_i}$, $k_{y_i x_i}$ – коэффициенты влияния на уход ускорений во второй степени (рад/с·$g^2$); $g$ – ускорение земного тяготения;

– движение платформы в ИСК описывается поворотом первого рода.

Представим уравнение движения гиростабилизированной платформы в векторной форме:

$$\omega = R + Ug + g^T \hat{\otimes} Kg,$$

где $K$ – блочная матрица, $\hat{\otimes}$ – знак блочного умножения,

$$g = \begin{pmatrix} g_x & g_y & g_z \end{pmatrix}^T,\ R = \begin{pmatrix} R_x & R_y & R_z \end{pmatrix}^T,\ U = \begin{pmatrix} -U_z & U_y & U_x \\ -U_x & -U_z & U_y \\ U_z & -U_y & -U_x \end{pmatrix},$$

$$K = \begin{pmatrix} K_1 \\ \hline K_2 \\ \hline K_3 \end{pmatrix}$$

$$K_1 = \begin{pmatrix} k_{zx} & -k_{zy} & 0 \\ 0 & 0 & k_{xy} \\ k_{zz} - k_{xx} & 0 & -k_{xz} \end{pmatrix},\ K_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -k_{xy} \\ k_{zx} & k_{zy} & k_{zz} - k_{yy} \\ 0 & 0 & -k_{yz} \end{pmatrix},$$

$$K_3 = \begin{pmatrix} -k_{xz} & 0 & k_{xx} - k_{zz} \\ -k_{zy} & 0 & 0 \\ 0 & -k_{yx} & -k_{xz} \end{pmatrix}$$

Для построения модели движения гиростабилизированной платформы необходимо определить через ее переменные текущую ориентацию ГСК относительно АСК. Для этого используют различные параметры, например, углы Эйлера-Крылова [5] и параметры Родрига-Гамильтона [2,5,6].

В каноническом виде стохастическая модель гиростабилизированной платформы имеет вид

$$\dot{m} = \tilde{F}(m,t) + \tilde{F}_0(m,t)\xi, \qquad (2)$$

где

$$\widetilde{F}(m,t)=\frac{1}{2}\Phi(m)\left(R+UD(m)V^T(l)G+\left(D(m)V^T(l)G\right)^T\otimes D(m)V^T(l)G\right),$$

$$\widetilde{F}_0(m,t)=\frac{1}{2}\left|\ \Phi(m)\left(UD(m)V^T(l)+2\left(D(m)V^T(l)G\right)^T\otimes D(m)V^T(l)\right)\ \vdots\ \Phi(m)\ \right|,$$

$m=(m_0\quad m_1\quad m_2\quad m_3)^T$ - параметры Родрига-Гамильтона, $G=(G_N,G_L,G_E)$,

$$\Phi(m)=\begin{pmatrix}-m_1 & -m_2 & -m_3\\ m_0 & -m_3 & m_2\\ m_3 & m_0 & -m_1\\ -m_2 & m_1 & m_0\end{pmatrix},$$

где $l=(l_0\quad l_1\quad l_2\quad l_3)^T$ - текущая ориентация АСК относительно ИСК в параметрах Родрига-Гамильтона,

$V(l)=\begin{pmatrix}2l_0^2+2l_1^2-1 & 2l_1l_2 & -2l_0l_2\\ 2l_1l_2 & 2l_0^2+2l_2^2-1 & 2l_0l_1\\ 2l_0l_2 & -2l_0l_1 & 2l_0^2-1\end{pmatrix}$ – матрица конечного поворота трехгранника АСК относительно ИСК, записанная в параметрах Родрига-Гамильтона,

$D(m)=\begin{pmatrix}2m_0^2+2m_1^2-1 & 2m_1m_2+2m_0m_3 & 2m_1m_3-2m_0m_2\\ 2m_1m_2-2m_0m_3 & 2m_0^2+2m_2^2-1 & 2m_2m_3+2m_0m_1\\ 2m_1m_3+2m_0m_2 & 2m_2m_3-2m_0m_1 & 2m_0^2+2m_3^2-1\end{pmatrix}$ ? матрица конечного поворота трехгранника ГСК относительно ИСК, также записанная в параметрах Родрига-Гамильтона.

$\xi=(w\ \vdots\ W)^T$, $w-$вектор случайных возмущающих ускорений, направленных по осям гироскопического трехгранника и описываемый в общем случае БГШ с нулевым математическим ожиданием и известной матрицей интенсивностей $D_w(t)$, $W-$БГШ с нулевым математическим ожиданием и матрицей интенсивностей $D_W(t)$.

В качестве сигнала измерений также будем использовать показания акселерометров $Z_a$, расположенных на гиростабилизированной платформе. Уравнение наблюдателя в параметрах Родрига-Гамильтона имеет вид:

$$Z=\widetilde{q}\cdot m+W_a, \tag{3}$$

где $\widetilde{q}=\begin{pmatrix}C_0\\ \hline C_1\\ \hline C_2\\ \hline C_3\end{pmatrix}$ $v=\begin{pmatrix}v_1^*\\ v_2^*\\ v_3^*\end{pmatrix}$ $C_0=2\begin{pmatrix}m_0v_1^*+m_3v_2^*-m_0v_3^*\\ m_3v_1^*+m_0v_2^*+m_1v_3^*\\ m_2v_1^*-m_1v_2^*+m_0v_3^*\end{pmatrix}$,

$$C_1 = 2\begin{pmatrix} m_1 v_1^* + m_2 v_2^* + m_3 v_3^* \\ m_2 v_1^* \\ m_3 v_1^* \end{pmatrix},\ C_2 = 2\begin{pmatrix} 0 \\ m_2 v_2^* \\ m_3 v_2^* \end{pmatrix},\ C_3 = 2\begin{pmatrix} 0 \\ m_2 v_3^* \\ m_3 v_3^* \end{pmatrix},\ W_a$$ - БГШ с нулевым

математическим ожиданием и матрицей интенсивностей $D_{W_a}(t)$,

$$v_1^* = \left(2l_0^2 + 2l_1^2 - 1\right)G_N + 2l_1 l_2 G_L - 2l_0 l_2 G_E,$$
$$v_2^* = 2l_1 l_2 G_N + \left(2l_0^2 + 2l_2^2 - 1\right)G_L + 2l_0 l_1 G_E,$$
$$v_3^* = 2l_0 l_2 G_N - 2l_0 l_1 G_L + \left(2l_0^2 - 1\right)G_E,$$

Анализ результатов моделирования показывает, что предложенный метод может найти эффективное применение в инерциальных навигационных системах, функционирующих в течение длительного времени и не имеющих ограничений на углы прокачки. В качестве примера можно привести платформу *AIRS.* Также результаты исследования могут быть распространены на гиростабилизаторы, имеющие четвертую рамку подвеса и широко используемые в настоящее время в инерциальных навигационных системах различного типа подвижных объектов.

Полученная дифференциальная модель движения гиростабилизированной платформы (2), (3) позволяет решить сразу целый комплекс практических задач:

– определить изменение во времени непосредственно углов ухода ГСП в ИСК при полиноминальной зависимости скорости ухода от ускорений;
– проанализировать параметрическую зависимость углов ухода ГСП от коэффициентов влияния на уход ускорений по осям ГСП;
– построить различные аппроксимирующие дифференциальные или функциональные временные зависимости углов ухода ГСП, позволяющие существенно сократить объем вычислительных затрат при калибровках и испытаниях платформы, стохастическом оценивании ее текущего состояния и т.п.

Построенная новая модель движения, позволяющая решить проблему безопасности движения железнодорожного транспорта, может найти широкое применение в современных автоматизированных средствах диагностики состояния железнодорожного полотна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Ишлинский А. Ю.* Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. – М.: Наука, 1976. – 672 с.
2. *Бранец В.Н., Шмыглевский И. П.* Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела. – М.: Наука, 1979. – 320 с
3. *Ригли У., Денхард У., Холлистер У.* Теория, проектирование и испытание гироскопов. – М.: Мир, 1972.– 416 с.
4. *Соколов С.В., Половинчук Н.Я.* Теоретические основы синтеза автономных помехоустойчивых бесплатформенных навигационных систем: Монография. - МО РФ 1998. – 340с.

5. *Клодина Т.В., Погорелов В.А., Чуб Е.Г.* Инерциальные информационно-измерительные комплексы. Некорректируемая гиростабилизируемая платформа - Berlin. Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012, 116 с.
6. *Погорелов В.А., Чуб Е.Г., Яковлев К.Ю.* Модель движения некорректируемой гиростабилизированной платформы в параметрах Родрига-Гамильтона // Известия вузов. Авиационная техника 2012, №3. С.69-72.

**Н.В. Руденко, В.В. Евстафьев, О.О. Соколова, В.С. Лободинов**

## ВЫБОР И РАЗМЕЩЕНИЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ С УЧЁТОМ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: ветроэнергетические установки, здоровье человека, объекты телекоммуникации, меры при проектировании, выборе и эксплуатации.

В статье рассмотрен вопрос влияния ветроэнергетических установок на здоровье человека. Показаны причины возникновения механических и аэродинамических шумов при работе таких установок. Рассмотрены экспериментальные результаты и опыт снижения шумов. Выполнен анализ причин появления шума и вибраций при работе ветроэнергетических установок, которые влияют на здоровье человека. Предложены меры при проектировании, выборе и эксплуатации таких установок, которые позволят не допустить негативного влияния на здоровье и самочувствие человека.

**N.V. Rudenko, V.V. Evstafiev, O.O. Sokolova, V.S. Lobodinov**

## SELECTION AND PLACEMENT OF WIND-GENERATORS AUTONOMOUS OBJECTS OF TELECOMMUNICATIONS WITH THE ACCOUNT OF HUMAN HEALTH

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Key words: wind power plants, human health, objects of telecommunications, measures in the design, selection and operation.

The article deals with the issue of the influence of wind turbines on human health. The causes of mechanical and aerodynamic noises during the operation of such installations are shown. Experimental results and experience of noise reduction are considered. The analysis of

the causes of noise and vibration during the operation of wind turbines that affect human health. Measures are proposed in the design, selection and operation of such installations, which will prevent the negative impact on human health and well-being.

**Постановка задачи.** В ряде работ [1-4] было показано, что в качестве ВИЭ в автономных системах электроснабжения объектов телекоммуникации целесообразно использовать ветроэнергетические установки (ВЭУ) малой (до 10 кВт) мощности. Зонами эффективного применения ВЭУ являются следующие субъекты России: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Новосибирская, Ростовская, Тюменская области; Краснодарский, Пермский, Приморский, Хабаровский края; республики Дагестан, Калмыкия, Хакасия, Саха (Якутия); автономные округа Ненецкий, Чукотский, Ямало-Ненецкий [5, 6].Однако вопросы экологии при выборе и размещении ветрогенераторов автономных объектов телекоммуникации (базовых станций сотовой связи, ретрансляторов и др.) достаточно глубоко не проработаны и требуют детального рассмотрения.

Таким образом, вопросы исследования влияния ВЭУ на здоровье человека являются актуальными.

**Материалы исследования.** Задача формулируется следующим образом. Требуется исследовать влияние ВЭУ на здоровье человека и разработать предложения по их выбору и размещению.

Как показано во многих источниках [5, 7], угрозы гибели человека от ветроустановок практически не существует. Однако имеются факторы, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье и самочувствие человека. Одним из таких факторов является шум. Полученные данные по уровню шума от различных механизмов, представленные в
таблице 1, говорят о соизмеримости шума от ВЭУ с другими источниками примерно такой же мощности [5].

Таблица 1 - Уровень шума от различных устройств в дБА

| | |
|---|---|
| Взлет реактивного самолета | 120–140 |
| Пневматический перфоратор | 100 |
| Механическая обработка деталей | 100 |
| Шум у основания башни мощных ВЭУ | 95–100 |
| То же, на расстоянии 200 метров | 40–45 |
| Газонокосилка | 90 |
| Стереосистема | 90 |
| Движение автомобилей на автостраде | 70–80 |
| Машинописное бюро | 70 |
| Офис | 60 |
| Столовая | 50 |
| Работа холодильника | 40 |
| Ночной шум | 30 |
| Шепот | 20 |
| Листопад | 10 |

Имеются два источника шума от ВЭУ. Один из них – механическое и электрическое оборудование ВЭУ, в частности такие компоненты, как редуктор и генератор. Эта составляющая шума называется механической. Механический шум обычно представляет собой главную проблему, но он может быть значительно снижен за счет

применения «тихих» редукторов, подъема основного оборудования на значительную высоту и применения звукоизолирующих материалов в гондоле. Другая составляющая возникает от взаимодействия ветрового потока с лопастями установки, и она называется аэродинамической.

Аэродинамический шум, производимый лопастями ВЭУ. Уровень этого шума зависит от формы лопастей, взаимодействия воздушного потока с лопастями и башней, от формы задней кромки лопасти, от формы кончиков лопастей, от типа регулирования ВЭУ (поворотно-лопастная или без поворота лопастей), от условий турбулентности воздуха [7].

Например, в лаборатории инженерной механики MITI (Ибараки, Япония) были проведены исследования акустических характеристик ВЭУ мощностью 15 кВт с ветроколесом диаметром 15 м при скорости 8 м/с. Ось вращения ветроколеса горизонтальная. на высоте 14.5 м. Редуктор содержит мультипликатор (зубчатый редуктор) и коническую зубчатую передачу. Вал генератора расположен вертикально в цилиндрической металлической башне. Измерения собственных частот башни и акустических характеристик работающей ВЭУ показали, что имеют место флуктуации уровня шума, обусловленные крутильными колебаниями вала ветроколеса. Эти колебания вала передачи возникают при малых нагрузках. Кроме того, обнаружено, что частоты колебаний зубчатых передач могут оказаться в резонансе с частотами собственных колебаний башни. В результате возникают значительные вибрации [5].

На рисунке 1 приведены данные о шумовых характеристиках ВЭУ и их зависимость от скорости ветра, от расстояния до ветроустановок, от мощности ВЭУ и т.д. Для сравнения приведены два типа горизонтально-осевых ветроустановок датского производства NORDTANK и MICON [5].

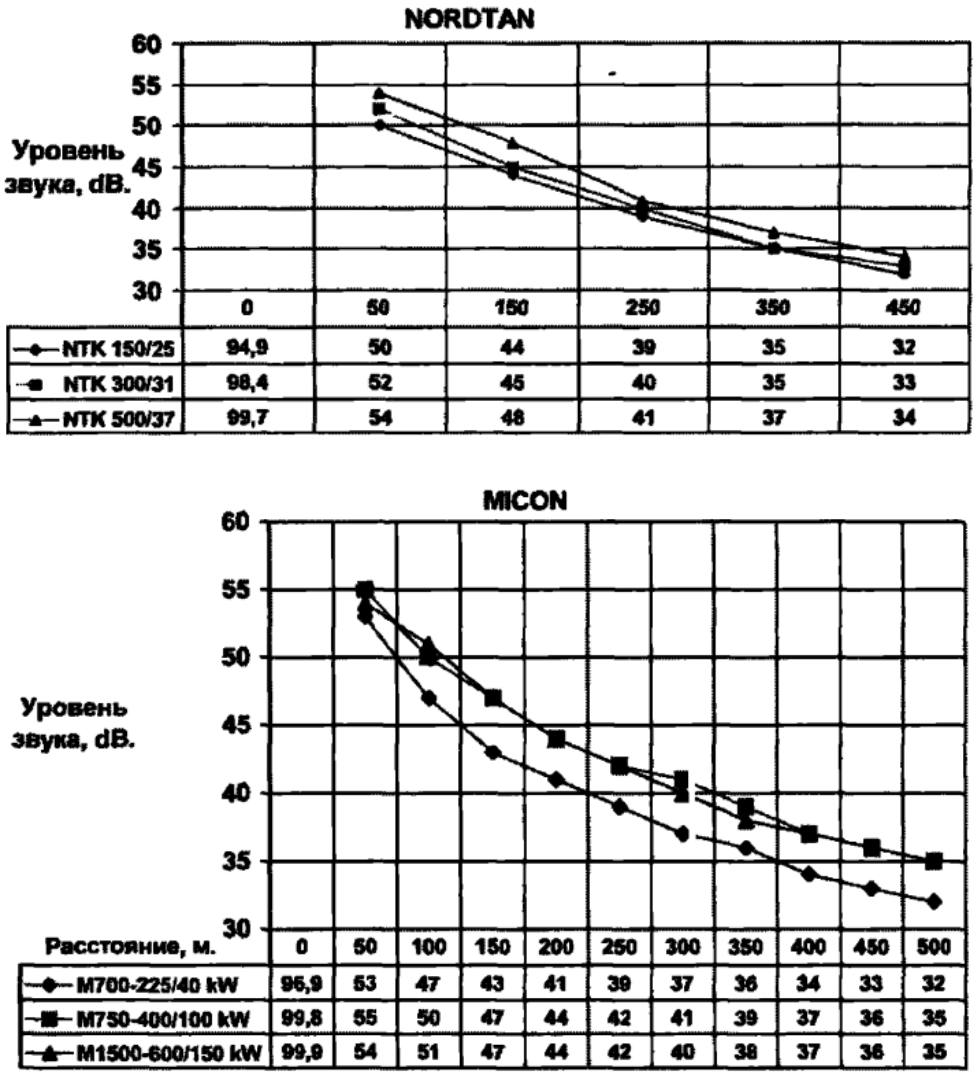



Рисунок 1 - Зависимость уровня шума от расстояния от основания башни

Большинство современных ВЭУ Дании, в непосредственной близости от места их сооружения, генерируют при скорости ветра 10 м/с шум порядка 95–103 дБ. Это соответствует уровню шума на обычном промышленном предприятии. Однако уже на расстоянии 100 м от ВЭУ уровень шума уменьшается до 50 дБ, на расстоянии 300 м – менее 40 дБ. Законы, принятые в настоящее время в Великобритании, Германии, Нидерландах и Дании, ограничивают уровень шума от работающей ВЭУ до 45 дБ в дневное время и до 35 дБ ночью, при этом расстояние от ВЭУ до жилых домов должно быть не менее 300 м.

В ряде источников [7, 8, 9, 10, 11] было показано, что по уровню шума ветрогенераторы с вертикальной осью вращения привода существенно превосходят горизонтально приводные ВЭУ. Экспериментально доказано, что уровень аэродинамических шумов от горизонтально-пропеллерных установок значительно выше, чем у ВЭУ с вертикальной осью вращения, В частности для горизонтальных ВЭУ он составляет 40÷60 дБ, а для вертикальных- 35÷50 дБ **[7,** 8**]**. Это позволяет размещать вертикальные ВЭУ в непосредственной близости от жилых помещений, а также на крыше зданий.

На рисунке 2 для сравнения приведены уровни шума соответственно от вертикальных ВЭУ фирмы Sokol Air Vertical и горизонтальных ВЭУ фирмы Energystock для рядов мощностей 3, 5 и 10 кВт [9, 10].

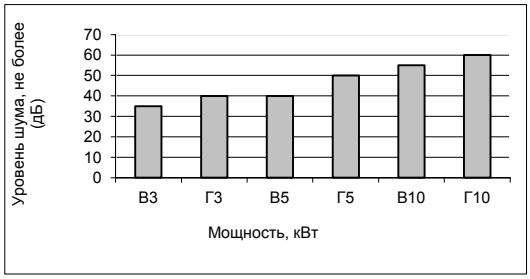



Рисунок 2 - Уровни шума от вертикальных (В) и горизонтальных (Г) ВЭУ с номинальными мощностями соответственно 3, 5 и 10 кВт

Электромагнитные помехи, создаваемые вертикально-осевыми ВЭУ значительно меньше, чем у горизонтально-осевых ВЭУ [8]. Поэтому их можно размещать вблизи центров, где требования к чистоте эфира достаточно высоки в связи с присутствием навигационного оборудования.

В России по требованию системы стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1 003-83 «Шум. Общие требования безопасности», санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» допускаемые эквивалентные уровни звука находятся в диапазоне 50-80 дБА.

**Рекомендации.** Анализ причин появления шума и вибраций при работе ВЭУ, которые влияют на здоровье человека, позволяет предложить следующие меры.

**Меры, которые необходимо применять при проектировании ВЭУ**, следующие.

1. Механический шум может быть значительно снижен применением «тихих» редукторов или ВЭУ в безредукторном исполнении, подъёма основного оборудования на значительную высоту и применение звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов в гондоле [7].

2. Аэродинамический шум может быть снижен соответствующим профилированием лопастей, подбора скорости вращения ветроколеса и механизма его ориентации на ветер [5].

**Меры, которые необходимо применять при выборе и размещении ВЭУ**, следующие.

1. Выбор вертикально-осевых ВЭУ. По сравнению с аналогичными горизонтально-осевыми ВЭУ, где источником шума является трение лопастей о воздух, в вертикально-осевых установках такого рода шум является незначительным и составляет порядка 20-25 дБ [7].

2. Расположение ВЭУ на расстоянии 250 м от места постоянного пребывания людей, где уровень шума не превышает 45 дБ (уровень шума холодильника на кухне), что является приемлемым для жизнедеятельности людей [5].

**Меры, которые необходимо применять при эксплуатации ВЭУ**, следующие: своевременное и качественное обслуживание ВЭУ, включающее в себя смазку трущихся узлов и вращающихся элементов конструкции, а также проверку качества узлов соединения на допустимую вибрацию.

Таким образом, с целью недопущения негативного влияния на здоровье и самочувствие человека при работе ветроэнергетических установок целесообразно использовать предложенные меры.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Rudenko N.V., Sukiyazov A.G., Shokova Yu.A.* Adaptive control efficiency enhance-ment for hybrid solar-wind energy farms // 7th International Scientific Conference Science and Society. Held by SCIEURO in London. 25-26 November 2014. P.43-50.
2. *Руденко Н.В.* [и др.] О целесообразности использования альтернативных источников энергии для бесперебойного электроснабжения базовых станций сотовой связи.//Научный альманах. 2015. №7(9). С. 790-801. DOI: 10.17117/na.2015.07.790 [Электронный ресурс]: URL: // http://ucom.ru/doc/na.2015.07.790.pdf (дата обращения 15.03.2018 г.).
3. *Rudenko N.V., Ershov V.V., Evstafiev V.V.* The Environmen Friendly Power Source for Power Supply of Mobile Communication Base Stations //IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. vol.66 (1).
4. *Rudenko N.V., Ershov V.V., Evstafiev V.V.* Improvement of ecological and resource-consumption properties of hybrid power supply plants of mobile base stations// Proc. International Conf. on Industrial Eng., Application. and Manufact. (ICIEAM). 16-19 May 2017, St.-Petersburg, Russia. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076240
5. *Безруких П.П.* Ветроэнергетика. (Справочное и методическое пособие). М.: ИД «ЭНЕГРИЯ». 2010, 320 с.
6. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / Коллектив авторов. СПб.: Наука, 2002. 314 с.
7. *Козин А.А., Кирпичникова И.М.* Обеспечение безопасности работы ветроэнергетических установок в составе ветропарков. // Электронный Научно-теоретический журнал «Электробезопасность» №4, 2010, с. 45-50. [Электронный ресурс]: URL: // http:// http://www.elb.susu.ru/index.php/elb/article/view/72 (дата обращения 15.03.2018 г.).
8. Что лучше – вертикальный или горизонтальный ветрогенератор? Преимущества и недостатки [Электронный ресурс]: URL:http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/vertikal/148-chto-luchshe-vertikalnyy-ili-orizontalnyy-vetrogenerator-preimuschestva-i-nedostatki.html. (дата обращения 15.03.2018 г.).
9. Ветряные генераторы. [Электронный ресурс]: URL: Sokol Air Vertical HTTPS://WWW.ENVITECHNO.RU/КАТАЛОГ/ ВЕТРЯНЫЕ-ГЕНЕРАТОРЫ/S-A-V/. (дата обращения 15.03.2018 г.).
10. Ветряки для дома купить с гарантией - Energystock. [Электронный ресурс]: URL: http://energystock.ru/vetrogeneratory/vetryanye-elektrogeneratory/vetryaki-dlya-doma-kupit (дата обращения 15.03.2018 г.).
11. *Ершов В.В., Руденко Н.В. Решетникова К.А., Боковеев Д.С.* О целесообразности использования вертикально-осевых ветроэнергетических установок для базовых станций сотовой связи //Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического уни-верситета связи и информатики, 16-18 мая / МТУСИ. – Ростов н/Д, 2017. С.206-212. ISSN 2221-7975.

***Н.В. Руденко, В.В. Ершов, *Я.Н. Тузко, *М.В. Деремов, Т.Э. Тимирбулатова**

## ВЛИЯНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА РАБОТУ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

* Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: ветроэнергетические установки, электромагнитные помехи, телекоммуникационные системы, меры при проектировании и эксплуатации.

В статье рассмотрен вопрос влияния ветроэнергетических установок на работу телекоммуникационных систем. Показаны естественные и искусственные причины возникновения электромагнитных помех при работе таких установок. Рассмотрен опыт снижения эффективной поверхности рассеяния на экранах радаров за счёт конической формы опоры ветрогенератора и электромагнитного экранирования. Предложены меры по снижению влияния электромагнитных помех, возникающих при работе ветроэнергетических установок, на качество телекоммуникационных сигналов, как при проектировании, так и при эксплуатации таких установок.

***N.V. Rudenko, V.V. Ershov, *Ya.N. Tuzko, *M.V. Deremov, T.E. Timirbulatova**

## INFLUENCE OF WIND POWER ENGINEERING INSTALLATIONS ON WORK TELECOMMUNICATION SYSTEMS

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: wind power plants, electromagnetic interference, telecommunication systems, measures in the design and operation.

The issue of the influence of wind power plants on the work of telecommunication systems is considered in the article. The natural and artificial causes of the appearance of electromagnetic interference during the operation of such installations are shown. The experience of lowering the effective scattering surface on the radar screens due to the conical shape of the wind generator support and electromagnetic shielding is considered. Measures have been proposed to reduce the influence of electromagnetic disturbances arising during the

operation of wind power plants on the quality of telecommunications signals, both in the design and operation of such installations.

**Постановка задачи.** Создание современной телекоммуникационной инфраструктуры в России является сложной и масштабной задачей. Ее решение осуществляется по трем направлениям [1]: реализация крупномасштабных общегосударственных проектов; развитие и поддержка региональных телекоммуникационных проектов; деятельность негосударственных организаций в этой области. Темпы развития телекоммуникации в настоящее время остаются высокими. Так к началу 2018 года аудитория Интернет-пользователей в России среди населения старше 16 лет составила 87 миллионов человек, что на 3 миллиона больше, чем год назад. 13,2% россиян пользуются только мобильным Интернетом [2]. Однако проникновение Интернета в Россию, как это следует из рисунка 1, является неравномерным по Федеральным округам и мегаполисам. Наибольшее число пользователей приходится на Москву и Санк-Петербург, наименьшее число пользователей проживают в Северо-Западном, Южном и Северо-Кавказском Федеральных округах, . Именно там, по прогнозам аналитиков, в ближайшее время можно ожидать значительного увеличения числа абонентов сотовой связи и Интернета [2].

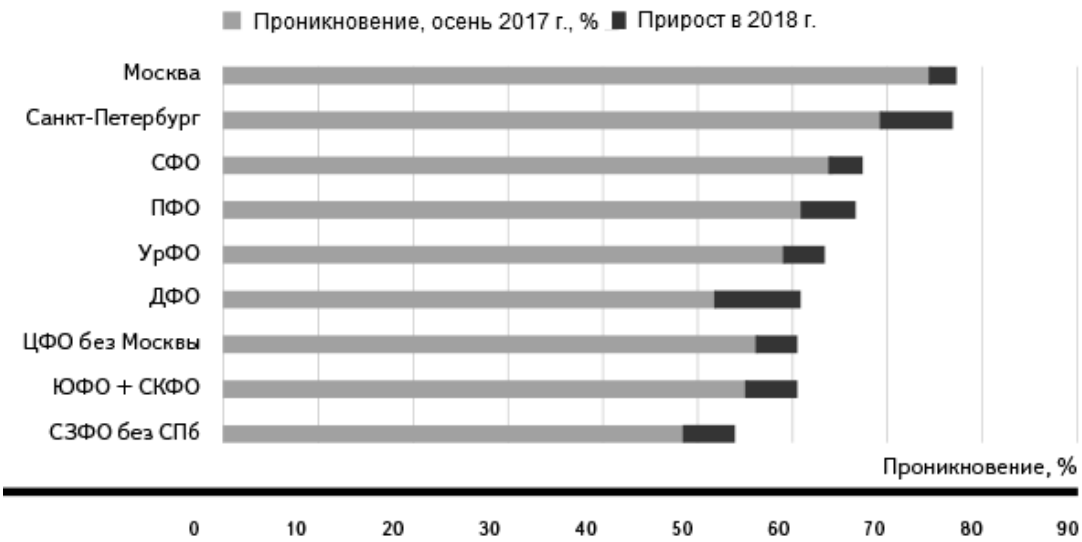



Рисунок 1 - Число интернет-пользователей по федеральным округам РФ (в процентах к общему числу абонентов сотовой связи)

Однако для надежного функционирования сетей сотовой связи необходимо надежное электроснабжение её базовых станций. Следовательно, строительство общенациональных сетей сотовой связи с электропитанием базовых станций на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в регионах России, где отсутствует централизованное электроснабжение, является актуальной задачей. Введение в эксплуатацию подобных базовых станций обеспечит более обширное покрытие.

В ряде работ [3-6] было показано, что в качестве ВИЭ в автономных системах электроснабжения базовых станций целесообразно использовать ветроэнергетические установки (ВЭУ) малой (до 10 кВт) мощности. Зонами эффективного применения ВЭУ являются следующие субъекты России: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская,

Новосибирская, Ростовская, Тюменская области; Краснодарский, Пермский, Приморский, Хабаровский края; республики Дагестан, Калмыкия, Хакасия, Саха (Якутия); автономные округа Ненецкий, Чукотский, Ямало-Ненецкий [7, 8].Однако вопрос влияния ВЭУ на работу телекоммуникационных систем достаточно глубоко не проработан и требует детального рассмотрения.

Таким образом, вопрос исследования влияния ВЭУ на работу телекоммуникационных систем является актуальным.

**Материалы исследования.** Задача формулируется следующим образом. Требуется исследовать влияние ВЭУ на работу телекоммуникационных систем и разработать предложения по минимизации этого влияния.

**Рассмотрим ВЭУ как источник электромагнитных помех (ЭМП).** До недавнего времени считалось, что помехи радио и телевизионному приему от ВЭУ незначительны, если избегать их строительства в одну линию по направлению к передающей станции или располагать на достаточном расстоянии. Но как оказалось, влияние ВЭУ может оказаться, довольно значимым. Лопасти первых ветроагрегатов выполнялись из металла или дерева. Металлические лопасти отражают радио и телевизионные сигналы, а деревянные — поглощают их. Из-за малого количества подобных агрегатов и их небольших размеров они не рассматривались как помеха для радио — и телесигналов. Однако с ростом мощностей и размеров ВЭУ их лопасти увеличивались в размере. Более того для защиты лопастей от ударов молнии внутри лопастей стали закладываться алюминиевые проводники довольно значительного сечения, по которым ток при ударе молнии уходит в землю. Такие лопасти становятся своего рода зеркалами для проходящих радио- и телесигналов [7].

В качестве ЭМП может фигурировать практически любое электромагнитное явление в ВЭУ в широком диапазоне частот. Распространенной естественной ЭМП является электромагнитный импульс при ударе молнии.

Искусственные импульсные помехи в ВЭУ могут возникать в следующих случаях [9]:

- в моменты искрения контактов или контактных колец;
- при всплесках тока и напряжения при различных переходных процессах, связанных с резкими порывами ветра или изменения его направления;
- при работе коммутационных устройств, а также импульсных силовых преобразователей.

С силу износа или несвоевременного обслуживания ветроэнергетической установки, силовые контакты оборудования, размещённые в гондоле устройства, могут замыкаться на металлический корпус. В совокупности с плохим заземлением, ветрогенератор может стать источником ЭМП и создать проблемы в приёме как цифрового, так и аналогового теле- и радиосигнала. Экспериментально установлено, что чем больше размеры ветрогенератора, тем больше помехи для радиосигнала он может создать [10].

Помехи, вызванные отражением электромагнитных волн лопастями ветровых турбин, могут сказываться на качестве телевизионных и микроволновых радиопередач, а также на работе различных навигационных систем в районе размещения ветрового парка на расстоянии нескольких километров. ВЭУ становится препятствием для сигналов военных радаров [7]. По данным Ассоциации ветроэнергетики Великобритании (BWEA), авиадиспетчеры жалуются, что стационарные ВЭУ появляются на радарах и мешают не

только самим фактом своего присутствия, но и за счёт создания так называемых «теней», которые на экране отображаются, как длинные чёрточки. В этих «тенях», которые достигают нескольких сотен метров, радиолокационная станция не может больше обнаружить никаких объектов. При этом сигнал от ВЭУ может иметь разную силу в зависимости от погодных факторов, угла поворота и частоты вращения ветроколеса [7].

Появление помех на радарах обусловлено, прежде всего, формой ВЭУ, поэтому если улучшить её форму, то уровень отражённого электромагнитного сигнала может быть эффективно минимизирован. Так, типичная ВЭУ состоит из опоры, ротора и трёх лопастей. Из-за того, что во время работы опора вибрирует, мощные отражённые от неё сигналы проходят через фильтры и появляются на экране радара. Например, стандартная опора ветроустановки производства фирмы Enercon имеет эффективную поверхность рассеяния (ЭПР) 100 м$^2$ (20дБ/см), что превышает ЭПР большого самолёта, что показано на рисунке 1 [7].

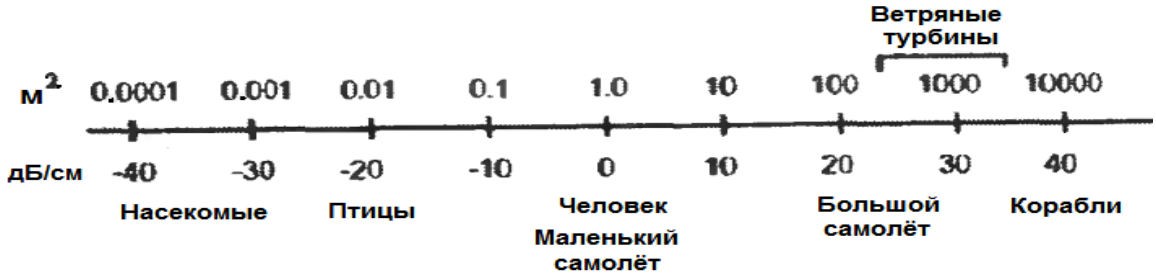



Рисунок 1 - Эффективная поверхность рассеяния различных объектов

Компьютерное моделирование в программе WHIRL показывает, что если придать опоре коническую форму, так, чтобы она сужалась кверху под углом 2°, то ЭПР снижается до 10 м$^2$. При этом изменение (в допустимых пределах) высоты и диаметра опоры не оказывает существенного влияния на уровне сигнала [7].

**Рекомендации.** Анализ причин появления ЭМП в ВЭУ позволяет предложить следующие меры по снижению их влияния на качество телекоммуникационных сигналов.

**Меры, которые необходимо применять при проектировании ВЭУ**, следующие:

- использование при производстве лопастей ВЭУ радиопоглощающее покрытие, которое уменьшит отражение сигналов, т.е. использовать стелс-технологии [7];

- создание конусной опоры ВЭУ под углом 2°;

- применение в качестве электромеханических преобразователей бесконтактных электрических генераторов;

- для изготовления мачт ВЭУ использование суперпластиков, что позволит сделать их невидимыми для радаров и уменьшить отражательные свойства установки; суперпластики - это группа полимерных композиционных материалов, превосходящих по удельной прочности высокопрочные стали и титановые сплавы, и способные поглощать электромагнитное излучение [11];

- экранирование силовых электропреобразовательных устройств и силовых контактов с помощью металлических экранов. Для частот менее 1 МГц хорошо экранируют медные и алюминиевые экраны, а при частотах выше 1 МГц — экраны из стали. Однако, максимальный коэффициент отражения получается в результате применения многослойных экранов — последовательно чередующихся слоев магнитных и немагнитных металлов [12].

**Меры, которые необходимо применять при эксплуатации ВЭУ**, следующие: своевременное и качественное обслуживание ВЭУ, включающее в себя очистку силовых контактов, проверку изоляции токоведущих частей и заземления корпуса; проверку молниезащиты.

Таким образом, с целью снижения влияния электромагнитных помех, возникающих при работе ветроэнергетических установок, на качество телекоммуникационных сигналов, как при проектировании, так и при эксплуатации таких установок целесообразно применять предложенные меры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Развитие интернета в регионах России. Информационный бюллетень [Электронный ресурс]: URL: http://company.yandex.ru/researches/reports/internet_regions_2012.xml (Дата обращения: 13.03.2018 г.)
2. Исследование GfK: Проникновение Интернета в России. [Электронный ресурс]: URL: http://www.gfk.com/ru/insaity/press-release/issledovanie-gfk-proniknovenie-interneta-v-rossii/ (дата обращения 14.03.2018 г.).
3. *Rudenko N.V., Sukiyazov A.G., Shokova Yu.A.* Adaptive control efficiency enhance-ment for hybrid solar-wind energy farms // 7th International Scientific Conference Science and Society. Held by SCIEURO in London. 25-26 November 2014. P.43-50.
4. *Руденко Н.В.* [и др.] О целесообразности использования альтернативных источников энергии для бесперебойного электроснабжения базовых станций сотовой связи.//Научный альманах. 2015. №7(9). С. 790-801. DOI: 10.17117/na.2015.07.790 [Электронный ресурс]: URL: // http://ucom.ru/doc/na.2015.07.790.pdf (дата обращения 15.03.2018 г.).
5. *Rudenko N.V., Ershov V.V., Evstafiev V.V.* The Environmen Friendly Power Source for Power Supply of Mobile Communication Base Stations //IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2017. vol.66 (1).
6. *Rudenko N.V., Ershov V.V., Evstafiev V.V.* Improvement of ecological and resource-consumption properties of hybrid power supply plants of mobile base stations// Proc. International Conf. on Industrial Eng., Application. and Manufact. (ICIEAM). 16-19 May 2017, St.-Petersburg, Russia. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076240
7. *Безруких П.П.* Ветроэнергетика. (Справочное и методическое пособие). М.: ИД «ЭНЕГРИЯ». 2010, 320 с.
8. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / Коллектив авторов. СПб.: Наука, 2002. 314 с.
9. *Вербин В.С.* Помехи. Портал «ЭЗОП — Электроэнергетика, защита от помех» [Электронный ресурс]: URL: http://baza-kip.narod.ru/GOST/st_5.pdf. (дата обращения 15.03.2018 г.).
10. Перспективы развития ветроэнергетики в мире. Часть 2. Портал Зеленеет. [Электронный ресурс]: URL: http://zeleneet.com/perspektivy-razvitiya-vetroenergetiki-v-mire-chast-2/1312/(дата обращения 15.03.2018 г.).
11. Радиопоглощающие материалы и покрытия. Портал Википедия. [Электронный ресурс]: URL:

https://ru.wikipedia.org/wiki/Радиопоглощающие_материалы_и_покрытия. (дата обращения 15.03.2018 г.).
12. *Ивко А.В.* Экранирование радиоэлектронной аппаратуры, как метод обеспечения электромагнитной совместимости. Сайт компании «Тестприбор». [Электронный ресурс]: URL: https:// www.test-expert.ru/news/detail.php?ID=915. (дата обращения 15.03.2018 г.).

***Н.Ю. Семиряд, **И.В. Решетникова**

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОНВЕЙЕР ПРОЦЕССОРА

* Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

** Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: процессор, команда, конвейер, архитектура.

Проанализирован метод вычислительного конвейера и прерывания в нём.

***N.Y. Semiryad, **I.V. Reshetnikova**

## PROCESSOR PIPELINE

*Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia

** North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: processor, instruction, pipeline, architecture.

The processor pipeline and interrupts in it were analyzed.

Человечество совершило огромный технологический скачок и теперь нас окружают вычислительные системы, способные совершать $10^{15}$ FLOPS (FLoating Operations Per Second) [1-7]. Стоит ли говорить, что в 1950-х годах вычислительная

мощность компьютерных систем равнялась всего лишь $10^3$ FLOPS(Советская БЭСМ, 1957 г.).

С каждым десятилетием вычислительные машины становились все мощнее, менялись поколения ЭВМ, уменьшался их размер и теперь процессоры, которые легко умещаются на ладони, являются универсальными вычислительными машинами.

Согласно закону Мура каждые 24 месяца количество транзисторов, размещенных на кристалле, увеличивается в два раза [1]. Начиная с 70-х годов, мощность вычислительных систем росла экспоненциально, однако на сегодняшний день IT-индустрия сталкивается с логическим и физическим потолком – скорость вычислений ограничивается размером атома кремния и скоростью света [1].

Столкнувшись с данной проблемой, архитекторы вычислительных систем находят решение в применении параллелизма на различных уровнях, таких как параллелизм на уровне инструкций (Instruction-Level Parallelism), параллелизм на уровне процессоров (Processor-Level Parallelism) [2].

Самым первым и классическим методом является конвейеризация вычислений процессора, относящаяся к параллелизму на уровне инструкций. Данный метод радикальным образом отразился на производительности вычислительных систем в сторону ее увеличения [2].

Процессор – устройство, выполняющее последовательность команд, для каждой из которых он должен выполнить последовательность некоторых операций, которые называются циклом команд (instruction cycle).

Цикл команд состоит из:

- Выборки команды из памяти.
- Декодирования команды.
- Выборки операндов.
- Выполнения команды.
- Записи результата в регистр/память.

Простой процессор, с последовательным выполнением команд, может начать обработку команды только после полного завершения обработки предыдущей.

Процессор с параллельным выполнением команд подразумевает выполнение нескольких циклов команд одновременно.

Рассмотрим основные принципы вычислительного конвейера [2].

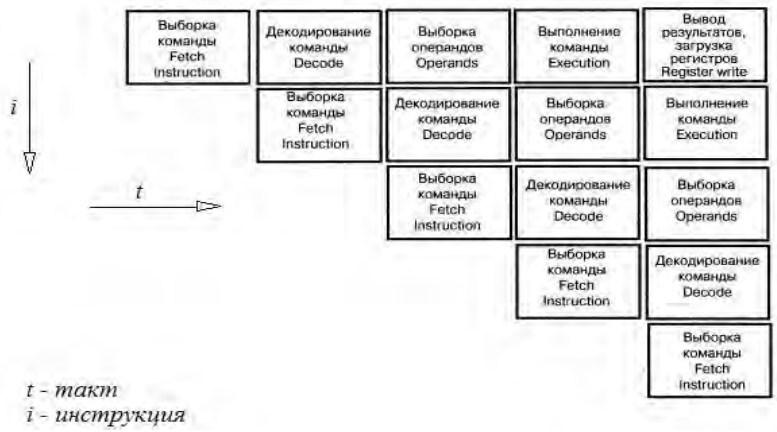



Рисунок 1 - Организация 5-ти ступенчатого конвейера

Итак, вычислительный конвейер предполагает одновременное исполнение различных стадий команд. Конвейеризация вычислений не предполагает сокращения времени выполнения команды, а увеличивает пропускную способность процессора – количество команд, завершившихся за единицу времени.

Примечательно, что основные принципы построения конвейера за 3 десятилетия с начала его применения кардинальным образом не изменились, с течением времени были добавлены новые этапы конвейера, росло число стадий, но принцип работы остался прежним [2-7].

Прерывания в конвейере.

Идея прерывания была предложена в 50-х годах XX века и была призвана реализовать синхронный режим работы и обеспечить параллельную работу отдельных составляющих ЭВМ.

Прерывания – сигналы, принуждающие процессор остановить выполнение потока команд, сохранить его состояние и перейти к обработке команды, вызвавшей прерывание [8].

В IT-индустрии процессоров с последовательным выполнением команд практически не осталось – их вытеснили более мощные процессоры с параллельным выполнением команд.

Архитектурное отличие процессоров с параллельным выполнением команд (конвейер) от процессоров с последовательным выполнением состоит в том, что первые получаются из последних путем достижения независимости каждого этапа цикла команды от предыдущих и последующих этапов. Для этого результаты каждого этапа, за исключением последнего, сохраняются во вспомогательных элементах памяти (регистрах), расположенных между этапами.

1. Результат выборки – имеем закодированную команду, полученную из памяти. Сохраняется в регистре между *Выборкой* и *Декодированием.*
2. Результат декодирования – тип операции, адрес результата. Сохраняется в регистре между *Декодированием* и *Выборкой операндов*.
3. Результат выборки операндов – выбираются операнды, благодаря которым будем производиться выполнение. Сохраняется в регистре между *Выборкой операндов* и *Выполнением команды.*
4. Результаты выполнения – новое значение счетчика команд для условного перехода, вычисленный результат и т.д. Сохраняются в регистрах между *Этапами выполнения* и *Выводом результатов.*
5. На последнем этапе результаты записываются в память или регистры, поэтому дополнительных регистров не требуется.

Необходимо отметить, что место, где процессор определяет: дать ли разрешение команде обновить состояние процесса или же нет - называется точкой фиксации результатов (*commit point*). Если процессор сохраняет результаты команды, иными словами, команда не вызвала исключений, то эта команда зафиксирована [8].

| Такт | СК | Выборка_команды | Декодирование | Выборка_операндов | Выполнение_команды | Вывод_результатов |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0x10 | Команда5 | Команда4 | Команда3 | Команда2 | Команда1 |
| 4 | 0x08 | Команда4 | Команда3 | Команда2 | Команда1 | - |
| 3 | 0x06 | Команда3 | Команда2 | Команда1 | - | - |
| 2 | 0x04 | Команда2 | Команда1 | - | - | - |
| 1 | 0x00 | Команда1 | - | - | - | - |

Рисунок 2 - Работа конвейера и счётчика команд

Значения счётчика команд (СК) меняются каждый раз и определяют адрес памяти, откуда берутся команды. Однако существует нюанс: для обеспечения точности прерываний первая команда не имеет права изменить счетчик команд раньше четвертого такта. Чтобы это исправить, необходимо перенести счетчик команд за точку фиксации результата. Упростим организацию нашего конвейера, снизив количество стадий до 4.

| Такт | Выборка_команды | Декодирование | Выполнение_команды | Вывод_результатов | СК |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | - | Команда2 | - | - | 0x04 |
| 4 | Команда2 | - | - | Команда1 | 0x04 |
| 3 | - | - | Команда1 | - | 0x00 |
| 2 | - | Команда1 | - | - | 0x00 |
| 1 | Команда1 | - | - | - | 0x00 |

Рисунок 3 - Работа 4-х стадийного конвейера и счётчика команд

Как видно: производительность процессора упала. Решением данной проблемы является дополнительный счётчик команд. Первый размещается в начале, перед выборкой команд, второй – в конце, после вывода результатов. Первый СК называется «спекулятивным» (ССК) и указывает на те ячейки памяти, откуда должны считываться команды, второй СК – «архитектурный» (АСК), указывает на команду, которую необходимо зафиксировать следующей.

| Такт | ССК | Выборка_команды | Декодирование | Выполнение_команды | Вывод_результатов | АСК |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0x10 | Команда5 | Команда4 | Команда3 | Команда2 | 0x08 |
| 4 | 0x0C | Команда4 | Команда3 | Команда2 | Команда1 | 0x04 |
| 3 | 0x08 | Команда3 | Команда2 | Команда1 | - | 0x00 |
| 2 | 0x04 | Команда1 | Команда2 | - | - | 0x00 |
| 1 | 0x00 | Команда1 | - | - | - | 0x00 |

Рисунок 4 - Вычислительный конвейер и два счётчика команд

Будучи выбранной из памяти, команда запоминает свой адрес, а именно ССК, и проходит все стадии цикла команд. На стадии записи результата процессор анализирует, не вызвала ли команда исключения, происходили ли прерывания, а так же сравнивает адрес ССК с АСК.

- При внешнем прерывании команда фиксируется, но адрес следующей команды записывается не в АСК, а в регистр адреса возврата, в АСК в свою очередь, происходит запись вектора прерывания.
- При возникновении исключения адрес команды записывается в регистр адреса возврата, обрабатываемая команда не фиксируется. В архитектурный счётчик команд записывается вектор исключения.
- Когда адрес команды равен адресу архитектурного счётчика, АСК обновляет адрес и фиксирует команду, в противном случае фиксации команды не происходит.

Случается так, что адрес команды ССК не равен АСК. Самый распространенный случай – появление команды перехода, которая меняет адреса.

В данной работе был рассмотрен простой конвейер, состоящий из 5, а затем – 4 стадий, а также прерывания в нём. С каждым годом росло количество ступеней конвейера, сложность его организации, применялся метод параллельной работы двух конвейеров, однако общий принцип построения конвейера команд, начиная с 80-х годов, не

претерпевал особых изменений и данный метод используется практически во всех процессорах и на сегодняшний день.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Акулин П.П., Сафарьян О.А., Болдырихин Н.В.* Технологическая сингулярность // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2017. - № 1. - С. 20-23.
2. *Семиряд Н.Ю., Болдырихин Н.В.* Анализ принципов организации параллельных вычислений // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2017. - № 1. - С. 20-23.
3. *В.В.Воеводин, Вл. В. Воеводин:* “Параллельные вычисления”, Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2002г., с.42-179.
4. *С.А.Орлов, Б.Я. Цинкер:* ” Организация ЭВМ и систем”: Учебник для вузов. 2-е изд. — СПб: Питер, 2011. — 688 с.: ил., с.386-442,с.450-463,с.526-538
5. *Andrew S.Tanenbaum:* “Structured Computer Organization, Fifth edition”, Upper Saddle River, New Jersey 07458, pp.55-69, 554-646.
6. *John L. Hennesy, David A.Patterson:* “Computer Architecture, Fifth Edition: A Quantitative Approach (The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and Design) 5th Edition”.
7. *Stallings, W.*: Computer Organization and Architecture, 6th ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
8. Прерывания в конвейеризированных процессорах [Электронный адрес] – URL: https://habrahabr.ru/post/188002/ (дата обращения: 18.03.2018).



**О.В. Сумарокова, Е.В. Глушак**


## ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ С ОРТОГОНАЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ И ЕГО ПРИЛОЖЕНИЙ


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия



Ключевые слова: Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM), интерфейс между несущими (ICI), приложения.



Аннотация: мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM) хорошо известно. Техника передачи больших данных по радиоволнам. OFDM стал популярным в беспроводной связи. Это метод цифровой модуляции, основанный на параллельной передаче информации. Это передача с множеством несущих, где одиночные данные передаются по числу поднесущих с более низкой скоростью. В этой статье мы рассмотрим OFDM и его приложения.

**O.V. Sumarokova, E.V. Glushak**

# STUDY OF MULTIPLEXING WITH ORTHOGONAL FREQUENCY SEPARATION AND ITS APPLICATIONS

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics", Samara, Russia

Keywords: Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM), inter-carrier interface (ICI), applications.

Annotation: orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) is well known. The technique of transmitting large data over radio waves. OFDM has become popular in wireless communications. This is a method of digital modulation, based on parallel transmission of information. This is a multi-carrier transmission, where single data is transmitted over the number of sub-carriers at a lower rate. In this article, we will look at OFDM and its applications.

Система с множеством несущих, такая как FDM, делит общую доступную полосу пропускания в спектре на поддиапазоны для множества несущих для параллельной передачи [1]. Общая высокая скорость передачи данных может быть достигнута путем тщательного размещения носителей в спектре. Однако ICI произойдет из-за отсутствия интервала для разделения носителей [2]. Чтобы избежать ICI, защитные полосы должны быть размещены между любыми соседними несущими, что приводит к снижению скорости передачи данных. OFDM - это многокомпонентная цифровая коммуникационная схема для решения обеих проблем. Он объединяет большое количество носителей с низкой скоростью передачи данных для создания сложной системы связи с высокой скоростью передачи данных. Ортогональность дает операторам обоснованную возможность быть близко расположенными, даже перекрываемыми, без вмешательства между несущими. Низкая скорость передачи данных для каждой несущей подразумевает длинные периоды символов, что значительно уменьшает межсимвольные помехи (ISI). Хотя идея OFDM появилась в 1960 году. Она никогда не использовалась до последнего десятилетия.

Передача с несколькими несущими была многообещающим методом для высокоскоростной передачи по радиоканалам [3], и она устойчива к частотным избирательным замираниям и узкополосным помехам. Таким образом, OFDM был принят в качестве беспроводных систем мобильной связи, таких как Hiperlan2, IEEE802.1 la и т. Д. OFDM используется во многих приложениях, таких как беспроводная локальная сеть, цифровое широкополосное аудио (DAB), цифровое видеовещание (DVB), 4G и WiMax . OFDM имеет некоторые преимущества и недостатки:

Преимущества систем OFDM:

1. Системы OFDM более устойчивы к частотно-селективному замиранию, чем системы с одним несущим;
2. ICI и ISI устраняются с помощью циклического префикса;
3. Системы OFDM более устойчивы к частотно-селективному замиранию, чем системы с одним несущим

4. В OFDM-системах частотные диапазоны используются эффективно, разрешая перекрытие и ортогональность в поднесущей.
5. Используя адекватное канальное кодирование и чередование, можно восстановить символы, потерянные из-за частотной избирательности канала
6. Процедуры сохранения ортогональности в OFDM намного проще по сравнению с методом CDMA / TDMA в многолучевых условиях.

Недостатки систем OFDM:

1. OFDM имеют высокий пик. Высокий пик происходит в OFDM, когда поднесущая, имеющая ту же фазу, добавляется во временной области.
2. Сигнал OFDM имеет амплитуду подобную шуму с очень большим динамическим диапазоном, поэтому для этого требуются усилители мощности RF с отношением высокой пиковой нагрузки к средней мощности.
3. Из-за высокой амплитуды пика, OFDM имеет высокий PAPR.
4. Он более чувствителен к смещению несущей частоты и дрейфу, чем к системам с одиночной несущей. Ортогональность может быть потеряна из-за смещения несущей частоты.
5. Это сложнее, чем модуляция с одной несущей.

Наличие допплеровских сдвигов и смещений частоты и фазы в системе OFDM вызывает потерю ортогональности поднесущих. В результате помехи наблюдаются между поднесущими. Это явление известно, как ICI [3].

OFDM применяется в нескольких сферах. Некоторые приложения представлены ниже.

Асинхронные цифровые абонентские линии (ADSL) используют OFDM по проводным ссылкам. Скорость передачи данных для стандарта ADSL составляет 1,54 Мбит/с до 6,1 Мбит/с в нисходящей линии связи и от 9,6 до 192 Кбит/с в восходящей линии связи на нескольких километрах обычной телефонной линии с витой парой, при этом поддерживая стандартный телефон. Несбалансированные скорости передачи данных делают ADSL особенно применимым к приложениям типа Интернета, где скорость нисходящей линии обычно намного больше, чем скорость восходящей линии связи.

Когнитивное радио стало многообещающей технологией для решения проблемы дефицита спектра в настоящее время. Управление динамическим спектром и доступ к ним являются одной из ключевых функций когнитивного радио. OFDM может использоваться для построения приемопередатчика когнитивного радио в силу его гибкости для назначения подканалов и распределения мощности. Вторичные (нелицензированные) пользователи в когнитивных радиоиспусковых спектральных дырах , которые являются полосами, которые не используются первичными (лицензированными) пользователями, и не должны мешать работе основных пользователей. Поэтому доступный спектр для вторичных пользователей обычно является непересекающимся. Кроме того, доступные диапазоны изменяются с деятельностью первичных пользователей, что требует от вторичных пользователей гибкой настройки полос частот их модулированных сигналов.

Стандарты беспроводных сетей, такие как HIPERLAN2 и 802.11a, используют OFDM в качестве схемы модуляции физического уровня и работают в нелицензируемой полосе частот 5 ГГц . Hiperlan2 обещает доставить скорость передачи данных до 56 Мбит/с.

OFDM был принят в стандартах IEEE 802.16 для поддержки максимальной скорости передачи данных до 75 Мбит / с в полосах частот до 11 ГГц. OFDMA в IEEE 802.16-2004 фиксирует размер быстрого преобразования Фурье (БПФ) до 256 и изменяет пространство подканала в соответствии с полосой пропускания системы [4]. В отличие от IEEE 802.16-2004, OFDMA в IEEE 802.16e-2005 поддерживает одну и ту же таблицу некоторых параметров IEEE 802.16. Параметры пространства субканала MB-OFDM-BASED UWB, $\Delta f$ = 10,94 кГц и изменяют размеры БПФ в соответствии с полосой пропускания системы. В обоих режимах OFDM и OFDMA отношение длины CP к символу длительность может составлять 1/4, 1/8, 1/16 или 1/32, а схемой модуляции может быть QPSK, 16 квадратичная амплитудная модуляция (16QAM) или 64QAM, в зависимости от среды канала и целевой скорости передачи данных. Кроме того, антенные решетки могут использоваться для разнесения и подавления помех. STC также является необязательным в IEEE 802.16 для увеличения скорости передачи данных и расширения охвата. В нисходящем канале 3GPP LTE OFDMA является базовой схемой модуляции, которая имеет длину CP Tg = 4,7 / 16,74 мкс (короткое / длинное CP) и пространство подканала $\Delta f$ = 15 кГц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Saltzberg and B.R.*, Performance of an efficient parallel data transmission system‖, IEEE Trans. Commun. Technol., COM-15, pp. 805–811, 1980
2. *Peled, A.,* Frequency domain data transmission using reduced computational complexity algorithms‖, IEEEICASSP, 5, pp. 964–967, 1980.
3. *R. van Nee, G. Awater, M. Morikura, H. Takanashi, M. Style, Webster, and K. W. Halford*, New high-rate wireless LAN. Standards‖, IEEE Communications Magazine, pp. 82–88, December 1999.
4. *Himanshu Bhushan Mishra*, PAPR Reduction of OFDM signal using selected mapping technique‖, Master Thesis, Department of Electronics and Communication Engineering, National Institute of Technology, Rourkela, 2012.



**Т.Э. Тимирбулатова**


## АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОЛОКАЦИИ ГРУПП БЫСТРОГО РЕАГИРОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМЕЮЩИХСЯ СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ


Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия



Ключевые слова: геолокация, триангуляция, глонасс, wi-fi, GPS, точка доступа.

Данная статья посвящена анализу технических решений для обеспечения геолокации групп быстрого реагирования в реальном времени с использованием имеющихся сетей подвижной связи. Рассматриваются достоинства и недостатки различных технических решений.

**T.E Timirbulatova**

## ANALYSIS OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE GEOLOCATION OF RAPID RESPONSE TEAMS IN REAL TIME USING EXISTING MOBILE NETWORKS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: geolocation, triangulation, glonass, wi-fi, GPS, access point.

This article is devoted to the analysis of technical solutions for geolocation of real-time rapid response groups using existing mobile networks. The advantages and disadvantages of various technical solutions

Цели ГБР

Группа быстрого реагирования (ГБР), представляет собой мобильное подразделение, состоящее из специально подготовленных сотрудников охраны.

Главная функция ГБР – предотвращение противоправных действий и сохранение жизни и имущества клиентов и членов их семьи.

Помимо защиты клиента во время вооружённого нападения сотрудники группы быстрого реагирования осуществляют и другие функции. Они обязаны оказывать правовую и экстренную медицинскую помощь. Также они обязаны урегулировать любые конфликтные ситуации, которые возникают на охраняемом объекте.

После поступления сигнала тревоги на пульт централизованного наблюдения агентства охраны, диспетчер сразу передаёт информацию группе, которая должна прибыть на охраняемый объект в течение минимально возможного времени. Прибыв на охраняемую территорию, сотрудники блокируют все выходы и производят тщательный осмотр и наблюдение над объектом. В случае, если охранники ГБР обнаруживают признаки совершения преступления, правонарушители задерживаются и передаются в органы внутренних дел (полиции).

Актуальность

Геолокационные сервисы прочно вошли в повседневную жизнь, предоставляя пользователям полезные данные о местонахождении определенных объектов. Для ГБР это особенно важно так как их деятельность осуществляется с использованием современных технических средств. Главным образом с помощью GPS-навигаторов. Нередко ГБР оснащается специальным автомобилем, оборудованным спутниковой навигационной системой, которая позволяет следить за охраняемым объектом, а так же ориентироваться в городе, и предугадывать такие факторы, как пробки, загруженность маршрутов, перекрытые движения.

Принципы геолокации

Геолокация – это определение реального местоположения электронного устройства. А так же сам процесс определения местоположения устройства, и его непосредственное расположение на географической карте.

Данные о геолокации можно получить через:

- технологию ГЛОНАСС (GPS);
- технологию Wi-Fi;
- мобильные сети;
- IP-адреса устройства;
- ручной ввод данных пользователя в электронное устройство;

Каждый из этих способов имеет свои особенности, поэтому, чтобы проанализировать достоинства и недостатки каждого способа, необходимо рассмотреть их более подробно.

1.Глобальная навигационная спутниковая система

ГЛОНАСС — российская спутниковая система навигации, одна из двух существующих в мире систем, принятых в эксплуатацию. Позволяет в абсолютно любой точке Земного шара, а также в космическом пространстве вблизи планеты определять местоположение и скорость объектов.

Принцип работы системы основан на измерении расстояния от объекта, координаты которого необходимо получить, до спутников, расположение которых известно с большой точностью. Системы навигации были предназначены только для военных и спецслужб, однако впоследствии они стали выходить и на гражданский рынок. Системы GPS и ГЛОНАСС разрабатывались с учетом следующих общих требований: глобальность, непрерывность работы и круглосуточная доступность, помехозащищенность, компактность аппаратуры потребителя, независимость от метеорологических условий, рельефа местности, а также от степени подвижности объекта и т.д.

Система состоит из трех основных сегментов (космический сегмент, сегмент управления и сегмент потребителя) и ряда вспомогательных элементов, таких как каналы связи, средства вывода спутников на орбиту.

2. Wi-Fi

Определение геолокации с помощью технологии Wi-Fi

Данный способ уместен лишь в городских условиях. Результаты, полученные данным методом, также отличаются высокой точностью, как и технология, основанная на использовании GPS. Но чаще всего эти два способа определения геолокации действуют в сопряжении друг с другом.

Плюсы:

- высокая точность;
- доступность в любых помещениях;
- высокая скорость и экономичность.

Минусы:

- требуется Wi-Fi адаптер;
- невозможно воспользоваться данным методом в сельской местности.

**Позиционирование в сетях Wi-Fi с высокой точностью**

Многие люди используют системы позиционирования на своих навигационных устройствах, смартфонах и планшетах. Слабая сторона этих решений в том, что

использование системы Global Positioning System (GPS) недоступно внутри помещений из-за сильного погашения сигналов стенами и перекрытиями зданий. Таким образом открывается ниша для надежных решений с позиционированием в помещениях. Сегодня существует ряд подходов и технологий для решения этой задачи. Компания Cisco уже несколько лет работает над позиционированием с помощью технологии Wi-Fi, учитывая распространенность сетей (практически в каждом помещении) и устройств (практически у каждого человека).

3. Технические возможности выявления местоположения абонента мобильной сотовой связи.

Позиционирование абонента сотовой связи нацелено на осуществление автоматического определения его местоположения в пределах сот. Одна из частных задач определения местоположения — это отслеживание точного местоположения мобильных устройств в экстренных ситуациях, позиционирование абонента, позвонившего с мобильного телефона в службу экстренной помощи. Следствием этого может быть также нарушение приватности абонента в связи с выдачей местоположения при включенной сотовой трубке.

Задача позиционирования местоположения абонента допускает два решения: строго навигационное — нахождение его географических координат: широты и долготы, декартовых координат — или упрощенное — однозначное определение положения на местности.

Позволяют установить местонахождение (с точностью до 15 м), скорость и направление движения абонента, если его мобильный телефон включен (причем, для определения координат достаточно, чтобы аппарат находился в режиме ожидания).

Системы мобильного позиционирования могут быть разделены на 2 класса: с установленным дополнительным оборудованием в стационарной части сети, либо в мобильную станцию (мобильный телефон).

Рассмотрим более дешевый, первый способ, применяемый в настоящее время и называемый COO (Cell Of Origin). Он подразумевает, что терминал абонента не требует усовершенствования, и при желании воспользоваться услугой позиционирования ему не надо покупать новый телефон. Он основывается на измерении данных, полученных от трех ближайших к телефону базовых станций. В самом простом случае, при методе “Cell ID”,происходит поиск базовой станции, обслуживающей абонента. Точность при этом зависит от радиуса действия базовой станции этой соты. Метод AOA (Angle of arrival) задействует большее количество базовых станций, то есть можно вычислить приблизительное местонахождение в пределах площади, образованной пересечением секторов обслуживания антенных решеток (при частотном планировании в виде нескольких секторов в одной соте). При этом чем больше секторов, тем меньше угол каждого из них, следовательно, площадь пересечения секторов соседних сот уменьшается. А точность определения координат увеличивается.

Более сложный метод, задействующий спутниковую систему GPS, перед которой стоят аналогичные задачи, но в более глобальном масштабе. Этот метод, называемый UL-TOA (Time of arrival), основывается на измерении времени прохождения сигнала от мобильного терминала до ближайших 3-х базовых станций. Чтобы добиться требуемой точности измерения, необходимо синхронизировать все базовые станции по времени с помощью атомных часов либо сигналами со спутника GPS. Все данные через сеть

оператора связи поступают в вычислительный центр, где устанавливается местонахождение абонента с точностью около 125 метров.

Достоинства UL-TOA:

- устанавливается на 100 % базовой системы;
- возможность роуминга;
- обслуживает 100 % абонентов;
- точность может регулироваться независимо.

Недостатки:

- большие начальные инвестиции;
- с увеличением емкости сети цена системы возрастает.

4.Определение геолокации с помощью IP-адреса

Впервые пользователи узнали, что такое геолокация, благодаря технологии определения местоположения устройства по его IP-адресу. Но, к сожалению, данный способ даёт неточные географические данные, поэтому на сегодняшний день его используют крайне редко.

Этот метод заключается в автоматическом определении IP-адреса и соответственно физического лица, на который он зарегистрирован. Но так как IP-адрес, как правило, предоставляется Интернет-провайдером, то и местоположение определяется не конкретного устройства, а фирмы, которая оказывает интернет-услуги.

Плюсом данного способа геолокации является то, что он доступен в любом месте, в любое время. Данные обрабатываются на стороне сервера. Его минусы:

Низкая точность определения геолокации. Местоположение ограничивается населённым пунктом, в котором располагается ваш Интернет-провайдер.

Высокая стоимость.

Некоторые веб-ресурсы используют ваш IP-адрес при размещении контекстной рекламы. Вы сможете это обнаружить во время пребывания за пределами вашей страны, рекламные объявления будут отображать услуги местных компаний.

5.Определение геолокации с помощью ручного ввода информации

Вместо того, чтобы доверить определение вашего местоположения спутнику или беспроводному Интернет-соединению, при необходимости можно самостоятельно ввести геолокационные данные. Это поможет всевозможным приложениям, программам, браузерам предоставлять вам актуальную информацию о предоставляемых услугах.

Плюсы:

Высокая степень точности.

Возможность определения геолокации в любой местности. Пользователю требуется гораздо меньше времени для того, чтобы ввести свои геолокационные данные, чем на это потребуется специальной программе.

Минусом можно считать тот факт, что при каждой смене местоположения необходимо вручную менять данные о местоположении.

Таким образом рассмотрены основные технические решения для обеспечения геолокации, определены положительные и отрицательные стороны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.i2r.ru/static/340/out_12039.shtml (дата обращения 12.03.18)
2. http://www.nestor.minsk.by/kg/2004/06/kg40611.html (дата обращения 12.03.18)
3. https://habrahabr.ru/company/cisco/blog/270779/ (дата обращения 12.03.18)
4. http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/31584/doc/40310/ (дата обращения 12.03.18)

**Е.О. Ткачук**

## ЭКСТРАПОЛЯЦИОННОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ АДАПТИВНЫМ МЕТОДОМ ПРЕЦЕДЕНТОВ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: адаптация, принятие решения, экстраполяция, метод прецедентов.

В статье рассмотрены алгоритмические и методические основы принятия решений с использованием адаптивного метода прецедентов с применением анализа тренда развития контролируемых параметров управляемой системы, на основе прогнозирования путём экстраполяции.

**E.O. Tkachuk**

## EXTRAPOLATION FORECASTING IN DECISION-MAKING BY THE ADAPTIVE METHOD OF PRECEDENTS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: adaptation, decision-making, extrapolation, case-base responding method.

The algorithmic and methodological foundations of decision making using the adaptive precedent method are applied in the article with the use of analysis of the development trend of controlled parameters of the controlled system, based on forecasting by extrapolation..

Оптимальное управление экономическими и организационными системами в настоящее время требует учета многочисленных факторов, анализ которых зачастую требует значительного времени и не возможен без использования систем поддержки принятия решений. Такие же задачи возникают и при проектировании технических систем. Задачи, стоящие перед лицом, принимающим решение, сложны и противоречивы. С одной стороны, должен быть использован опыт управления, знания лучших специалистов-экспертов, с другой стороны, динамично изменяющиеся условия диктуют необходимость поиска новых правил и приёмов управления [1]. В этих условиях помощь компьютера в анализе текущей обстановки и принятии рационального решения часто становится решающей.

На сегодняшний день существуют несколько сложившихся подходов к автоматизации поддержки принятия решения. Одним из таких подходов, на практике доказавшем свою эффективность, является опора на методы искусственного интеллекта – обработка знаний. Продукционный подход предполагает построение базы знаний в виде правил, в которых из посылок логическим путём выводятся следствия. В качестве источника таких знаний, как правило, выступают эксперты, которые с помощью специалиста-когнитолога формируют необходимый набор правил.

Недостатком такого подхода являются сложности формализации и возможная предвзятость эксперта.

Другим известным подходом является использование формальных структур, таких, например, как нейронные сети. Однако их использование требует процедуры обучения и в условиях динамичной среды не всегда даёт достоверные результаты

С внедрение принципов цифровой экономики как правило, в любой системе управления создаётся некоторая цифровая предыстория управления в виде описания ситуаций, принятых решений и конкретных результатов. Использование этой информации позволяет применять метод прецедентов – Case-Base Responding (CBR).

Поддержка принятия решения, основанная на методе прецедентов, представляет собой методологический и алгоритмический подход поиска альтернативных решений, на путём поиска аналогий хранящихся в цифровой базе прецедентов.

Вывод по прецедентам эффективен, когда [2]

- основным источником знаний о задаче является опыт, а не теория;
- решения не уникальны для конкретной ситуации и могут быть использованы в других случаях;
- целью является не гарантированно верное решение, а лучшее из возможных решений.

Известно [2] определение, так называемое CBR-цикла в методе поиска решений методом прецедентов.

В данный цикл входят следующие укрупнённые этапы:

- поиск наиболее соответствующего (подобного) прецедента (прецедентов) для сложившейся ситуации из базы прецедентов;
- повторное использование извлеченного прецедента для понятия решения текущей проблемы;
- адаптация и пересмотр полученного решения в соответствии с текущей проблемой;
- сохранение вновь принятого решения как части нового прецедента.

В процессе вывода по прецедентам формируется некое множество прецедентов – прототипов, на основании которых формируется решение по текущей ситуации [3].

Вычислив локальную контекстную метрику, мы можем отобрать прецедент, наиболее близкий к текущей ситуации и, затем, адаптировать его [4].

Пусть состояние объекта управления,

$$R_j = \{\mathrm{r}_i, \mathrm{i} \in L_j\}$$

имеющего структуру состояний

$$R = \{R_j, j \in J\}$$

Для множества компонент J, определяется как совокупность существенных свойств $S_i$ для множества компонент $L_J$ , j-го состояния.

Каждому свойству $S_i$ объекта однозначно соответствует значение вектора параметров $X_i = \{x_{ik} k \in K\}$ с множеством компонент *K*.

Множество значений $X = \{x_i , i \in I\}$ может иметь *L={l}* структурных свойств, определяемых расположением точек $x_i$ в многомерном пространстве параметров.

Определим множество $q_l = \{x_i , i \in I_l , l \in L\}$ как модель *l*-го состояния объекта управления.

Каждому значению вектора $X_i$ можно поставить однозначно в соответствие $q_l \in G = \{g_l , g_l \in L\}$, таким образом мы построим отображение $\Gamma_l$: $x \rightarrow G$.

Модель состояния объекта *G* может быть использована для решения задачи поиска наиболее соответствующего (подобного) прецедента (прецедентов) для сложившейся ситуации из базы прецедентов $\Pi = \{\mathrm{п}_l , l \in L\}$.

Определим разность векторов параметров прецедента и текущей ситуации. Исходя из этого, можно предложить различные подходы к реализации процесса адаптации:

— по целям;
— по состоянию;
— по воздействию.

В процессе адаптации может изменяться как структура решения *S*, так и его параметры $C_S$ , т.е.

$$S = S(U); \quad C_S = C_S(U).$$

Широко применяется параметрическая адаптация [5], с помощью которой решается задача определения $C^*$. Она обычно представляется в рекуррентной форме:

$$C_{N+1} = C_N + f_{N+1}(C_N, X_{N+1}, Y_{N+1})$$

где $f_{N+1}(.,.,.)$ - функция текущего вектора параметров управления, векторов входов и выходов решения, определяемая выбранным алгоритмом адаптации

Структурная адаптация неразрывно связана с параметрической адаптацией, которая играет роль внутреннего контура при настройке процесса принятия решения и адаптивного логического вывода, способствующего достижению оптимального результата.

Под структурной адаптацией предлагается понимать процесс корректировки структуры решения, в результате чего решение становится оптимальным в заданном смысле.

На $N+1$-м шаге адаптации выбор структуры зависит от структуры на $N$-м шаге, а также от информации о поведении среды и объекта на $N+1$-м шаге, а также от информации о поведении среды и объекта на N-1-м шаге содержащейся в базе прецедентов, т.е.

$$S_{N+1} = \varphi_{N+1}(S_N, X_{N+1}, Y_{N+1})$$

где $\varphi(.,.,.)$ - алгоритм структурной адаптации, предписывающий определенный способ изменения структуры.

По принципу адаптации эти структуры можно определить как

а) эволюционирующие и б) альтернативные структуры.

В первом случае адаптация структуры осуществляется с помощью введения новых связей между элементами

$$S_{N+1} = S_N + \delta S_{N+1}$$

где аддитивная добавка $\delta S_{N+1}$ означает введение или устранение связей между элементами или введение самих элементов.

Во втором случае происходит альтернативный переход от одной априорно заданной структуры к другой, также априорно заданной:

$$S_i \xrightarrow{R_{ij}} S_j, \quad \{S_l\} \in S(l = 1, 2, ..., n),$$

где $S$ множество заданных структур, $R_{ij}$ - решающее правило перехода с $i$ –й на $j$-ю структуру [6].

В свою очередь эволюционирующие структуры можно разделить на непрерывные (или параметризуемые) в дискретные структуры. При параметризации структуры связи между элементами и сами элементы можно количественно оценивать непрерывными весовыми коэффициентами. Для дискретных структур параметризация структуры возможна лишь при введении целочисленных коэффициентов.

Однако, оценка только статических параметров, без учёта предыстории и прогноза развития ситуации, в большом числе случаев может дать не достоверные результаты. Для учёта динамики развития управленческих ситуаций и сравнения возможных вариантов их развития с успехом могут быть использованы методы прогнозирования на основе экстраполяции.

Основу данных методов составляет изучение истории поведения объекта, хранящейся в базе прецедентов, в виде временных рядов, представляющих собой упорядоченные во времени наборы измерений тех или иных характеристик исследуемого процесса, и представленных в виде

$$y_t=f(t)+\varepsilon_t\,, \qquad (1)$$

где f(t) – некоторая неслучайная функция времени (тренд), характеризующая детерминированную компоненту процесса;

$\varepsilon_t$ – случайная величина, характеризующая стохастическую компоненту процесса.

Экстраполяционные методы прогнозирования основной упор делают на выделение наилучшего в некотором смысле описания тренда и на определение прогнозных значений путем его экстраполяции.

Процесс реализации экстраполяционных методов прогнозирования возникновения управленческих ситуаций в отдельных видах деятельности, условно разделяется на следующие этапы:

- сбор и подготовка исходных данных (статистики);
- выбор и обоснование математической модели прогнозируемого процесса;
- обработка статистических данных для определения неизвестных параметров модели и получение зависимости, связывающей подлежащие прогнозированию характеристики процесса со временем и с рядом известных переменных;
- собственно прогнозирование, т.е. вычисление значения интересующих нас характеристик процесса в заданный момент времени и (или) при заданных значениях других известных переменных.

Необходимые статистические данные собираются в ходе анализа предметной области деятельности руководящего состава. При этом учитывается, что деятельность системы в целом как и отдельные ее виды являются непрерывными процессами, информация о которых поступает, как правило, дискретно (после выполнения определенных работ, раз в сутки, неделю, месяц и т.д.).

Выбор математической модели прогнозируемого процесса проводится в следующей последовательности.

1. Формируются числовые ряды, визуальный анализ графиков которых позволяет предварительно определить вид функций, аппроксимирующих рассматриваемые процессы: полиномиального или иного вида и выбрать метод сглаживания числового ряда.
2. Проводится сглаживание числовых рядов (для отдельных рядов многократное сглаживание). Процедура сглаживания направлена на минимизацию случайных отклонений точек ряда от некоторой гладкой кривой предполагаемого тренда процесса.
3. На основе визуального анализа графиков сглаженных рядов определяется приблизительный вид соответствующих им трендов.
4. Если вид функции неизвестен или вызывает сомнение, то проводится процедура выравнивания. Выравнивание служит целям более удобного представления исходного ряда, оставляя прежними его значения. Наиболее общими приемами выравнивания являются логарифмирование и замена переменных. Дополнительно может быть проведено исследование эмпирического ряда с целью выяснения некоторых свойств функции, описывающей его.
5. Проводится окончательный выбор вида функции для экстраполяции путем сравнения ее по всем характеристикам заданного числового ряда.

На третьем этапе рассчитываются значения параметров пробной функции, обеспечивающие в некотором смысле оптимальную аппроксимацию. Наиболее

распространенными методами оценки параметров являются метод наименьших квадратов и метод экспоненциального сглаживания.

Собственно прогнозирование по выбранной модели состоит в вычислении значений интересующих нас характеристик процесса, выходящих за пределы исходной информации, в определении границ доверительного интервала, внутри которого будут лежать прогнозируемые значения с заданной вероятностью.

Продемонстрируем реализацию рассмотренной методики для прогнозирования травматизма сотрудников производственного предприятия. Воспользуемся статистическими данными, сведёнными в таблицу 1.

Таблица 1

| Год | Месяцы | | | | | | | | | | | | Итого за год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | |
| 2016 | 6/4 | 14/9 | 10/6 | 19/11 | 15/10 | 10/9 | 6/5 | 7/4 | 12/6 | 19/5 | 9/7 | 11/5 | 138/91 |
| 2017 | 9/7 | 6/3 | 13/8 | 9/7 | 14/7 | 18/7 | 6/6 | 9/6 | 8/6 | 11/8 | 15/10 | 9/6 | 127/81 |

Примечание: в числителе – количество травм без потери трудоспособности; в знаменателе – количество травм с потерей трудоспособности.

Из графика эмпирического ряда (рисунок 1) видно, что мы имеем дело с процессом со скачкообразным изменением детерминированной части и случайной помехой. Зададимся описанием временного ряда $y_t(t=1,2,\ldots,n)$ в форме степенного полинома:

$$y_t = a_0 + a_1 t + \frac{a_2}{2!} t^2 + \ldots + \frac{a_p}{p!} t^p + \varepsilon_t = \sum_{i=0}^{p} \frac{a_i}{i!} t^i + \varepsilon_t. \quad (2)$$

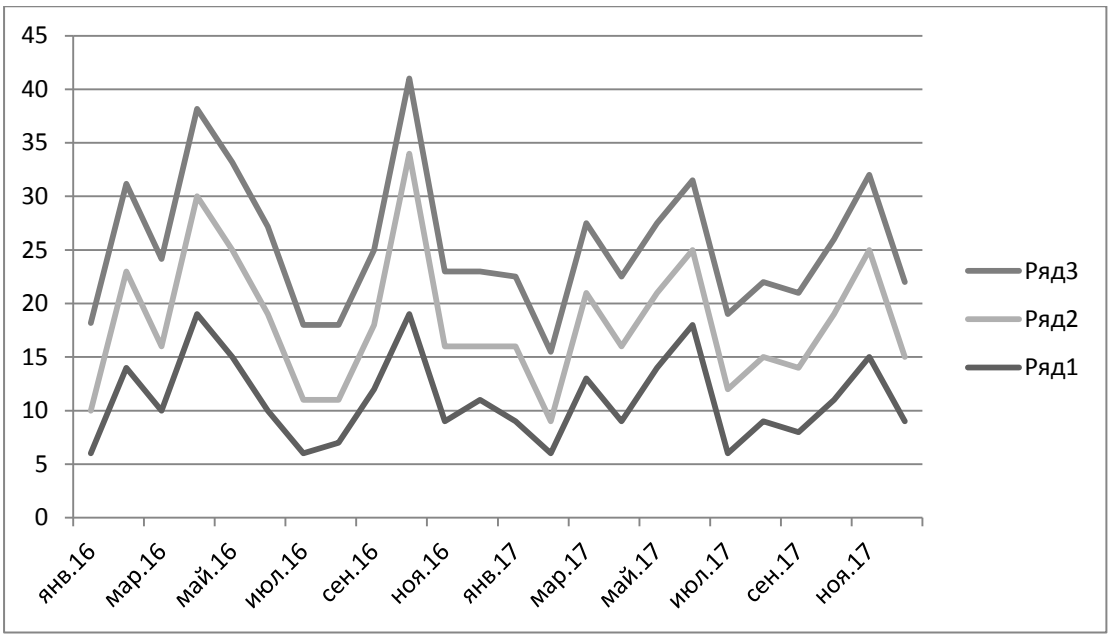



**Рисунок 4**

Требуется по данным ряда $y_t$ составить прогноз на моменты времени (n+l) (l=1,2,…,L) путём взвешивания наблюдений ряда $y_t$ таким образом, чтобы более поздним наблюдениям придать больше веса по сравнению с более ранними наблюдениями. Такая постановка задачи требует применения одного из способов дисконтирования информации, например, метода экспоненциального сглаживания.

В этом случае временный ряд сглаживается с помощью взвешенной скользящей средней, в которой веса подчиняются экспоненциальному закону. Взвешенная скользящая средняя с экспоненциально распределенными весами характеризует значение процесса на конце интервала сглаживания, являясь средней характеристикой последних уровней ряда. Именно это свойство используется при прогнозировании.

Прогноз уровней ряда $y_t$ на период времени (t+l), где t=n может быть построен с помощью разложения в ряд Тейлора:

$$y^*_{t+l} = y_t^{(0)} + l y_t^{(1)} + \frac{l^2}{2!} y_t^{(2)} + \ldots + \frac{l^k}{k!} y_t^{(k)} + \ldots + \frac{l^p}{p!} y_t^{(p)}, \tag{3}$$

где $\mathbf{y_t^{(k)}}$ - k-я производная, взятая в момент t.

Согласно теореме Брауна-Майера, любая k-я производная (k=0,1,2,…,p) уравнения (3) может быть выражена через линейные комбинации экспоненциальных средних до (p+1) порядка.

Выражение

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha \sum_{i=0}^{n} (1-\alpha)^i S_{t-1}^{[k-1]}(y) \tag{4}$$

называется экспоненциальной средней k-го порядка для ряда $y_t$, где $\alpha$ - параметр сглаживания ($0<\alpha<1$).

В расчетах для определения экспоненциальной средней пользуются рекуррентной формулой Брауна

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha S_t^{[k-1]}(y) + (1-\alpha) S_{t-1}^{[k]}(y). \tag{5}$$

Система (n+1) уравнений, связывающих сглаженные значения процесса $\mathbf{S_t^{(k)}}$ с производными $\mathbf{y_t^{(k)}}$ имеет вид

$$S_t^{(p)} = \sum_{k=0}^{n} (-1)^k y_t^k \alpha^p \big/ \big(k!(p-1)!\big) \sum_{j=0}^{\infty} \big(j^k \beta^j (p-1+j)! \big/ j!\big), \quad \beta = 1 - \alpha. \tag{6}$$

Решение этой системы позволяет получить значения неизвестных $\mathbf{y_t^{(k)}}$, а значит и оценки коэффициентов $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \ldots$ модели (2). На практике обычно ограничиваются степенью не выше p=2. При проведении сглаживания необходимо знать начальное (предыдущее) значение сглаживающей функции. В некоторых случаях это значение могут задавать эксперты, в простейшем случае принимают $S^{(1)}(0)=S^{(2)}(0)=S^{(3)}(0)=y(0)$, где $y(0)$ – начальная точка исходного статистического ряда. Так, например, для конечной части исходного статистического ряда, а именно

Таблица 2

| $y_0$ | $y_1$ | $y_2$ | $y_3$ | $y_4$ | $y_5$ | $y_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 6 | 6 | 8 | 10 | 6 |

при $\alpha$=0,285 результаты расчетов приведены в таблицах 6 и 7.

Таблица 3

| $S_t^i$ \ $y_t$ | 6 | 6 | 6 | 8 | 10 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $S^{(1)}t$ | 6,715 | 6,51 | 6,36 | 6,82 | 7,726 | 7,23 |
| $S^{(2)}t$ | 6,92 | 6,797 | 6,67 | 6,71 | 6,59 | 7,05 |
| $S^{(3)}t$ | 6,97 | 6,92 | 6,84 | 6,80 | 6,85 | 6,9 |

Таблица 4

| Точки ряда | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\hat{a}_0(t)$ | 6,355 | 6,059 | 5,91 | 7,13 | 9,058 | 7,44 |
| $\hat{a}_1(t)$ | -0,216 | -0,2575 | -0,2449 | 0,218 | 0,814 | 0,097 |
| $\hat{a}_2(t)$ | -0,0243 | -0,025 | -0,0219 | 0,03 | 0,093 | 0,0047 |

По последним значениям коэффициентов формируется описание модели прогноза в виде

$$y(t_0+l) = 7{,}44 + 0{,}097 \cdot l + \big(0{,}0047/2\big) \cdot l^2. \tag{7}$$

Для (t+1) прогнозное значение равно 7,54. Прогноз по модели (7) осуществляется с ошибкой

$$\sigma_{\hat{y}_{t+l}} \approx \sigma_{\varepsilon_t}\sqrt{2\alpha + 3\alpha^2 + 3\alpha^3 l^2}, \quad \text{где} \quad \sigma_{\varepsilon_t} = \sqrt{\sum_{t=2}^{n}(y_t - \hat{y}_t)^2 \Big/ (n-4)}, \tag{8}$$

величина которой связана как с варьированием самой экспоненциальной средней, так и с вариативностью вокруг неё отдельных уровней временного ряда. Поэтому ошибка прогноза является случайной величиной, имеющей t-распределение Стьюдента с (n-p) степенями свободы. Отсюда доверительные интервалы для прогнозируемого значения временного ряда строятся по формуле

$$\hat{y}_{t+l} \pm t_q \cdot \sigma_{\hat{y}_{t+l}}, \tag{9}$$

где $t_q$ – табулированный q%-ный предел для распределения Стьюдента.

Для рассматриваемого примера $\sigma_{\hat{y}_{t+1}} \approx 3{,}515$ при m=n-p=3, для доверительной вероятности 0,8 $t_q$ =1,638 и доверительные интервалы равны 7,54±5,76, т.е. 13,3 и 1,78, а для вероятности 0,6 $t_q$=0, 978 и доверительные интервалы равны 7,54±3,44, т.е. 10,98 и 4,10.

Полученные таким методом оценки позволяют расширить размерность вектора сравниваемых параметров, включив в них кроме статических параметров текущей ситуации и возможных аналогов - прецедентов параметры динамики, оценивающие характеристики тренда за определённый период и прогнозные значения оцениваемых параметров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Мурадова С.Ш., Ткачук Е.О.* Совершенствование стратегии развития предприятия инфокоммуникационной сферы ПАО «РОСТЕЛЕКОМ» / В сборнике: НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРЕССА. сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 91-94.
2. *Варшавский П.Р., Еремеев А.П.* Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений// Известие РАН Теория и системы управления. – 2005-№1 с.90-109
3. *Загайчук С.А., Ткачук Е.О.* Методы создания адаптивных информационно расчетных систем поддержки принятия решения. / Известия ЮФУ. Технические науки. 2002. № 2 (25). С. 253-254.
4. *Ткачук Е.О.* Математическая модель адаптивного процесса принятия решения / Интеллектуальные ресурсы - региональному развитию. 2014. № 1. С. 202-206.
5. *Растригин Л. А.* Адаптация сложных систем. — Рига: Зинатне, 1981. — 375 с.

6. *Храмов В.В., Витченко О.В., Ткачук Е.О., Голубенко Е.В.* Интеллектуальные методы, модели и алгоритмы организации учебного процесса в современном вузе. / Ростов-на-Дону, 2016. 152 с.

**Н. Ткачукс, Е.О. Ткачук**

## АТМОСФЕРНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЛИНИЯ СВЯЗИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Абердинский университет, Великобритания

Ключевые слова: модуляция, передатчик, приёмник, оптическая связь, лазер.

Исследована и разработана система оптической связи. Оценивается качество разработанных схем. Исследуются некоторые сложные аспекты этого проекта - генерация синусоидальной волны несущей, оптимизация схемы приёмника. Светодиод и лазер используются в качестве источника света. Оценивается влияние выбора компонентов на производительность схем. Для анализа производительности системы проведено несколько тестов.

**N. Tkacuks E.O. Tkachuk**

## ATMOSPHERIC LASER OPTICAL COMMUNICATION LINE

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

University Of Aberdeen, Great Britain

Keywords: modulation, transmitter, receiver, optical communication, laser.

An optical communications system is researched and developed. Quality of final circuits assessed. Some challenging aspects of this project are generation of a carrier sine wave, optimization of a receiver circuit. Light emitting diode and laser used as a light source. The crucial features which will affect the performance of circuits is a choice of components. Several tests will take place in order to analyze system performance.

Signal lamps using Morse code were able to transmit useful information possible to transmit information in a line of sight range. Of course it was quite slow comparing to modern systems. Nowadays optical communications systems using optical bre as medium have reached speed of 10 Gb/s [1].

The aim of this project is to provide communications using light as a carrier. Digital and analogue types of modulation have to be studied and implemented. The system is to transmit audio or video signal by modulating a laser beam with the source signal, and to detect the signal using a photo-detection system. A modulated laser beam will be initially transmitted through air and detected in air, and then coupled into an optical fiber. The source signal is delivered to the detector and decoded to output audio/video signal.

There are two main types of analogue modulation types: amplitude modulation

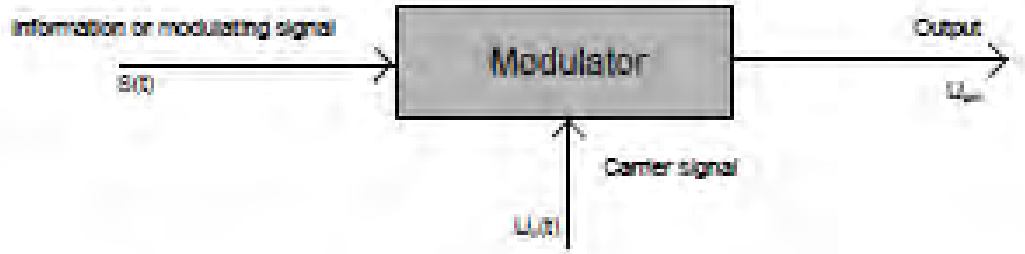



**Figure 1: AM modulator showing input and output signals**

(AM), frequency modulation (FM). AM is considered to be the simplest one. It was successfully implemented in by 1906 by American engineer R. Fessenden [2]. Since then it was widely used for radio broadcasting. Today it is mostly replaced with FM and digital modulation.

In AM, the information signal (modulating signal) varies the amplitude of carrier sine wave [3]. Mathematically it could be represented using following equations [4]:

S(t) - information signal

Uc(t) - carrier sine wave

Uam = Uc(t)[1 + mS(t)]
where m is modulation index.

Modulation index, should be in range: 0 $m_{am}$ 1. A principal diagram of amplitude modulator can be seen on Figure 1.Apart from carrier signal, modulated signal consist of two sine wave or information oscillations, which are referred as sidebands. They are generated as a part of modulating process. There are two sidebands which form a bandwidth of modulated signal: upper sideband and lower sideband. Assuming carrier frequency $f_c$ is 100 kHz and maximum voice frequency is 3 kHz, then the maximum and minimum sideband are.

$f_{USB}$ = 100 kHz + 3 kHz = 103 kHz

(1.3)

$f_{LSB}$ = 100 kHz { 3 kHz = 97 kHz

Sometimes, to save some bandwidth and energy, only one sideband is transmitted. There is no reason to save bandwidth double sideband AM modulation will be used.

FM modulation

In FM modulation, information signal changes the frequency of the carrier sine wave. Comparing to the AM, amplitude of the FM always stays the same. Because of that it has better \narrow spike" noise immunity. It would be better to use FM to transmit audio signal, but it is not applicable for video signals, as the required bandwidth would be too big. Also, FM modulation requires more complex and costly circuit, so it will not be implemented as a part of this project.

When the signal is received it has to be demodulated in order to get back useful information. An envelope detector or AM demodulator is required. The envelope function of a rapidly varying signal is a smooth curve outlining its extremes in amplitude [5]. First of all signal has to be recti ed. It could be done using diode or superdiode. After that a carrier wave has to be removed. It means a LP (Low-pass) filter is needed. A right RC constant has to be calculated in order to avoid diagonal clipping effect. When the constant is too small some part of high frequency carrier sine wave will not be filtered out thus distorting signal [6].

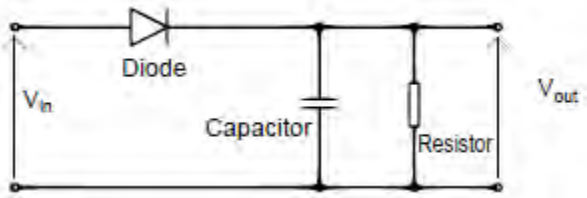



**Figure 2: Simple AM demodulator**

Different filter types have their downsides and upsides. As carrier frequency and modulating signal are planned to be far away from each other in frequency terms a Butterwoth filter was chosen. I t has no ripples neither in stop-band nor in pass-band. [7]. Multiple filters can be used though, but this will decrease the responsiveness of an envelope detector. A basic envelope detector is displayed on Figure 1.2. To get better efficiency of AM demodulator an AGC (Automatic gain control) circuit is needed in order to control gain of demodulated signal.

Digital modulation - FSK (Frequency-Shift Keying)

FSK modulation is a digital modulation, where 0s and 1s are represented by different frequencies, while amplitude stays the same. Usually bits have same period [8]. An audio frequency range was chosen so it would be possible to use laptop as a source of a signal. Good point about FSK is that a finite number of frequencies is used, which makes bandwidth easy to control. Also FSK has good noise immunity, especially when frequencies are well separated [9]. Any kind of digital modulation requires micro-controller or a CPU to generate an FSK modulated signal. As study of micro-controller is not part of this project ,a software version of FSK modulator and demodulator will be implemented. A binary FSK will be implemented using MATLAB. Binary FSK is quite easy to implement using hardware comparing to Chapter 1. Introduction and Literature Review other digital modulations. Only two oscillators have to be built and information signal will switch the output signal between them.

LED and laser

Laser has several advantages over LED in optical communications. First of all it has a very narrow optical radiation divergence. Monochromaticity is also an important property of a laser, which means that bandwidth of emitted beam is quite narrow and is usually equal to several Hertz [10]. Spatial coherence or collimation allows a laser beam to stay narrow over long distances. A semiconductor laser will be used in this project, because it can be easily purchased and does not require any special equipment. LEDs are more mostly used for indication rather than data transmission. There is a project called Li-Fi [11], where LED light bulbs are used to transmit Wi-Fi data using light. It means that there is future for LEDs. Silica optical fiber will be used as medium in this project. Silica optical fiber has a maximum refractive index of 1.458 at 850 nm, which is IR wavelength. Also one would expect to get less interference in IR range than in visible light range. Both laser and LED were chosen to be in IR wavelength region.

Laser Safety

A Class 3B laser is used in this project, which is hazardous if the eye is exposed directly, but diffuse reflections such as those from paper or other matte surfaces are not harmful. Please seek for advice from your Laser Safety Officer before conducting any experiments described in this paper.

Photodiode

Basically photodiode is an optical radiation receiver, which converts the incident light into an electric current. Photodiodes have advantages of compactness, rugged-ness, good temperature stability and low operating voltage (Usually less than 20 V) [12]. Photodiode maximum wavelength sensitivity has to match the wavelength of LED or laser emitted light, so a BPX65 photodiode was chosen. It is a PIN (PN diode with lightly doped 'near' intrinsic semiconductor region) photodiode. It is wide available and is produced by several companies such as Siemens and Osram.

To view and record data two oscilloscopes were used: GW Instek GDS-1022 (25 MHz), Agilent Technologies MSO-X 2024 A (200 MHz).

A screenshot of oscilloscope screen was recorded along with CSV file containing values of oscilloscope channels. Usually a 1 MW probes were used to acquire signal. To generate modulating sine waves of different frequencies and play music a “Sony Sound Forge 11.0” software was used. Also it was used to for the spectrum analysis of audio signals. “MATLAB 2013 b" software was used for spectrum analysis of carrier sine wave and generating an FSK signal. Also it was used to reconstruct and analyze signals from the CSV files. To create circuit diagrams and simulate circuit “NI Multisim 12.0" software was used. It allowed performing different types of analysis over the circuit such as transient analysis, AC analysis, Fourier analysis etc.

Breadboard was used sometimes to test parts of circuit, but proofed to be unreliable. Generally a prototyping board was used to build circuits.

According to project specifications circuits should be able to transmit both audio and video signals. Thus an Op Amp with good bandwidth values is required.

Transmitter circuit modulates a carrier sine wave. Bandwidth of audio signal is 20 kHz [14]. Assuming carrier sine wave has 100 kHz frequency, total required bandwidth is 120 kHz. If it comes to a video signal, a bandwidth of 1.5 MHz for single PAL channel is required [15]. A THS4011 Op Amp meets all requirements. It is a low-distortion, high-speed Op Amp produced by Texas Instruments. It has 70-MHz bandwidth, which is more than enough for audio and video signals. According to its specifications it is recommended to be used for video signal applications.

Receiver Op Amp has to receive a signal coming from the transmitter circuit, so bandwidth requirements stay the same. The only difference is that photodiode Op Amp has to sense really small currents coming from a photodiode. It can be achieved with a trans impedance Op Amp, which would work as current-to-voltage converter. Texas Instruments THS4631 Op Amp was chosen. It provides excellent bandwidth of 210 MHz and extremely high input impedance by using FET transistors at inputs, which allows the Op Amp to sense really small currents in pA range. A BJT (bipolar junction transistor) input Op Amps such as THS4011 require an input current in the mA range. It means that THS4631 can operate with a low input current bias, which is around 10 pA.

The transmitter consists of three important parts: an oscillator to generate a carrier sine wave, a modulator to modulate the carrier signal and a LED (light emitting diode) and laser driver.

The oscillator circuit generates the carrier sine wave at speci c frequency, which will be used in the modulator part of a circuit. The circuit is intended to transmit music and voice signals. Bandwidth of voice is around 3 kHz and 22 kHz for music [14, 16]. According to Nyquist rate minimum sampling rate must two times higher than the maximum frequency in the signal [17]. A decision was made to use a 100 kHz carrier sine wave, which is 5 times higher than the maximum possible audio signal frequency at 20 kHz.

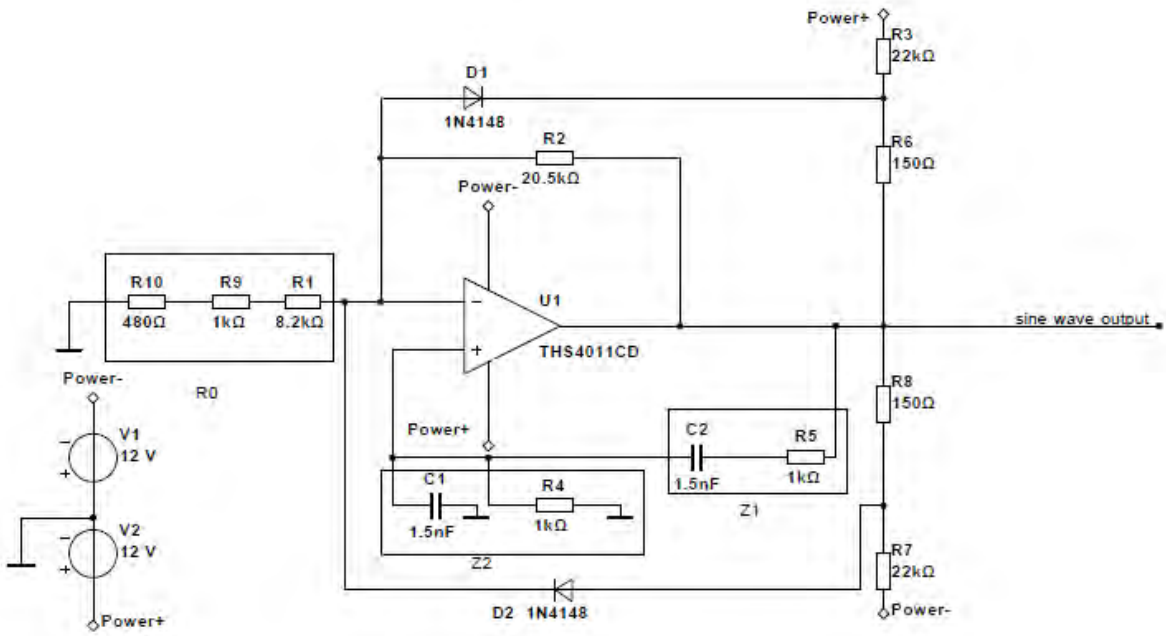



**Figure 3 Wien-Bridge oscillator circuit with the symmetrical feedback limiter**

There are several designs of oscillator available. The most popular solution is a Wien-Bridge Oscillator [18]. It uses a series/parallel combination of resistors and capacitors for the positive feedback network (See Figure 2.1). The strong side of such type of oscillator is that it produces a sine wave very close to ideal. Oscillator can also be built using transistors, but the advantage of using op-amp is that they have greater gain and have significantly higher input impedances [19]. Also it is easier to produce a stable output.

Assuming C1=C2 and R4=R5 frequency of oscillations can be calculated [13]:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

As the amplitude of oscillations tends to increase to in nity a gain control circuit is required. In this design it is accomplished by diode D1 with R3 and R6 resistors for negative peak, and diode D2 with R7 and R8 resistors for positive peak. Positive peak of the output sine wave will be clamped to the value that causes D2 to conduct. Diode D2 works for the same for negative peaks.

To ensure that the oscillations will not fade out, the magnitude of the loop gain has to be unity or greater and this is achieved by choosing the R2 value slightly bigger than R0 value.

Although, the Multisim simulation worked ne, the cir-cuit did not behave as it was expected. As it possible to see from Figure 4, the sine wave has some distortions and after changing the values of components in Multi-sim, it was clear that R2 and R0 resistors which control gain of the circuit are responsible for the shape of the sine wave. Initially, the R0 consisted of a 10kW resistor.

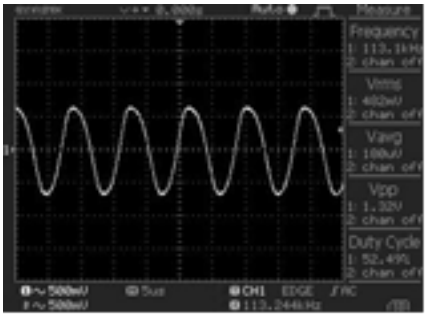



**Figure 4 Distorted 2 kHz sine wave**

When it was replaced with a potentiometer and carefully adjusted, it was found by testing that the value around 9.7kW gives a prefect sine wave. Also, the actual frequency was slightly higher - 114 kHz. It could be due to the fact that 1% and 5% tolerance resistors and capacitors were used. As there was no need for an exact 100 kHz frequency, the circuit was accepted as is and built on a board.

The actual sine wave has amplitude of 1.2 $V_{pp}$ (peak-to-peak) and frequency of 114 kHz. Figure 5 demonstrates the similarity of the sine wave created using MATLAB and the generated one. The spectral analysis proves that the oscillator sine wave has maximum power output at 113.914 kHz.

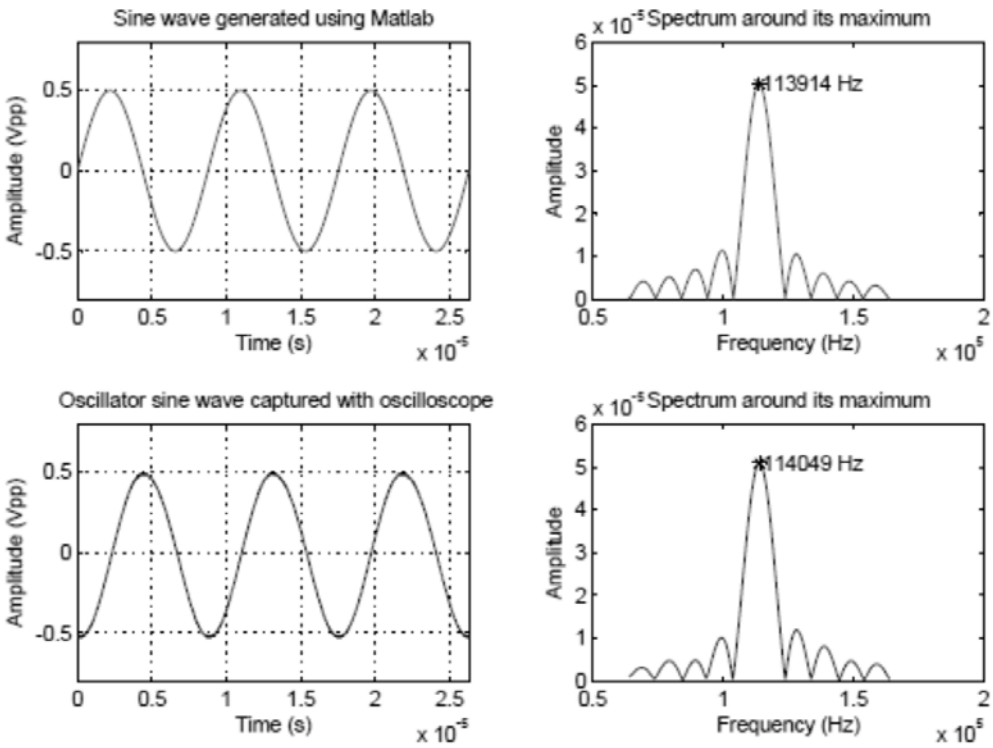



**Figure 5 Sine wave created using MATLAB compared with sine wave generated using oscillator circuit**

The modulator circuit has two inputs: one for the carrier sine wave from the oscillator circuit and the other for an audio signal. The modulator changes the amplitude of the carrier signal depending on the amplitude of the audio signal. To create the modulator using Op Amp there has to be a way of changing the gain of the Op Amp depending on the amplitude of the modulating signal. This could be achieved by placing a FET ( field-effect transistor) transistor in the negative feedback circuit of op amp network, where it would behave as voltage-variable resistor. The FET should be in the linear region, which is just before the pinch o voltage [20]. A potentiometer and 1MW resistor provide necessary bias voltage for the FET, which is around -2 Vdc.

Other circuits, like those described in the book [21] are built around transistors and designed for much higher frequencies and power. Also, they require transformers which were deemed too bulky to be put on the circuit board.

Figure 6 shows the modulator circuit along with transmitter part. The non-inverting input is connected to the oscillator. The inverting input has a feedback resistor R3 and is connected to an audio source via transistor. There is also a decoupling capacitor C1 which removes DC bias from the signal. The modulator works well, when the amplitude of input signal is equal or below 4 $V_{pp}$. If it is higher, the output signal becomes distorted. The distortion could be compensated by changing the bias voltage, but small signals might not get modulated at all. 4 $V_{pp}$ should be enough for most applications, for example computer audio card maximum amplitude is equal to 4 $V_{pp}$. If input voltage is below that value, it will decrease modulation depth thus decreasing the output signal of the receiver.

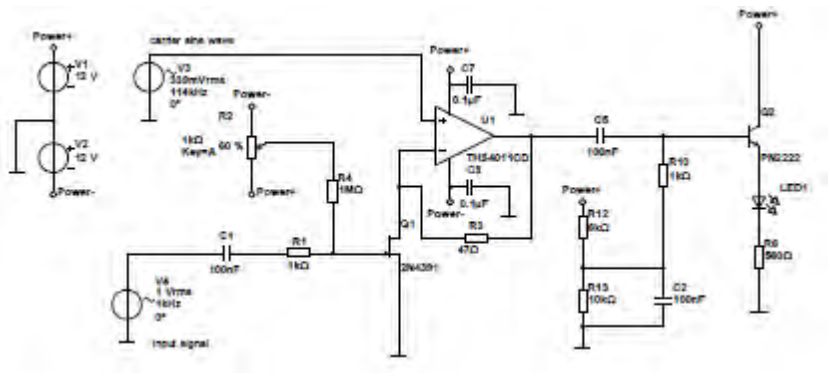



**Figure 6 Modulator circuit built using Op Amp and FET transistor**

There were no difficulties building and testing the modulator circuit on the bread-board, so all the components were soldered together onto a board and connected to the oscillator part of the circuit. The only thing that has to be considered is that change of supply voltage leads to necessity of FET biasing adjustment. Figure 7 and equation 1.2 allows us to calculate modulation index $m_{am}$: $m_{am}$ =(2.40 { 1.50)/1.92 = 0.47.

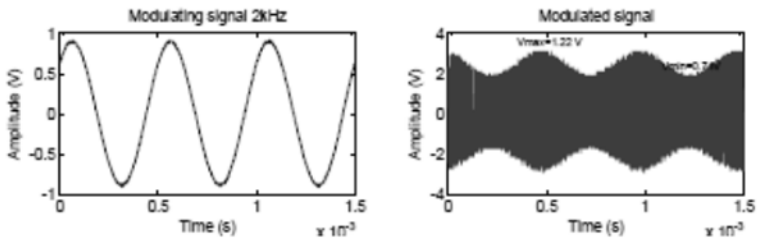



**Figure 7 Modulator circuit output, when modulating 2 kHz sine wave**

The LED driver circuit starts after the decoupling capacitor C5 which prevents DC bias from modulator circuit affecting biasing of signal for driver circuit. Although, THS4631 Op Amp used in modulator can supply maximum current of 110 mA a decision was made to use a MPS2222A transistor, which can supply current around 600 mA. Use of a transistor allows the connection of high power LED or multiple LEDs and lasers in the future. To correctly amplify the signal, transistor requires positive bias, which would be higher than amplitude of the signal. Necessary bias is provided by R12 and R13 resistors, which behave as a voltage divider and provide bias voltage of 7.54 V. C2 capacitor does not allow the signal to affect the biasing circuit. Basically, the quiescent current through LED is equal to:

$$\text{Vemitter} = \text{Vbase} - \text{Vbase-emitter} - V_{LED}$$

$$V_{emitter} = 7.54\ V - 0.7\ V - 1.5\ V = 5.34\ V$$

$$I_{emitter} = \frac{V_{emitter}}{R6}$$

$$I_{emitter} = \frac{5.43V}{560\Omega} = 9.5mA$$

Taking into account that the maximum amplitude of the modulated signal is 2.44 $V_{pp}$ maximum current through the LED is $I_{LED}$ = (7.54 + 1.22 - 0.7 - 1.5)/560 = 11.7mA. Unfortunately it was not safe to replace R6 resistor with a potentiometer that was available, as the only available potentiometer had too small power dissipation. During LED testing the

resistor R6 was replaced with 80 W resistor which allowed a maximum of 60 mA to ow through the LED.

It is really important to choose the right photodiode, which would have maximum sensitivity at the transmitted wavelength. As both the laser and the LED have wave length around 850 nM, the BPX65 photodiode was chosen. A reverse bias connection on the photodiode was used in order to reduce capacitance thus increasing the bandwidth of the circuit [22]. Sometimes a capacitor is put in parallel with R1 resistor in order to improve transient response of the amplifier [23]. As discussed in Chapter 1, the photodiode produces a small current when the light falls on it. BPX65 has a maximum photocurrent of 10 mA. As discussed before 2.1, THS4011 was is capable to sense and amplify such a small current ue to the input bias current, so it was replaced with a THS4631 Op Amp. Assuming the photocurrent is 0.5 mA and the gain of the Op Amp is 10, output voltage is equal to

$$V_{out} = I_{in} R_{R1} Gain$$

$$V_{out} = 0.5 \text{ mA} * 560 \text{ kW} * 10 = 2.8 \text{ } V_{pp}$$

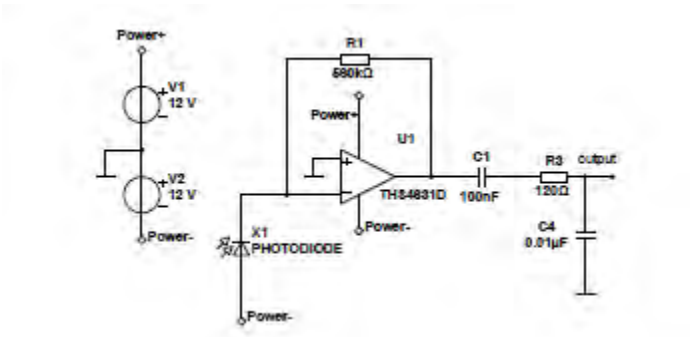



**Figure 8 Trans impedance amplifier with biased photodiode and passive filter**

When the circuit was built it behaved as expected. Occasionally there some spikes at the output of the Op Amp. Using spectral analysis it was determined that spikes had frequency around 200 kHz and 2 MHz. Unfortunately ,it was impossible to determine source of the noise, so decision was made to put a passive filter right after the decoupling capacitor. Frequency response can be seen on the figure 9.

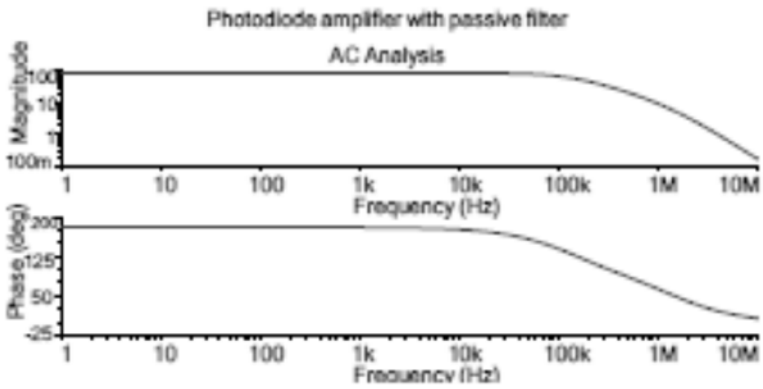



**Figure 9 Photodiode amplifier frequency response**

When the first design was done using 1N4148 as a detection diode it was clear that it is not the best option because the forward voltage drop of the diode is around 0.7 $V_{dc}$. It means that when the signal is below that value the diode will not conduct. Thus there was a need for a better circuit that prevent a voltage loss of 0.7 V. Schottky diode, which has forward voltage around 0.2 V [24] could be used, but still remove some signal which is not desirable. A circuit using Op Amp and diodes which compensates the forward voltage drop of the diode gives the desired result. Sometimes it is referred as a superdiode or a precision rectifier [25]. Figure 10 shows a non-saturating half-wave precision rectifier. When input voltage is negative diode D1 is forward biased, while D2 is reverse biased meaning that circuit operates as inverting amplifier with gain equal to R11/R5. When input voltage is positive D1 is not conducting and the D2 diode is forward biased creating negative feedback. It creates cut o voltage for the D1 diode at the output of the Op Amp. The R9 resistor is required in order to provide a reference to the ground. Assuming $V_i$ is equal to the output voltage of photodiode amplifier, so the output voltage of Op Amp can be calculated using following formula:

$$V_o = -V_i \frac{R_2}{R_1}$$

$$V_o = 2.8 \frac{22k\Omega}{10k\Omega} = 5.28\, V_{pp}$$

When the circuit was assembled and tested the output was not as expected. Unfortunately trying different resistor values did not give any better result. At some point a probe with 10 MW resistance was used to read the output signal. The output wave form became as expected. It was clear that circuit needs a high impedance load. Further investigation of the circuit showed that capacitors which are used in an active filter discharge through the R11 resistor thus affecting the input of the Op Amp. A voltage follower circuit or a voltage buffer has the necessary qualities. It can be build using Op Amp or a transistor. Taking into account the price of Op Amp decision was made to use a MPS2222A transistor. Transistor was used in an emitter follower configuration and so the voltage gain is slightly less than unity [26]. Assuming current gain of the transistor $h_{fe}$ is around 200, input resistance of the transistor $R_{in}$ can be calculated using following formula:

$$R_{in} \approx h_{fe} * R12$$

$$R_{in} = 200 * 1.5k\Omega \approx 300k\Omega$$

Voltage gain for such circuit is usually slightly less than 1. Also the load in the emitter will give negative feedback, which will help prevent distortion of the input signal. Figure 10 show the original and the improved wave forms. In the future the transistor circuit could be replaced with an Op Amp in the voltage follower configuration.

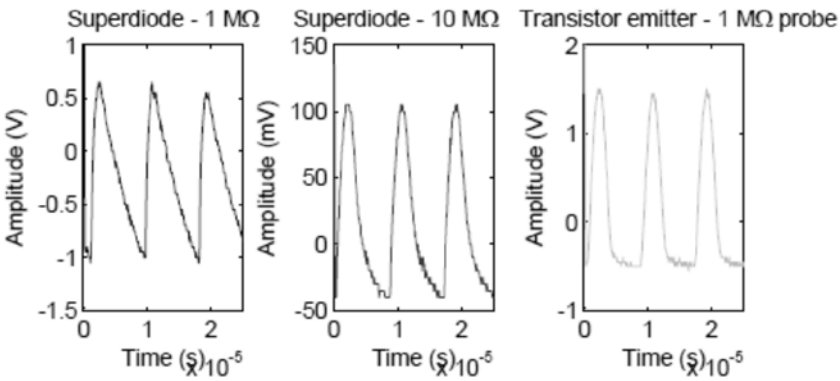



**Figure 10 First two graphs show output of superdiode recorded using 1 MW and 10 MW probe. Last graph shows wave form recorded using 1 MW probe at the output of voltage follower connected to superdiode**

After the signal is received and chopped, the carrier signal has to be filtered out. It means that a low-pass filter is needed, which can be represented by simple RLC or RC passive filters. Unfortunately, these circuits have some disadvantages. For example inductors have large tolerance, which makes real circuit behavior far from calculated one. Also they must be designed considering input and output loads. Usually inductors are quite big, and no voltage gain is possible [27]. A circuit that can overcome these disadvantages is an active filter. As current design makes use of Op Amps, the following circuit is also built using Op Amp (see Figure 11).

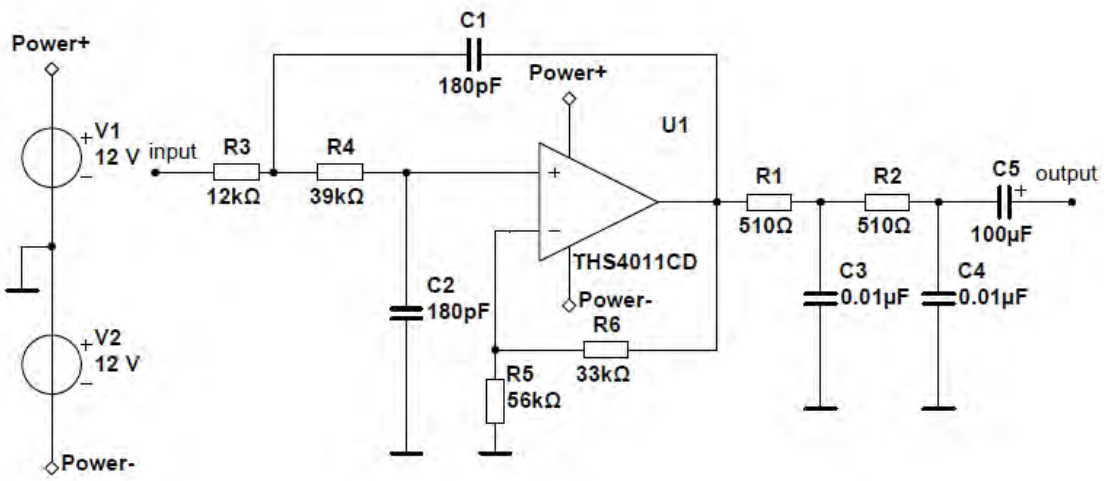



**Figure 11**

It is a second-order Sallen-Key topology low-pass filter [28]. The cut-o frequency of 40 kHz was chosen in order to minimize attenuation effect on the audio signal. Cut-o frequency of the active filter $f_c$:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R3C1R4C2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{12k\Omega * 180pF * 39k\Omega * 180pF}} = 40.87kHz$$

During filtering stage it is more important to get a clear signal rather than amplify it, so the gain was chosen to be slightly higher than 1. Voltage gain G at f = 0 Hz is equal to:

$$G = \frac{R5 + R6}{R5} = 1.5$$

$$G = \frac{56k\Omega + 33k\Omega}{56k\Omega} = 1.5$$

When simulation was done (see Figure 12) it was clear that one active filter is not enough. It is possible to change the cut-o frequency to 20 kHz, but then it would affect audio signal too much. Instead a second-order passive filter was added with 30 kHz cut-o frequency. When 2nd-order passive filter was it has changed the phase response as well. A phase delay can clearly be seen on Figure 12.

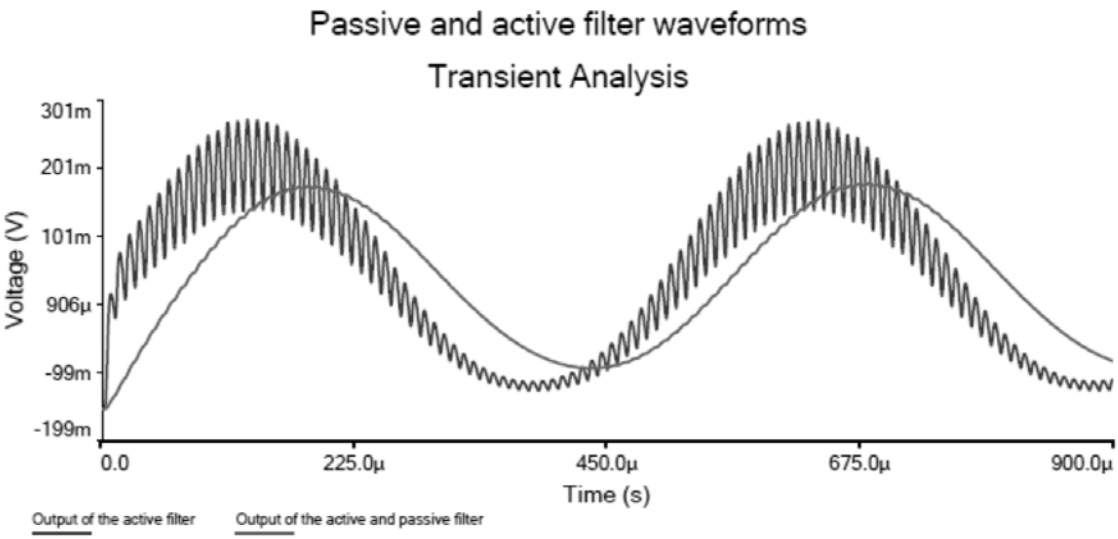



**Figure 12 Low-pass Sallen-Key topology active filter and passive filter circuit output waveforms. Input: 114 kHz carrier sine wave modulated with 2 kHz sine wave**

When the circuit was built it behaved as it was expected. Only a 100 mF capacitor was added to remove DC bias from the signal.

During testing input of the transmitter board was sine wave generated using Sony Sound Forge software or music. The amplitude of information signal was equal to 3.6 $V_{pp}$ and modulation $m_{am}$ index was equal to 0.47. Output signal of the receiver circuit was displayed and recorded with the oscilloscope.

At the beginning both circuit boards were placed close to each other and were gradually moved apart as test proceeded. Modulating signal of 2 kHz was fed into the transmitter. Although LED has narrow emission angle of 3 optical collimating lens was used. Focal distance $f_d$ of the lens is around 3 cm. Unfortunately, as distance increased the diameter of the beam also slightly increased. It means that the lens could not collimate all LED emitted light, which explains why output amplitude has an exponential decay rather than linear one (see Figure 13).

When the receiver board was about 5 cm away from the receiver, photodiode was still receiving too strong signal and amplifier entered saturation mode, which means that audio signal cannot be restored. Output signal started to be clear when the distance D was 20 cm. A maximum distance D of 3 m was achieved. It is not a limit for both circuits, but it was too hard to align and focus the beam. Also by using a better collimating lens the maximum distance could be extended, but as mentioned before aligning will be even a bigger problem.

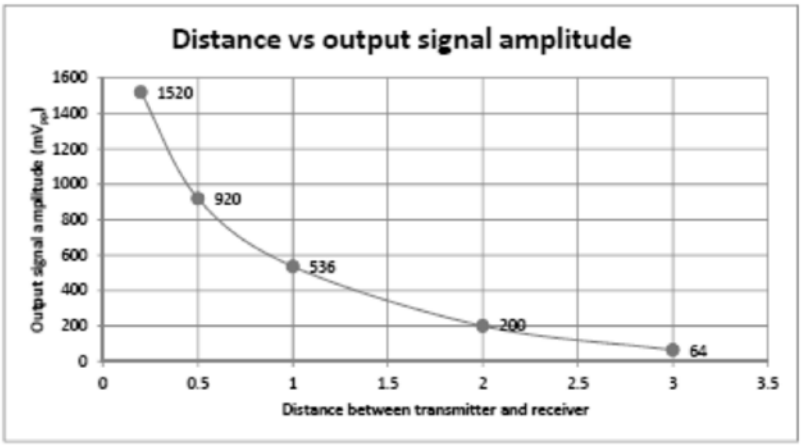



**Figure 13 LED test: Amplitude of receiver output signal VS frequency of modulating signal**

Phase difference was measured with Agilent Technologies oscilloscope. Both boards were placed 3 meters apart from each other. Amplitude of input signal and distance between boards were constant, but the frequency of signal was changed from 100 Hz up to 20 kHz. It can be clearly seen that there is a phase shift at all frequencies. It is caused by passive filters that were used in receiver circuit. A time that took light to travel through free-space has no significant effect on phase delay and will not be taken into account.

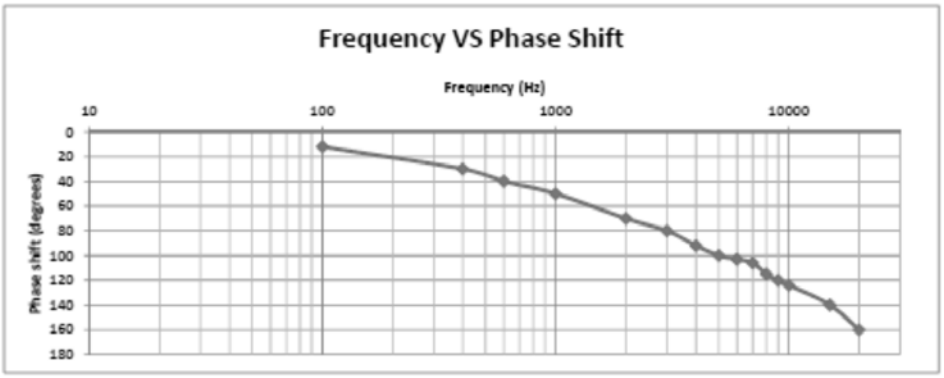



**Figure 14 Frequency of modulating signal VS phase shift of the output signal**

During laser testing due to power limitations, a laser with maximum optical power output of 3.6 mW was used. According to its specifications and the fact that it has a ball lens which cannot be removed, a beam divergence is equal to 15. Due to the fact it is bigger than the LED, collimating lens focused beam to 1 cm in diameter, which stayed same size despite changing the distance. Only distance test result will be presented here, as phase shift and high frequency attenuation has stayed the same. A 2 kHz was used as an information signal. A maximum

distance of 12 meters was tested. The output waveform and spectrum analysis demonstrated that the signal has maximum amplitude at 1978 Hz, while the modulating signal had a frequency of 2000 Hz.

Though the overall performance of the system is satisfactory, there are several points that must be taken into account for future development.

First of all transmitter circuit has to be made immune to noise. It could be achieved by placing pass-band at the input of the modulator and a high pass filter at the out-put of the modulator. One should note that an active filter should be used in order to minimize attenuation and phase shift of the circuit. Some special purpose chips could be used to build n-order filters, such as MAX280 produced by Maxim Integrated or similar. Instead of AM FM modulation could be considered. Even though it will increase complexity of receiver and transmitter, FM offers better noise immunity as amplitude stays the same. The bandwidth should not be an issue as the chosen Op Amps have big reserve. In order to simplify filter construction in the receiver circuit a higher frequency carrier sine wave could be used.

The system is recommended to be used for line of sight audio communications. FSK board with receiver board could be used for digital data transmission, but it is not advised, as the system does not work real-time.

## REFERENCES


1. IEEE Standard 802.3ae. IEEE, 2002.
2. John S. Belrose. \Fessenden and the Early History of Radio Science". In: The Radioscientist Volume 5.Number 3 (3/09/1994). url: \url{http : //www.ieee.ca/millennium/radio/radio_radioscientist.html}.
3. Louis E. Frenzel. Communicatiom Electronics. International Editions, 1994. isbn: 0-07-113317-8.
4. Grahame Smillie. Analogue and Digital Communication Techniques. Elsevier Ltd., 1999. isbn: 978-0-340-73125-3.
5. Andrew G. Klein C. Richard Johnson Jr William A. Sethares. Software Re-ceiver Design: Build Your Own Digital Communication System in Five Easy Steps. Cambridge University Press, 2011. isbn: 0521189446.
6. T.G.T.S.C. Sekhar. Communication Theory. Electrical and electronic series. Tata McGraw-Hill, 2005. isbn: 9780070590915.
7. Mac E. Van Valkenburg Rolf Schaumann. Design of Analof Filters. Oxford University Press, 2001. isbn: 0-19-511877-4.
8. D.R. Smith. Digital Transmission Systems. Springer US, 2004. isbn: 9781402075872.
9. R.L. Freeman. Telecommunication System Engineering. Wiley Series in Telecommunications and Signal Processing. Wiley, 2004. isbn: 9780471451334.
10. Govind P. Agrawal. Fiber-Optic Communication Systems. A Wiley-Interscience, 1992. isbn: 0-471-54286-5.
11. Harald Haas. Wireless data from every light bulb. url: \url{http : //www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_ bulb#t-452443}.
12. Alan Rogers. Essentials of Optoelectronics With Applications. Chapman and Hall, 1997. isbn: 0-412-40890-2.

13. Neil Storey. Electronics- A System Approach. Fourth Edition. Pearson Educa-tion Limited, 2009. isbn: 978-0-273-71918-2.
14. R.J. Baken and R.F. Orliko . Clinical Measurement of Speech and Voice. Speech Science. Singular Thomson Learning, 2000. isbn: 9781565938694.
15. M. Dhake. TV and Video Engineering. McGraw-Hill Education, 2001. isbn: 9780074601051.
16. Nortel Netowrks Corporation. Voice Fundamentals. 2002. url: \url{https: //learningnetwork.cisco.com/servlet/JiveServlet/download/156874 - 40355/01-Voice%20Fundamenta..}.
17. S. HamidNawab Alan V. Oppenheim Alan S. Willsky. Signals and Systems. Second edition. Prentice-Hall International, 1996. isbn: 978-0138147570.
18. Kenneth Smith Adel Sedra. Microelectronics Circuits. Fifth Edition. Oxford University Press, 2004. isbn: 0-19-514252-7.
19. PE Irving M. Gottlieb. Practical Oscillator Handbook. Elsevier Ltd., 1997. isbn: 978-0-7506-3102-0.
20. A.P. Godse and U.A. Bakshi. Electronics Engineering. Technical Publications, 2009. isbn: 9788184317299.
21. J.S. Chitode. Communication Theory. Technical Publications, 2010. isbn: 9788184317633.
22. Jerald Graeme. Photodiode Ampli ers Op Amp Solutions. McGraw-Hill, 1995. isbn: 0-07-024247-X.
23. Mark Johnson. Photodetection and Measurment. McGraw-Hill, 2003. isbn: 0-07-140944-0.
24. Laughton and D.F. Warne. Electrical Engineer's Reference Book. Elsevier Science, 2002. isbn: 9780080523545.
25. L.K. Maheswari and S. Anand. Analog Electronics. PHI Learning, 2009. isbn: 9788120327221.
26. J.C. Whitaker. The Electronics Handbook, Second Edition. Electrical Engi-neering Handbook. Taylor & Francis, 2012. isbn: 9781420036664.
27. L.K. Maheswari and S. Aanand. Analog Electroniccs. PHI Learning, 2009. isbn: 9788120327221.
28. E.L. Key R.P. Sallen. \A Practical Method of Designing RC Active Filters". In: Circuit Theory, IRE Transactions on (1955).

**Н.Б. Усманова, Ж.А. Абдужалилов**

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОНОМНОГО ПОВЕДЕНИЯ И АДАПТАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хорезми, Ташкент, Узбекистан

Ключевые слова: автономные коммуникации, автономная сеть, автономное сетевое управление, автономные вычисления, самоуправление.

В работе рассмотрены актуальные вопросы формирования автономных сетей, их особенности, а также возможности автономных коммуникаций в задачах формирования инфраструктуры для глобального сетевого взаимодействия. Приведены предпосылки описания поведения компонентов в автономной сетевой среде.

**N.B. Usmanova, J.A. Abdujalilov**

## ON THE ISSUE OF INVESTIGATING THE AUTONOMOUS BEHAVIOR AND ADAPTATION IN MODERN COMMUNICATION NETWORKS

Tashkent university of information technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi,
Tashkent, Uzbekistan

Keywords: autonomous communications, autonomous network, autonomous network management, autonomous computing, self-management.

The paper considers actual issues of developing of autonomous networks, their features, as well as the possibilities of autonomous communications in the tasks of forming an infrastructure for global networking interaction. The prerequisites for describing the behavior of the components of autonomous network environment are given.

**Введение**

Современные тенденции в области информационных технологий, поддерживаемые вычислительной техникой и средствами связи, неразрывно связаны с развитием интеллектуальных систем, широкое использование которых прослеживается в различных сферах общественной жизни и вызывает качественное улучшение образа жизни [1,2]. Наряду с этим, для современного информационного общества требуется новая технологическая база, которая дает возможность легко и эффективно пользоваться различными информационными ресурсами, в связи с чем, в различных прикладных областях обработки и управления информации информационные среды вычислительных систем должны отражать интеллектуальную деятельность, интегрируя восприятие и осознание, планирование и действие в обстановке реального мира [3-5].

Технологический прогресс в области передачи данных, радиосвязи, протоколов, разработки программного обеспечения, приложений и т. д., непосредственно сказывается на интенсивном развитии сетевых технологий и услуг. В последнее десятилетие, как показывает практика, операторы и администраторы сетей сталкиваются с рядом проблемных ситуаций, связанных с наличием множества технологий и разнообразия методов и функциональных особенностей реализации. Среди явных факторов - источников таких проблем – большой масштаб систем и сетей, включающих в состав миллионы элементов; так называемые аморфные структуры и поведение беспроводных ad-hoc сетей; иерархическая архитектура сетей; динамический характер функционирования элементов сети (когда объекты объединяются, перемещаются, меняют поведение и т.п.); гетерогенность сетей и технологий, возлагающая отдельные требования по пропускным способностям, возможностям подключения, надежности, гарантий QoS; нерешенные вопросы обеспечения надежности для компонентов и связей; отсутствие

общего знания по количеству элементов, типу, местоположению, доступности, возможности подключения, протоколам, семантике и т. д.

Управление такими сетями и преодоление возникающих проблем выходит за рамки возможностей отдельно взятой программы или компетенций опытного администратора: очевидно, требуются специальные навыки и знания, которые позволят ориентироваться в непредсказуемых ситуациях. Эти вопросы особенно актуальны для структур, формирующихся в рамках концепции сетей будущего (Future Networks) [6]. В данной работе авторы приводят обзор и возможности решения проблем автономного сетевого управления, которые на сегодняшний день приобретают все большую востребованность, учитывая внедрение решений по самоуправлению и самоорганизации в существующем оборудовании, протоколах и услугах, в подходах и решениях, позволяющих сетям самовосстанавливаться и корректировать свои действия в новых ситуациях. Очевидно, разработка решений в области автономного сетевого управления связано с исследованиями сетевого взаимодействия, вычислений, интеллектуальных систем, инженерии программного обеспечения, структур данных и т. д., представляя достаточно сложную область междисциплинарных исследований для проблем, связанных с существующими и будущими сложными и гетерогенными коммуникациями, а также технологиями, протоколами и приложениями.

**Проблематика автономных сетей и систем**

Автономность относится к свойству системы, которая позволяет системе контролировать свои действия независимо. Словарь иностранных слов (Комлев Н.Г.), к примеру, дает такое определение для термина автономный: «самоуправляющийся, пользующийся автономией; самостоятельный, осуществляющийся независимо от кого-чего-либо; существующий или действующий независимо от кого-чего-либо».

Автономная система (АС), будучи способная взаимодействовать с другими системами и средой, контролирует свои действия. АС определяются как системы, которые являются самостоятельными и способными к своим собственным независимым решениям и действиям. С другой стороны, автономные системы могут быть ориентированы на определенную цель или политику и действовать в основном для этой политики или цели. Существует несколько различных типов АС: в Интернете автономная система представляет собой систему, которая регулируется политикой маршрутизатора для одной или нескольких сетей, контролируемых общими правилами сетевого администратора, от имени одного административного объекта; программный агент как система, часто характеризуется как «автономная система». Автономные системы могут быть разработаны таким образом, чтобы цели назначались им динамически, в том числе самими пользователями; в этом случае учитывается взаимодействие и управление для задач низкого уровня, когда пользователем задается только высокоуровневая задача или цели. Затем сама система автоматически планирует набор задач низкого уровня, необходимых и запланированных автоматически, уменьшая сложность для пользователя [7].

В этих условиях перед сетевыми операторами, разработчиками и пользователями встают задачи, связанные в основном, со следующими факторами:

*В производственной сфере* и отраслевой промышленности имеется необходимость поддерживать разнообразные и сложные сети, в том числе с точки зрения растущей стоимости ведения бизнеса. Инфраструктура, которая позволяла бы сокращение

этих расходов и облегчила новые возможности, должна обладать свойствами гибкости, надежности и безопасности.

*Перед операторами* встает задача поддержки оперативной и функциональной совместимости, с возможностями потенциального улучшения устойчивости, повышения пропускной способности, а также поддержки сложности управления и протоколов при работе с высокодинамичными платформами и средами, состоящими из разнообразных сетей и технологий.

*Для разработчиков* задача сопряжена со значительным увеличением функций, поддерживаемых на уровне программирования и сложностью конфигурации (к примеру, для мобильных сетей, технологий Интернета вещей и т.д.).

*Для пользователей* задача усложняется необходимостью поддержки мобильности, доступа, индивидуально и социально ориентированных адаптаций, конфиденциальности соединений.

Это далеко не полный перечень проблемных ситуаций. В целом, создание автономной сети подразумевает автономную функциональность, определяющую состояние или конфигурацию сетевых устройств (коммутаторов, маршрутизаторов, хостов и т.д.), когда такая функциональность будет распознавать сетевые устройства и собирать информацию от других автономных устройств через сетевые каналы управления [8]. На основе сбора информации о сети будет сформирована полнофункциональная базовая сеть, в которой агрегированная информация по всем узлам и иерархиям, станет источником принятия решения по управлению.

Возрастание сложности современных сетей, сетевой инфраструктуры, функциональности и реализаций сетевых уровней, таким образом, предопределяет исследования и разработки в области автономных сетей, основной целью которых является создание сети, обладающей способностью самостоятельно настраиваться, защищаться от вредоносного воздействия и оптимизироваться. Наглядным представлением возможностей автономной сетевой технологии - Autonomic Networking является разработка IBM [9], которая предложила подход для оценки уровня автономности поведения в вычислительной системе: подход определяет основные понятия самоуправления, а эволюционный процесс определяет различные уровни развития принципов управления системой и описывает, как этот процесс развивается при принятии автономных концепций и технологий [6]. Предложено рассматривать пять уровней эволюции в сторону полностью автономной системы, которые можно обобщить от первого (базового) уровня, где в системе оператору необходимо контролировать и конфигурировать каждый элемент вручную в течение всего жизненного цикла, до пятого (автономного) уровня, конечного уровня, когда взаимодействие между людьми и системами основаны только на высокоуровневых целях.

При этом IBM в своей концепции представляет автономное самоуправление через четыре категории: само-конфигурацию, само-восстановление, само-оптимизацию и самозащиту. Именно эти позиции, по мнению авторов данной статьи, являются основой предоставления так называемого адаптивного поведения при принятии решения управления. Кроме того, такое представление, при должном расширении концепций, дает основу исследования совокупных задач, одна из которых является наиболее критичной: задача обеспечения качества обслуживания в среде автономного сетевого взаимодействия, в совокупности задач управления производительностью в гетерогенной сетевой среде.

Отсюда, естественно, вытекают вопросы описания процессов, задействованных в среде автономного сетевого взаимодействия: очевидно, что должны быть разработаны и/или усовершенствованы математические, экономические и технические основы сетевого взаимодействия; в частности, автономная сеть в концепции сетей будущего должна, наряду с возможностями быть самоорганизующейся, самоуправляемой, самонастраивающейся и самооптимизирующейся, обеспечивать бесшовную коммуникационную инфраструктуру, состоящую из множества технологий и способную использовать имеющуюся (локальную) информацию для принятия решения в контексте глобальной производительности и надежности.

Предпосылки описания поведения автономных компонентов

Приемлемым подходом для описания поведения компонентов в среде автономного сетевого взаимодействия авторы считают использование многоагентных систем и понятий интеллектуальных агентов [10-12]. Автономная система при этом представляется открытой средой, в которой происходит быстрая и динамическая интеграция ресурсов, а гетерогенные системы формируются без центрального контроля или наличия единой инфраструктуры; такая система в целом рассматривается как состоящая из автономных элементов, каждый из которых выполняет определенную функцию и взаимодействует с другими элементами, также функционирующими в динамичной среде. Такой автономный элемент рассматривается как состоящий из одного или нескольких управляемых элементов (функциональных единиц), которые выполняют функцию элемента, и автономного менеджера (единица управления), который управляет конфигурацией, входами и выходами управляемых элементов. При этом расширение возможностей агента и его описание основано на понятиях и свойствах (интернациональных) агентов, отражающих поведение сущностей, а общая задача оптимизации – сформулирована в понятиях функции полезности, как для индивидуального агента, так и обобщенного сетевого представления.

В общем случае, под агентом понимается вычислительная система, которая расположена в некоторой среде и способна к выполнению автономного действия в этой среде для достижения целей системы (разработки). При этом, наличие агентов как программных сущностей предполагает два типа задач или проблемных ситуаций с точки зрения исследования:

1. Каким должен быть разрабатываемый агент, способный к независимому, автономному действию для успешного осуществления назначенных ему задач: это проблема разработки архитектуры агента, его функциональной организации;

2. Каким должно быть взаимодействие одних агентов с другими для того, чтобы они успешно выполняли назначенные задачи: это проблема организации сообщества агентов (многоагентных систем).

Многоагентная система состоит из агентов, взаимодействующих друг с другом посредством обмена сообщениями через сетевую инфраструктуру. Для осуществления успешного взаимодействия эти агенты должны обладать способностью кооперировать, координировать и общаться друг с другом. Целью многоагентной системы является возможность выяснить, как независимые процессы могут согласованно (координированно) взаимодействовать. Сам по себе агент имеет способность адаптироваться к изменениям внешней среды, т.е. он может менять поведение, когда происходят изменения в окружающей среде [10,13].

Многоагентная система представляет собой совокупность вычислительных процессов, которые происходят в одно и то же время, различные агенты разделяют общие ресурсы и взаимодействуют друг с другом. В общей постановке, исходя из контекста данного исследования, ставится задача определения условий адаптации: в каких случаях (при каком условии) агент будет изменять свое поведение и адаптироваться к изменениям окружающей среды и какое значение для этой адаптации имеет информационная связь или взаимодействие. С другой стороны, необходимо выяснить, как будет формализоваться такая связь (взаимодействие), какими признаками, метками, функциями будет выражаться при взаимодействии. В связи с этим, исследование агентов включает такие вопросы, как принятие решения (какой механизм принятия решений доступен агенту и как агент решает или оценивает ситуацию в зависимости от внешней информации и своего состояния); управление (включая иерархические взаимодействия между агентами); коммуникации (обмен сообщениями между агентами).

Взаимодействие между агентами в таком представлении рассматривается разделом теории игр – дизайном механизмов. При этом агент пытается выбрать стратегию, максимизирующую его собственную прибыль [14]. Этот конструктивный подход позволяет создать такой механизм взаимодействия, при котором эгоистические действия каждого из агентов приведут в сумме к решению, оптимальному с точки зрения общей целевой функции. Вводится понятие сценария поведения (как последовательности действий, связанных с состояниями и событиями) и популяции агентов. Механизм поведения или сценарий определяет стратегию действий агентов (агенты могут выполнять различные действия) в многоагентной системе, т.е. поведение агента определяется его системой управления. При этом каждый агент имеет свой энергетический ресурс; выполняя какое-либо действие, агент расходует ресурс. Популяция агентов представляет собой совокупность распределенных сущностей (объектов), которые могут относительно независимо друг от друга выполнять различные действия, в том числе по обработке поступающей на вход агента информации. Это согласуется с представлением автономной системы, когда каждый агент характеризуется индивидуальным (личным) поведением, а поведение системы в целом определяется поведением совокупности агентов. В зависимости от того, как агент выполняет задание, изменяется его энергетический ресурс. Независимо от функционального назначения, поведение агента определяется системой управления, концептуальная и функциональная организация и механизм эффективного функционирования которой ставятся во главу угла данного исследования. Эти вопросы являются объектом дальнейших исследований и будут отражены в следующих публикациях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Варакин Л.Е.* Будущее поколение инфокоммуникационных сетей — FGN XXI//Международная конференция МАС-2004 “Инфокоммуникационные сети XXI века” - М. http://niits.ru/ public/2004/2004-039.pdf
2. *Кох Р., Яновский Г.Г.* Эволюция и конвергенция в электросвязи. М., Радио и связь. 2001
3. Инфокоммуникационные сети: архитектура, технологии и стандартизация. Под редакцией д.т.н. А.А. Сахнина. – Москва: 2004

4. *George Lawton*, 4G: Engineering versus Marketing, IEEE Computer Journal, March 2011.
5. Рекомендация ITU-T Y.110 Принципы и архитектура глобальной информационной инфраструктуры
6. *Agoulmine Nazim*, edited, Autonomic Network Management Principles: Form Concepts to Applications/ Academic Press, Elsevier Inc. 2011
7. *Dobson S., et ali,* A survey of autonomic communications/ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems, vol. 1, no. 2, pp. 223–259, 2006
8. *Hamed Haddadi, Olivier Bonaventure* (editors), "Recent Advances in Networking", Volume 1, ACM SIGCOMM eBook, August 2013.
9. IBM Corporation, "An architectural blueprint for autonomic computing," White Paper, June 2006.
10. *Тарасов В.П.* От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002.
11. *Usmanova N.* Agent-based modeling of distributed environment: Assigning properties to agent /Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation, Proceedings. WCIS 2014, Tashkent 2014.
12. *Michael Wooldridge*, An Introduction to Multiagent Systems/John Wiley & Sons, 2002.
13. Distributed algorithms for networked multi-agent systems: Optimization and Competition/ by Jayash Koshal, University of Illinois, Urbana-Champaign, 2012.
14. Design and analysis of distributed algorithms/by Nicola Santoro, John Wiley & Sons, Inc. 2007.

**В.Е. Фокин, А.А. Манин, В.И. Юхнов, И.А. Сосновский**

## АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: маршрутизатор, динамическая маршрутизация, протокол OSPF, протокол BGP.

Проанализированы особенности организации динамической маршрутизации в сетях связи.

**V.E. Fokin, A.A. Manin, V.I. Yukhnov, I.A. Sosnovsky**

# ANALYSIS OF DYNAMIC ROUTING PROTOCOLS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: router, dynamic routing, OSPF protocol, BGP protocol.

Features of the organization of dynamic routing in communication networks are analyzed.

В настоящее время существенно возрастает интерес к различным аспектам функционирования сетей связи [1-8]. Это связано с тем, что в современном мире деятельность подавляющего большинства кампаний, организаций и частных лиц уже невозможно представить без использования глобальных и локальных сетей. Следует отметить, что сетевые технологии развиваются очень быстро, можно сказать – революционно. Поэтому представляется актуальным исследование перспектив развития сетей, в частности, технологий маршрутизации.

В современных сетях связи маршрутизация, как правило, реализуется на основе динамических протоколов [6-8]. Данные протоколы создают и поддерживают таблицы маршрутизации, а так же сообщают другим маршрутизаторам обо всех известных изменениях сетей.

Протоколы динамической маршрутизации делятся на протоколы внутренней маршрутизации (RIP-2, EIGRP, OSPF, IS-IS) и протоколы внешней маршрутизации (BGP). Протоколы внутренней маршрутизации используются в сетях с общим административным управлением (в автономных системах). Внешняя маршрутизация используется для организации связи между автономными системами [6-8].

В качестве примера внутренней динамической маршрутизации рассмотрим OSPF (Open Shortest Path First Protocol — OSPF). Данный протокол использует метрику пропускной способности сети, т.е. прокладывает текущий маршрут по наиболее быстрому, в данный момент, каналу связи. Положительным свойством данного протокола является возможность создавать гибкие политики качества обслуживания трафика по различным показателям, таким как надежность, пропускная способность и другим. Немаловажными являются развитые средства аутентификации, встроенные в данный протокол. Протокол OSPF, благодаря своей открытости, поддерживается подавляющим большинством производителей сетевого оборудования. Вместе с тем, данный протокол имеет и недостатки, к которым можно отнести высокие вычислительные затраты при реализации алгоритмов, что влечет за собой повышенные требования к аппаратным средствам маршрутизатора.

Достоинства протокола OSPF:

- универсальность;
- гибкость;
- возможность балансировки нагрузки;

– достаточно развитые инструменты защиты информации.

Недостатки:

– высокая вычислительная сложность;
– сложность реализации в сетях большого размера.

В качестве примера протокола внешней маршрутизации рассмотрим BGP (Border Gateway Protocol). Данный протокол, предназначен для обеспечения связи между различными автономными системами [6-8]. Решение о выборе маршрута осуществляется на основе сетевой политики. Максимальное количество маршрутизаторов, которые поддерживает данный протокол, составляет 65534 [8]. Системы, которые поддерживают BGP, обмениваются информацией о доступности сетей с другими автономными системами. BGP обеспечивает исключение маршрутных петель при выборе пути продвижения пакетов. BGP –это протокол прикладного уровня, функционирующий поверх TCP – протокола. После установления соединения передается информация обо всех маршрутах, которая в дальнейшем корректируется. После того, как произошло закрытие соединения, вся, переданная противоположной стороной, информация удаляется.

Достоинства:

– возможности уменьшения транзитного трафика;
– гибкие политики управления маршрутами;
– поддерживает бесклассовую междоменную маршрутизацию;
– поддерживает маски переменной длины.

Недостатки:

– необходимость постоянного обновления таблицы хостов и обмена этой информацией между маршрутизаторами, что требует высоких вычислительных затрат с учетом постоянно возрастающего количества сетевых узлов;
– необходимость производить обновление IP-адресов в сети каждый раз, когда меняется провайдер компании.

Несмотря на достоинства BGP в настоящее время ведется разработка альтернатив, в качестве которых много шансов имеют LISP и Six/One.

Протокол Locator/ID Separation Protocol (LISP) разрабатывается кампанией Cisco с целью разделить функциональность IP-адресов на идентификаторы хостов и локаторы маршрутизации. Данный подход предполагает использование туннельных маршрутизаторов, которые будут добавлять LISP-заголовки в информационные пакеты по мере их движения по сети.

Протокол Six/One разработан кампанией Ericsson и предлагает использование постоянных IP-адресов, которые меняются лишь в старших битах, в зависимости от того, к какому провайдеру подключен хост в данный момент. Данные старшие биты меняются автоматически, при прохождении через нового провайдера.

В настоящее время пока не ясно, какой из подходов победит, но в любом случае коммерческое внедрение новой концепции маршрутизации произойдет не ранее, чем через пять лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П., Сосновский И.А., Яровой А.В.* Управление наблюдениями за потоками информационных процессов в измерительной системе // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2015. - № 1. - С. 374-379.
2. *Шулева Н.О., Болдырыхин Н.В.* Сравнительный анализ технологий стандарта IEEE 802.11X // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. -2014. -№ 1. -С. 165-166.
3. *Сосновский И.А., Болдырихин Н.В., Венжега В.В.* Интерактивная среда для изучения и моделирования процессов маршрутизации в IP- сетях // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2013. -№ 1. - С. 237-239.
4. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П., Сосновский И.А., Яровой А.В.* Управление мониторингом движения маршрутного транспорта с использованием технологии Mobile location service // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2013. -№ 1. - С. 61-65.
5. *Болдырихин Н.В., Рыбалко И.П.* Особенности использования стохастического дифференциального уравнения при синтезе алгоритмов управления наблюдениями за потоками данных // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2011. № 1. С. 208-212.
6. *Бачинский В.А., Гиоргизова-Гай В.Ш.* Выбор протокола динамической маршрутизации в корпоративной IP- сети // Системні дослідження та інформаційні технології. - 2011. - № 1. -С. 99-110.
7. *Митрофанов Ю.И., Фокина Н.П.* Анализ сетей массового обслуживания с динамическим управлением маршрутизацией // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика.- 2007. Т. 7. - № 1. С. 27-33.
8. Национальная библиотека им. Н. Э. Баумана [Электронный адрес] – URL:https://ru.bmstu.wiki/BGP_(Border_Gateway_Protocol) (дата обращения: 27.03.2018).

**В.В. Харченко, Д.В. Харченко**

## ПРИМЕНЕНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ГАНКЕЛЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОЛЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия

Ключевые слова: антенна, покрытие, функции Ганкеля.

В статье рассмотрено решение задачи по определению коэффициентов разложения электромагнитных полей, создаваемых цилиндрической антенной с использованием аппарата функций Ганкеля, а также их асимптотических разложений. Проведен сравнительный анализ точности определения коэффициентов разложения полей через асимптотические представления функций Ганкеля и их производных с решением, полученным по строгим формулам.

**V.V. Kharchenko, D.V. Kharchenko**

## THE USE OF ASYMPTOTIC REPRESENTATIONS OF THE HANKEL FUNCTIONS FOR CALCULATION OF FIELDS OF A CYLINDRICAL ANTENNA

Military educational scientific center air force "Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovskiy and Y.A. Gagarin", Voronezh, Russia

Keywords: antenna, cover, Hankel functions.

The article deals with the solution of the problem of determining the decomposition coefficients of electromagnetic fields generated by a cylindrical antenna using the Hankel functions apparatus, as well as their asymptotic expansions. A comparative analysis of the accuracy of the expansion coefficients of the fields using the asymptotic representation of the Hankel functions and their derivatives with a solution obtained according to strict formulas.

К числу наиболее перспективных типов антенн, используемых в различных сферах человеческой деятельности, относятся цилиндрические антенные решетки с различного типа покрытиями. Применение покрытий позволяет не только защитить излучающий раскрыв антенны от различного рода механических повреждений, негативного влияния окружающей среды, но также управлять характеристиками излучения и согласования антенны. Геометрия рассматриваемой антенной системы представлена на рисунке 1. При этом $r_1$ и $r_2$ - радиус цилиндра и внешний радиус покрытия соответственно, $V_1$ обозначает область магнитодиэлектрического покрытия с параметрами $\varepsilon$ и $\mu$, а $V_0$ - область свободного пространства [1].

Известно, что при решении задачи возбуждения цилиндрических конструкций различными видами излучателей выражения для компонент электромагнитного поля имеют достаточно сложный вид, что в известной степени затрудняет анализ структуры поля [1, 2]. Кроме того, решение такого рода задач требует серьезных вычислительных и временных затрат. Так, для примера, чтобы решить задачу возбуждения кругового цилиндра с однослойным покрытием магнитным излучателем, для определения неизвестных коэффициентов разложения необходимо решить систему из шести линейных уравнений с таким же числом неизвестных. В случае возбуждения цилиндра с многослойным покрытием, при определении коэффициентов разложения необходимо решить систему из $4m+2$ уравнений, где $m$ – число слоев покрытия [3].

Рисунок 1 – Геометрия задачи

Для рассматриваемой антенны выражения для коэффициентов разложения, описывающих поля в свободном пространстве имеют вид [3]

$$a_n^{(0)}(h) = \frac{2Tm_n i}{\pi^2 \nu r_1 r_2 H_n^{(2)}(\nu_0 r_2) P_n \nu_0 (Te_n Tm_n - Tc_n^2)}, \tag{1}$$

$$c_n^{(0)}(h) = \frac{-2Tc_n}{\pi^2 \nu r_1 r_2 W H_n^{(2)}(\nu_0 r_2) P_n \nu_0 (Te_n Tm_n - Tc_n^2)}, \tag{2}$$

где

$$Q_n = H_n^{(2)}(\nu r_1) H_n^{(1)}(\nu r_2) - H_n^{(1)}(\nu r_1) H_n^{(2)}(\nu r_2), \tag{3}$$

$$P_n = H_n^{(2)'}(\nu r_1) H_n^{(1)}(\nu r_2) - H_n^{(1)'}(\nu r_1) H_n^{(2)}(\nu r_2), \tag{4}$$

$$D_n = H_n^{(2)'}(\nu r_1) H_n^{(1)'}(\nu r_2) - H_n^{(1)'}(\nu r_1) H_n^{(2)'}(\nu r_2), \tag{5}$$

$$R_n = H_n^{(2)}(\nu r_1) H_n^{(1)'}(\nu r_2) - H_n^{(1)}(\nu r_1) H_n^{(2)'}(\nu r_2), \tag{6}$$

$$Te_n = L_n(\nu_0 r_2) - \mu \frac{\nu_0}{\nu} \frac{D_n}{P_n}, \tag{7}$$

$$Tm_n = L_n(\nu_0 r_2) - \varepsilon \frac{\nu_0}{\nu} \frac{R_n}{Q_n}, \tag{8}$$

$$Tc_n = \frac{nhk(\varepsilon\mu - 1)}{\nu_0 r_2 \nu^2}, \tag{9}$$

$$L_n(\cdot) = \frac{H_n^{(2)'}(\cdot)}{H_n^{(2)}(\cdot)}, \qquad \nu_0 = \pm\left(k_0^2 - h^2\right)^{1/2}, \qquad \nu = \pm\left(k_0^2 \varepsilon\mu - h^2\right)^{1/2}, \tag{10}$$

$H_n^{(1)}(\nu r)$, $H_n^{(2)}(\nu r)$ - функции Ганкеля $n$ - го порядка 1-го и 2-го рода соответственно, $H_n^{(1)'}(\nu_j r)$ и $H_n^{(2)'}(\nu_j r)$ описывают соответственно производные функций Ганкеля первого и второго рода по аргументу.

Наличие в соотношениях (1)-(10) функций Ганкеля и сочетание операций над данными функциями значительно усложняют анализ полученных соотношений.

При больших значениях аргумента функции Ганкеля и ее производной возможно представление указанных функций в виде их асимптотических разложений [4]

$$H_n^{(2)}(\nu r) = \sqrt{\frac{2}{\nu \pi r}} \exp\left(-i\left(\nu r - \frac{n\pi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)\right), \tag{11а}$$

$$H_n^{(2)'}(\nu r) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\left[-0.5\frac{1}{\sqrt{(\nu r)^3}}\exp\left(-i\left(\nu r - \frac{n\pi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)\right) - \right.$$

$$\left. -\frac{i}{\sqrt{\nu r}}\exp\left(-i\left(\nu r - \frac{n\pi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)\right)\right]. \tag{11б}$$

Как видно из выражения (11б), первое слагаемое в $\nu r$ раз меньше второго слагаемого, и, следовательно, при больших значениях аргумента первым слагаемым в (11б) можно пренебречь, после чего выражение для асимптотического разложения производной функции Ганкеля может быть представлено следующим образом

$$H_n^{(2)'}(\nu r) = -i\sqrt{\frac{2}{\pi \nu r}} \exp\left(-i\left(\nu r - \frac{n\pi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)\right). \tag{12}$$

Выражения (1), (2) были получены путем аналитического решения системы линейных уравнений, описывающей граничные условия на границах раздела сред с соответствующими значениями $r_1$ и $r_2$ [3-6]. Заменим в указанной системе уравнений функций Ганкеля и их производных на асимптотические представления данных функций соотношения (11). Последующее решение полученной системы одним из известных способов приводит к выражениям для коэффициентов разложения, описывающим поля как в области магнитодиэлектрического покрытия, так и в свободном пространстве. Выражения аналогичные соотношениям (1), (2) будут иметь вид

$$a_n^{(0)}(h) = \frac{-\nu_0 \nu^3 r_2^2 \sqrt{\pi \nu_0 r_1}\,(-i\nu - \varepsilon \nu_0 \operatorname{ctg} \nu(r_2 - r_1))}{2\pi r_1 \sqrt{2} \cos \nu(r_2 - r_1) \exp\left(-i\left(\nu_0 r_2 - \frac{n\pi}{2} - \frac{\pi}{4}\right)\right) Z_n}, \tag{13}$$

$$c_n^{(0)}(h)=\frac{nhk(\varepsilon\mu-1)r_2\nu^2\sqrt{r_1\nu_0\pi}}{2i\pi r_1 W\cos\nu(r_2-r_1)\sqrt{2}\exp\left(-i\left(\nu_0 r_2-\frac{n\pi}{2}-\frac{\pi}{4}\right)\right)Z_n}, \qquad (14)$$

где
$$Z_n=[\nu^3 i\nu_0^3 r_2^2(\varepsilon\operatorname{ctg}\nu(r_2-r_1)-\mu\operatorname{tg}\nu(r_2-r_1))-$$
$$-\nu^4\nu_0^2 r_2^2-\varepsilon\nu_0^4\nu^2 r_2^2\mu-n^2h^2k^2(\varepsilon\mu-1)^2]. \qquad (15)$$

При записи соотношений (13)-(15) учтено, что при замене функций Ганкеля и их производных на их асимптотические представления, выражения (3)-(6) принимают вид

$$Q_n=\frac{4i}{\nu\pi\sqrt{r_1r_2}}\sin\nu(r_2-r_1),$$

$$P_n=\frac{-4i}{\nu\pi\sqrt{r_1r_2}}\cos\nu(r_2-r_1),$$

$$D_n=\frac{4i}{\nu\pi\sqrt{r_1r_2}}\sin\nu(r_2-r_1),$$

$$R_n=\frac{4i}{\nu\pi\sqrt{r_1r_2}}\cos\nu(r_2-r_1). \qquad (16)$$

Соотношения (13), (14) имеют более простой вид по отношению к выражениям (1) и (2), и, следовательно, легче поддаются анализу.

Поученные в аналитическом виде соотношения для коэффициентов разложения полей (1), (2) и (13), (14) позволяют записать выражения, описывающие характеристики излучения рассматриваемой антенной системы. Так выражения для диаграммы направленности щелевого излучателя, расположенного на цилиндре с магнитодиэлектрическим покрытием, с использованием соотношений (1), (2), имеет вид

$$F_\theta(\theta,\varphi)=\frac{2i\sqrt{2}}{W_0\sqrt{\pi r k_0\sin\theta}\,k_0\sqrt{\varepsilon\mu-\cos^2\theta}\,\pi^2 r_1 r_2}\sum_{n=0}^{\infty}\varepsilon_n\cos n(\varphi-\varphi_0)i^{n+1}\times$$
$$\times\frac{Tm_n^1}{P_n^1H_n^{(2)}(k_0\sin\theta\cdot r_2)(Te_n^1Tm_n^1-(Tc_n^1)^2)}\int_{-l}^{l}I(z)e^{-ikz\cos\theta}dz, \qquad (17а)$$

$$F_\varphi(\theta,\varphi)=\frac{-2\sqrt{2}}{W_0\sqrt{\pi r k_0\sin\theta}\,\pi^2 r_1 r_2 k_0\sqrt{\varepsilon\mu-\cos^2\theta}}\sum_{n=0}^{\infty}\varepsilon_n\sin n(\varphi-\varphi_0)i^{n+1}\times$$
$$\times\frac{Tc_n^1}{P_n^1H_n^{(2)}(k_0\sin\theta\cdot r_2)(Te_n^1Tm_n^1-(Tc_n^1)^2)}\int_{-l}^{l}I(z)e^{-ikz\cos\theta}dz, \qquad (17б)$$

где

$$Q_n^1 = H_n^{(2)}(\nu^1 r_1) H_n^{(1)}(\nu^1 r_2) - H_n^{(1)}(\nu^1 r_1) H_n^{(2)}(\nu^1 r_2),$$

$$D_n^1 = H_n^{(2)'}(\nu^1 r_1) H_n^{(1)'}(\nu^1 r_2) - H_n^{(1)'}(\nu^1 r_1) H_n^{(2)'}(\nu^1 r_2),$$

$$P_n^1 = H_n^{(2)'}(\nu^1 r_1) H_n^{(1)}(\nu^1 r_2) - H_n^{(1)'}(\nu^1 r_1) H_n^{(2)}(\nu^1 r_2),$$

$$R_n^1 = H_n^{(2)}(\nu^1 r_1) H_n^{(1)'}(\nu^1 r_2) - H_n^{(1)}(\nu^1 r_1) H_n^{(2)'}(\nu^1 r_2),$$

$$Te_n^1 = L_n(k_0 \sin\theta r_2) - \frac{\mu \sin\theta}{\sqrt{\varepsilon\mu - \cos^2\theta}} \frac{D_n^1}{P_n^1},$$

$$Tm_n^1 = L_n(k_0 \sin\theta r_2) - \frac{\varepsilon \sin\theta}{\sqrt{\varepsilon\mu - \cos^2\theta}} \frac{R_n^1}{Q_n^1},$$

$$Tc_n^1 = \frac{n(\varepsilon\mu - 1)\cos\theta}{k_0 r_2 (\varepsilon\mu - \cos^2\theta)\sin\theta},$$

$$L_n(k_0 \sin\theta r_2) = \frac{H_n^{(2)'}(k_0 \sin\theta r_2)}{H_n^{(2)}(k_0 \sin\theta r_2)}, \ \nu^1 = k_0 \sqrt{\varepsilon\mu - \cos^2\theta}. \qquad (18)$$

Проведенный анализ показывает, что при расчете диаграммы направленности рассматриваемой антенны, для малых номеров гармоник возможно использование упрощенных соотношений, полученных путем замены функций Ганкеля и их производных асимптотическими представлениями. Для гармоник с большими номерами при расчете диаграммы направленности необходимо использовать строгие формулы. Упрощенные соотношения для диаграммы направленности рассматриваемой антенной системы имеют вид

$$F_\theta(\theta,\varphi) = \frac{\sqrt{2} k_0 \sin\theta}{W_0 \sqrt{\pi r k_0 \sin\theta}} \left\{ \sum_{n=0}^{N_1} \varepsilon_n i^{n+1} \cos n(\varphi - \varphi_0) \cdot a_n^{(0)anp}(k_0 \cos\theta) + \right.$$

$$\left. + \sum_{n=N_1+1}^{\infty} \varepsilon_n i^{n+1} \cos n(\varphi - \varphi_0) \cdot a_n^{(0)}(k_0 \cos\theta) \right\} \int_{-l}^{l} I(z) e^{-ikz\cos\theta} dz, \qquad (19а)$$

$$F_\varphi(\theta,\varphi) = \frac{\sqrt{2} k_0 \sin\theta}{\sqrt{\pi r k_0 \sin\theta}} \left\{ \sum_{n=0}^{N_1} \varepsilon_n i^{n+1} \sin n(\varphi - \varphi_0) \cdot c_n^{(0)anp}(k_0 \cos\theta) + \right.$$

$$\left. + \sum_{n=N_1+1}^{\infty} \varepsilon_n i^{n+1} \sin n(\varphi - \varphi_0) \cdot c_n^{(0)}(k_0 \cos\theta) \right\} \int_{-l}^{l} I(z) e^{-ikz\cos\theta} dz. \qquad (19б)$$

В выражениях (19а), (19б) коэффициенты $a_n^{(0)}(k_0\cos\theta)$ и $c_n^{(0)}(k_0\cos\theta)$ определяются соотношениями (1) и (2) соответственно, а коэффициенты $a_n^{(0)anp}(k_0\cos\theta)$ и $c_n^{(0)anp}(k_0\cos\theta)$ определяются следующими зависимостями:

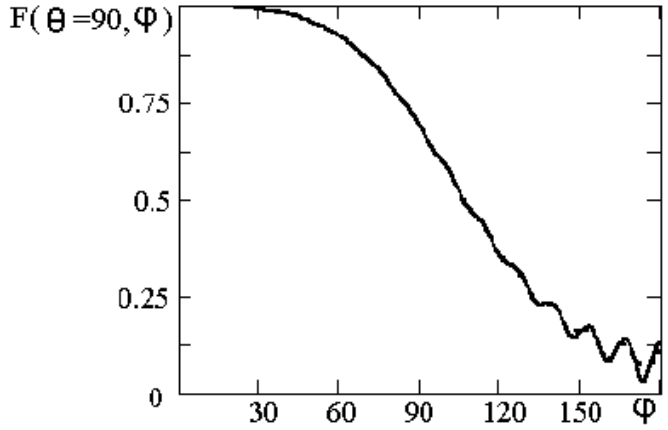
$$a_n^{(0)anp}(k_0\cos\theta)=\frac{k_0^5\sin\theta\cdot\left(\varepsilon\mu-\cos^2\theta\right)^{3/2}r_2^2\sqrt{\pi k_0\sin\theta}}{2\pi\sqrt{2r_1}\cos\left(\nu^1(r_2-r_1)\right)e^{-i\left(k_0r_2\sin\theta-\frac{n\pi}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}}\times$$
$$\times\frac{\left(i\sqrt{\varepsilon\mu-\cos^2\theta}+\mathrm{ctg}\left(\nu^1(r_2-r_1)\right)\varepsilon\sin\theta\right)}{Z_n^1}, \qquad (19в)$$

$$c_n^{(0)anp}(k_0\cos\theta)=\frac{nk_0^4\cos\theta\cdot(\varepsilon\mu-1)r_2(\varepsilon\mu-\cos^2\theta)\sqrt{\pi k_0\sin\theta}}{2i\pi\sqrt{2r_1}W_0\cos\left(\nu^1(r_2-r_1)\right)e^{-i\left(k_0r_2\sin\theta-\frac{n\pi}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}\cdot Z_n^1}, \qquad (19г)$$

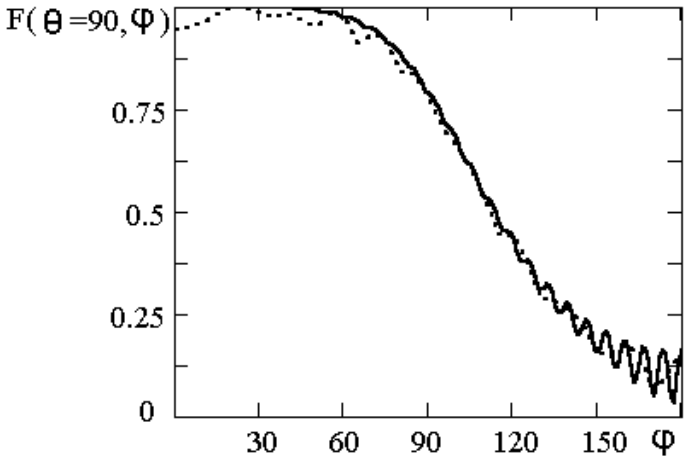
$$Z_n^1=k_0^4\Big\{\sin^2\theta\cdot k_0^2r_2^2(\varepsilon\mu-\cos^2\theta)\Big(i(\varepsilon\mu-\cos^2\theta)^{1/2}\sin\theta\cdot\Big(\varepsilon\,\mathrm{ctg}(\nu^1(r_2-r_1))-$$
$$-\mu\,\mathrm{tg}(\nu^1(r_2-r_1))\Big)-(\varepsilon\mu-\cos^2\theta)-\varepsilon\mu\sin^2\theta\Big)-n^2(\varepsilon\mu-1)^2\cos^2\theta\Big\}. \qquad (20)$$

Из выражений (19а), (19б) видно, что использование упрощенных соотношений для определения коэффициентов разложения возможно лишь до определенного номера гармоник $N_1$, значение которого зависит от параметров магнитодиэлектрического покрытия, $N$ - общее число учитываемых гармоник.

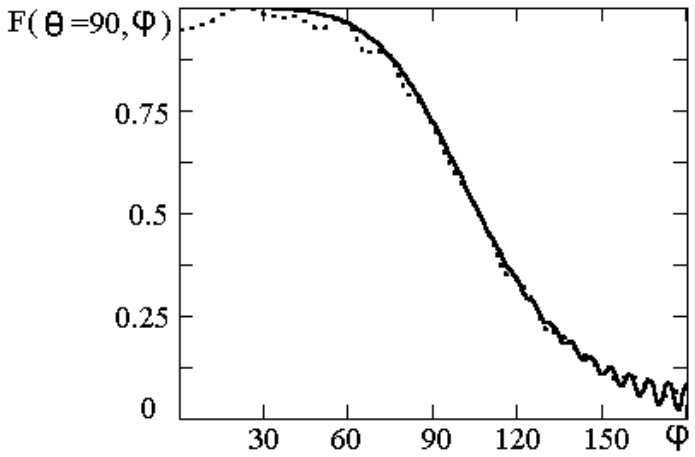
На рисунках 2 представлены диаграммы направленности одиночного щелевого излучателя, расположенного на цилиндре радиуса $4\lambda$ с магнитодиэлектрическим покрытием, параметры которого принимают различные значения. При этом на рисунках представлены диаграммы направленности, получаемые по точным выражениям (сплошные кривые) и диаграммы направленности, которые получены с использованием алгоритма асимптотических представлений функций Ганкеля (штриховые линии). Как видно из рисунка 2а, при отсутствии магнитодиэлектрического покрытия диаграммы направленности, получаемые по обоим алгоритмам, совпадают с абсолютной точностью. В случае наличия магнитодиэлектрического покрытия степень идентичности данных диаграмм зависит от параметров данного покрытия.




а) $\varepsilon = \mu = 1$, $N_1 = N = 50$




б) $\varepsilon = 1$, $\mu = 4$, $N = 82$, $N_1 = 32$




в) $\varepsilon = 3$, $\mu = 1$, $N = 73$, $N_1 = 27$

Рисунок 3 – Диаграммы направленности излучателя

Таким образом, применение асимптотических представлений функций Ганкеля в решении задач по определению электромагнитных полей цилиндрических антенных систем значительно упростит анализ влияния параметров магнитодиэлектрических

покрытий на характеристики и параметры указанных антенн. При этом разработанный вычислительный алгоритм для анализа влияния покрытия на характеристики антенн характеризуется достаточной для инженерных расчетов точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Габриэльян Д.Д., Звездина М.Ю., Харченко В.В.* Влияние параметров магнитодиэлектрического покрытия на излучение продольной щели на цилиндре // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2004, Т.7, №4, с. 34-39.
2. *Петров Б.М.* Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. М.: Радио и связь, 2000.- 559с.
3. *Розанов К.Н., Преображенский Е.А.* Применение нелинейных и активных материалов для создания широкополосных радиопоглотителей // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники – 2003, №3, с. 26-40.
4. Справочник по специальным функциям / Под ред. М. Абрамовица и И.Стиган. – М.: Наука, 1979. – 832 с.6. Отто М. Современные методы аналитической химии. — М.: Техносфера, 2008. — 544 с.
5. *Касьянов А.О., Обуховец В.А.* Интеллектуальные радиоэлектронные покрытия. Современное состояние и проблемы // Антенны. – 2001, вып. 4(50), с. 4-11.
6. *Харченко В.В., Герасимов Н.И., Сухопаров П.Е.* Анализ эффективности использования интеллектуальных покрытий в антеннах радиолокационных комплексов [Электронный ресурс] /. Современные проблемы науки и образования. Электронный научный журнал. ISSN 1817-6321. №6. 2012.



**В.И. Хуснуллин, Е.В. Глушак**


## ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ


Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ), г. Самара, Россия



Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, задержки при передаче данных, среднеквадратическое отклонение, помехи при передаче, стационарные и мобильные датчики, энергопотребление узлов, спящие узлы.



В статье проводится анализ беспроводных сенсорных сетей. Сделаны выводы о том, что в исследуемой модели БСС самые стабильные характеристики были у стационарных датчиков, что на самом деле соответствует поведению таких же датчиков в реальной сети. Самое большое количество пакетов было получено именно стационарными датчиками. При проведении исследований задержек было показано, что задержки в мобильных датчиках существенно меньше, однако их показатели менее стабильны. В статье было проведено исследование энергопотребления узлов сети.

**V.I. Husnullin, E.V. Glushak**

# THE STUDY OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

Povolzhskiy state University of Telecommunications and Informatics (PSUTI), Samara, Russia

Keywords: wireless sensor networks, delays in data transmission, standard deviation, interference during transmission, stationary and mobile sensors, power consumption of nodes, dormant nodes.

The article provides the analysis of wireless sensor networks. It is concluded that in the studied model of wireless sensor network the most stable characteristics were in stationary sensors, which actually corresponds to the behavior of the same sensors in the real network. The largest number of packets was received by stationary sensors. Studies of delays have shown that delays in mobile sensors are significantly less, but their performance is less stable. The article was devoted to the study of power consumption of network nodes.

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) – это распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков (сенсоров) и исполнительных устройств, объединенных между собой посредством радиоканала [1]. Причем область покрытия подобной сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счет способности ретрансляции сообщений от одного элемента к другому [2].

Проведем имитационное моделирование БСС в программе Omnet++ и перейдем к анализу работоспособности исследуемой сети.

Получим файл, в котором находятся результаты проведенного моделирования, то есть выбираем File > New > Analysis File. Далее исследуем длительность задержек в узлах [3 - 7].

Естественно, задержки в сети ZigBee зависят от топологии сети и могут меняться исходя из текущего уровня помех и от напряженности трафика. Проведем исследования таких задержек.

Выявлены минимальные и максимальные задержки в узлах исследуемой нами сети. Эти параметры сведены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Задержки в узлах сети стационарных датчиков

| Стационарные датчики | | | |
|---|---|---|---|
| Максимальные задержки | | Минимальные задержки | |
| node=0 | 3,24 | node=0 | 0,14 |
| node=1 | 2,76 | node=1 | 0,19 |
| node=2 | 1,99 | node=2 | 0,21 |
| node=3 | 2,8 | node=3 | 0,34 |
| node=4 | 2,97 | node=4 | 0,45 |
| node=5 | 2,5 | node=5 | 0,4 |
| node=6 | 2,98 | node=6 | 0,28 |
| node=7 | 3,17 | node=7 | 0,28 |
| node=8 | 3,7 | node=8 | 0,43 |
| node=9 | 3,88 | node=9 | 0,36 |

Таблица 2

Задержки в узлах сети мобильных датчиков

| Мобильные датчики | | | |
|---|---|---|---|
| Максимальные задержки | | Минимальные задержки | |
| node=0 | 3,98 | node=0 | 0,14 |
| node=1 | 2,76 | node=1 | 0,19 |
| node=2 | 2,4 | node=2 | 0,16 |
| node=3 | 1,9 | node=3 | 0,25 |
| node=4 | 2,97 | node=4 | 0,28 |
| node=5 | 4,15 | node=5 | 0,3 |
| node=6 | 3,9 | node=6 | 0,34 |
| node=7 | 3,17 | node=7 | 0,38 |
| node=8 | 3,9 | node=8 | 0,34 |
| node=9 | 3,87 | node=9 | 0,36 |

В программе OMNeT++ получим соответствующий график данных (рис. 1 – рис. 4).

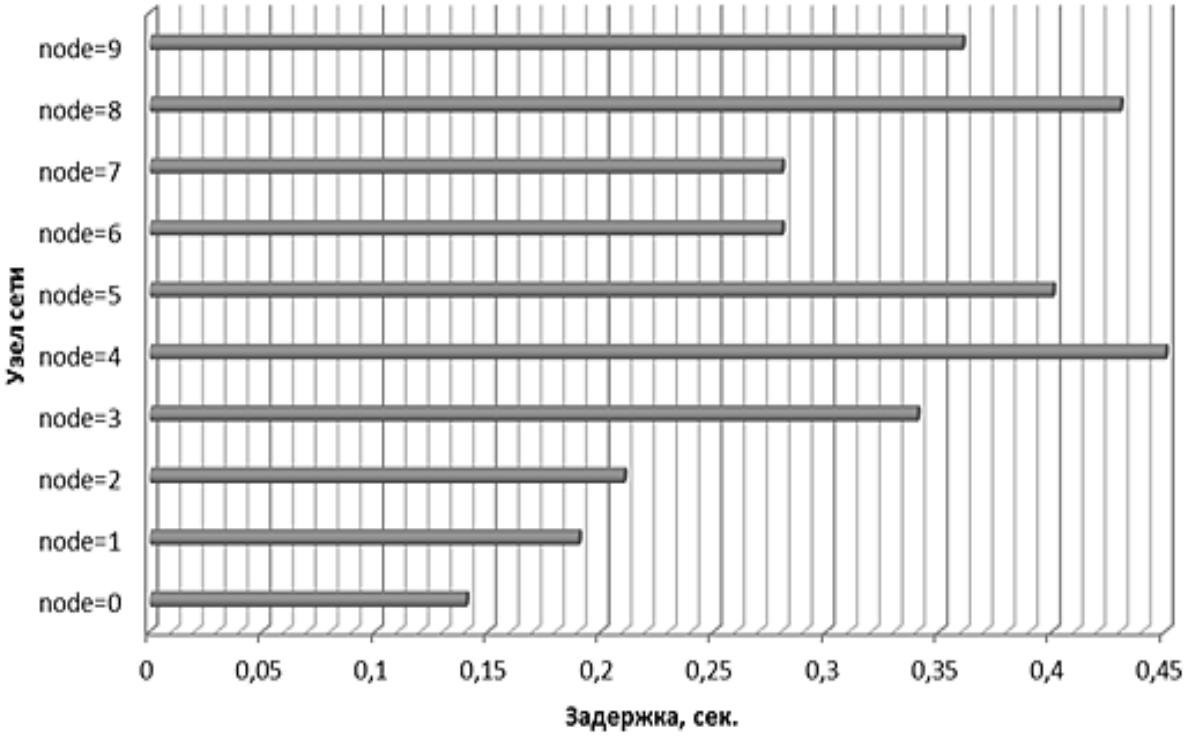



Рис. 1 – Минимальные задержки в стационарных датчиках

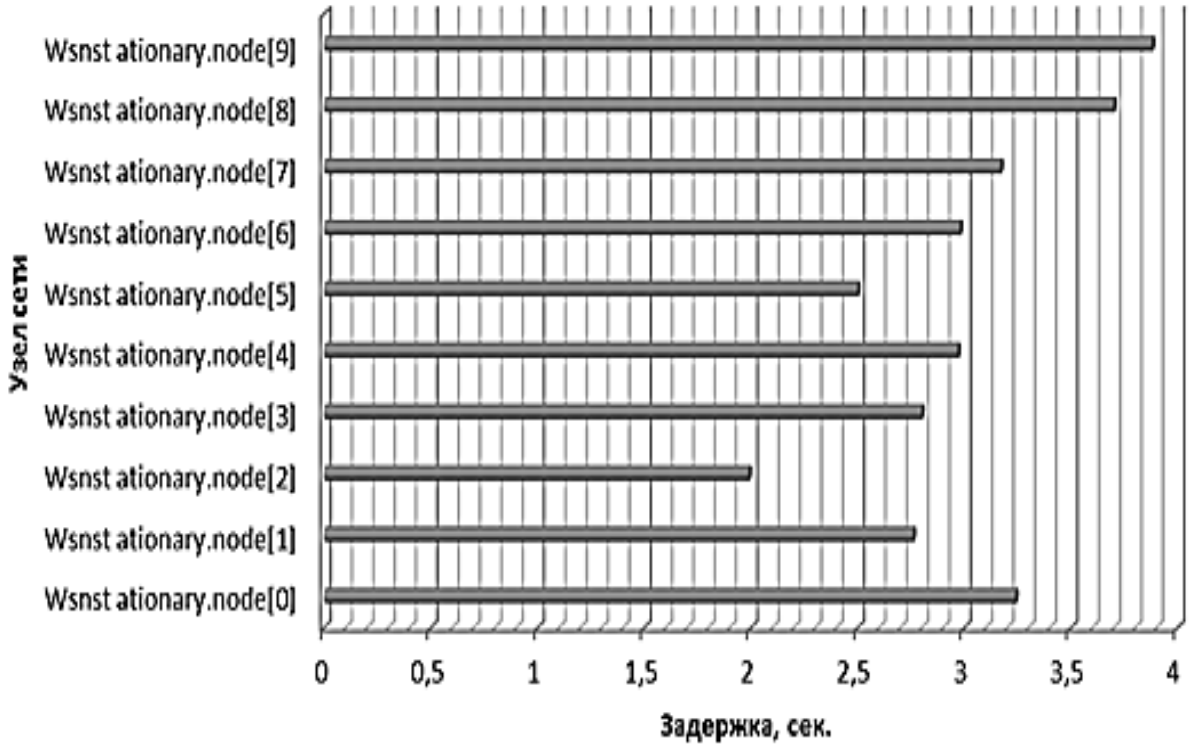



Рис. 2 – Максимальные задержки в стационарных датчиках

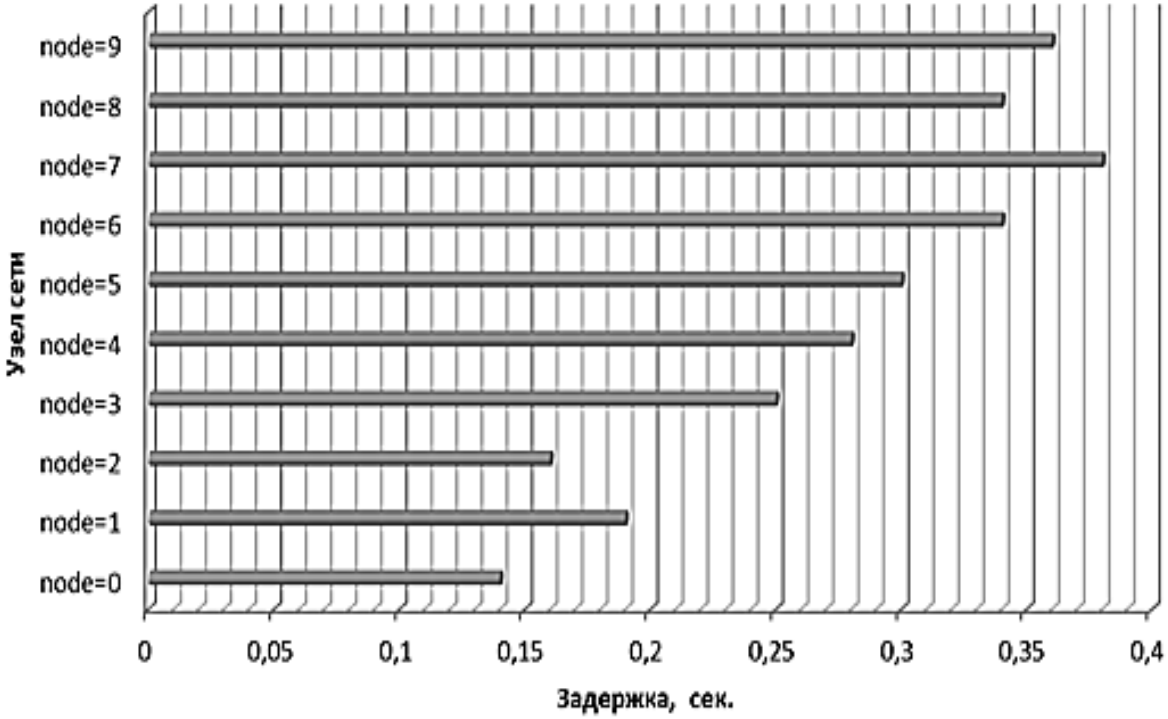



Рис. 3 – Минимальные задержки в мобильных датчиках

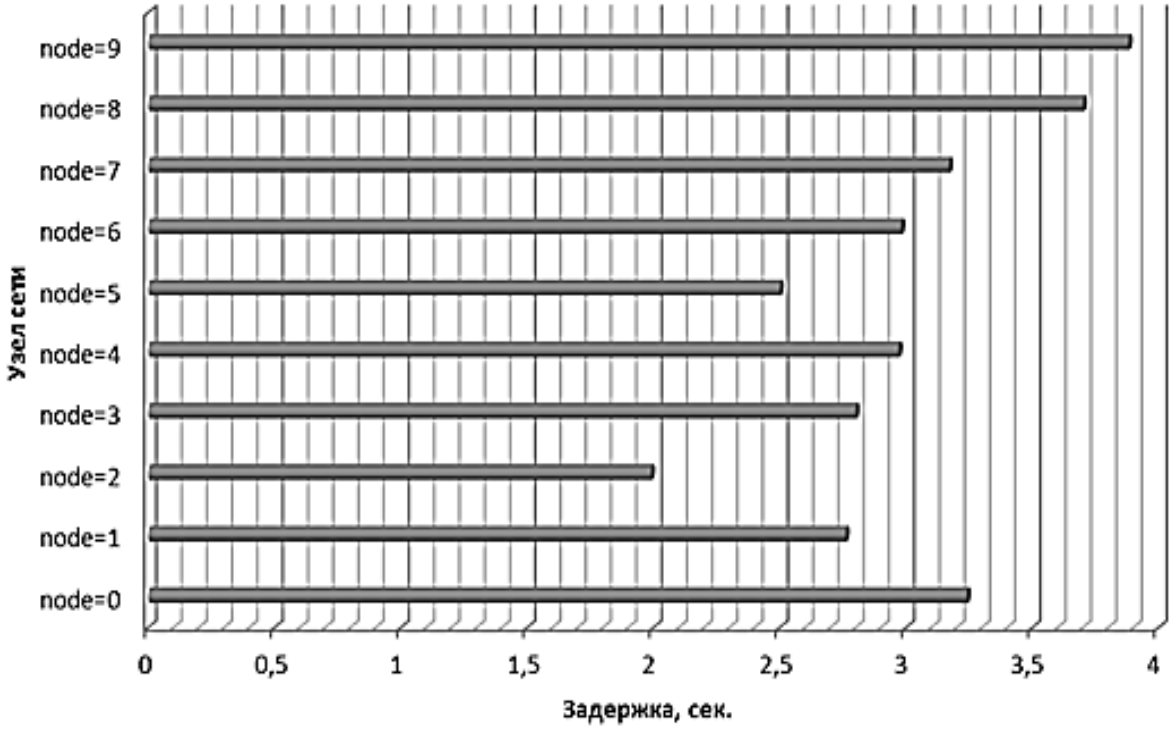



Рис. 4 – Максимальные задержки в мобильных датчиках

А теперь сведем данные в сравнительный график (рис. 5, рис. 6).

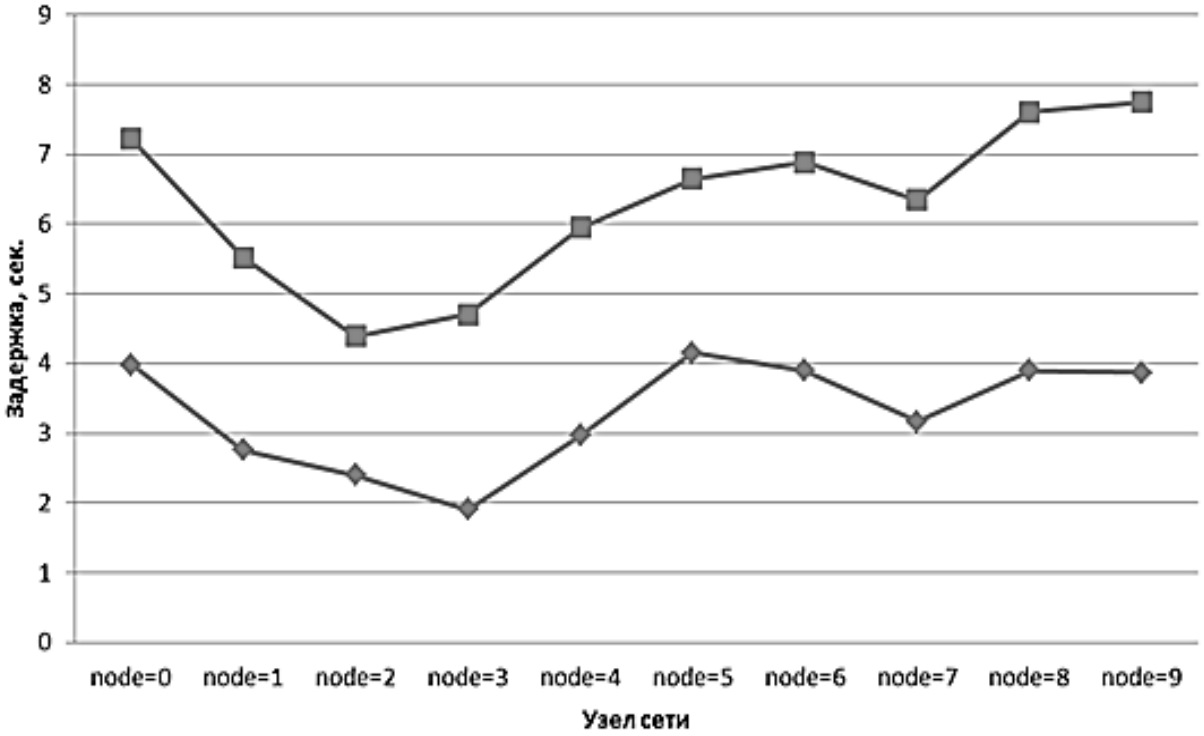



Рис. 5 - Максимальные задержки при использовании стационарных и мобильных датчиков

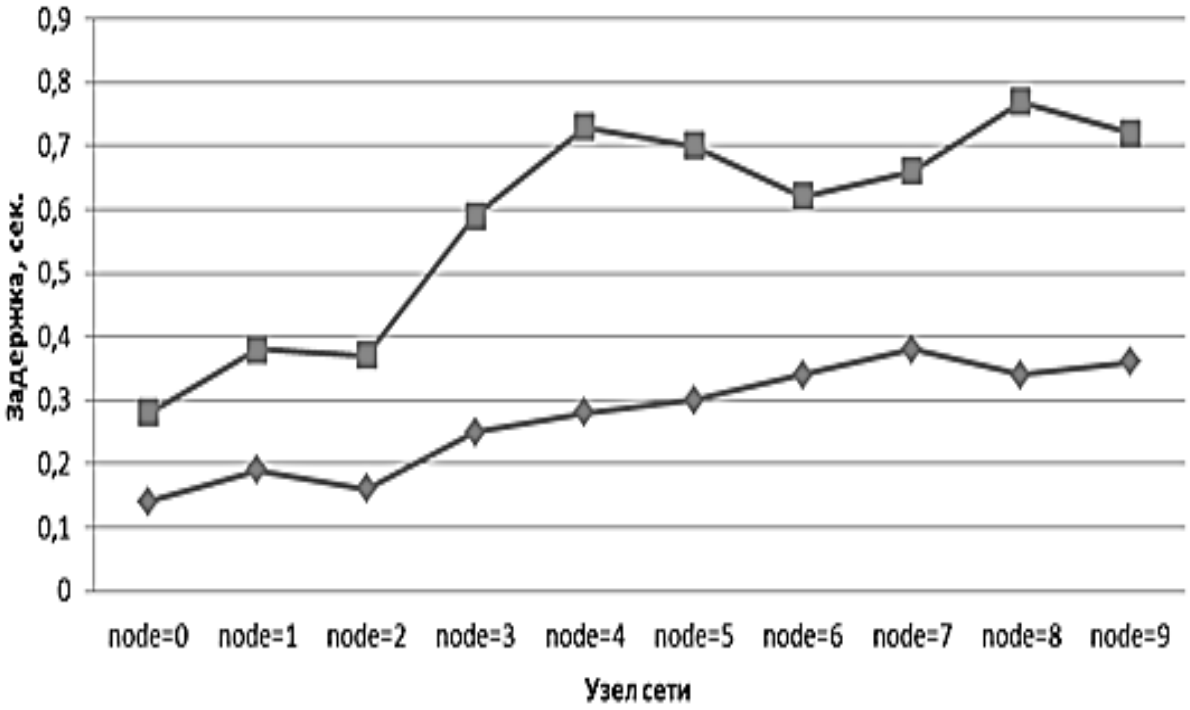



Рис. 6 - Минимальные задержки при использовании стационарных и мобильных датчиков

Верхний график для стационарных датчиков, а нижний - график мобильных датчиков.

Как выяснилось, задержки для мобильных датчиков значительно меньше, однако их показатели менее стабильны, что связано с передвижением их по периметру помещения, соответственно в разные моменты времени, датчики могли находиться очень близко друг к другу и передавать сообщения беспрепятственно, либо находиться на далеком расстоянии и передавать сообщение с большой задержкой.

Исследуем стандартное отклонение в сети. Главными источниками помех, а также отклонений при передаче в нелицензированном диапазоне могут быть устройства, работающие именно в том же диапазоне.

Когда используются радиочастотные устройства таких типов, пропускная способность БСС существенно уменьшается из-за повторных передач, и, конечно же, из-за того, что устройства между собой конкурируют за право доступа к среде.

Следовательно, необходимо внимательно подходить к планированию и реализации сети, а также учитывать другие устройства, которые оказывают взаимные помехи моделируемой сети.

Устройства Wi-Fi тоже работают в диапазоне 2,4 Гц и трафик Wi-Fi с трафиком ZigBee могут оказывать взаимные помехи – это и есть основная проблема с ZigBee [8]. Аналогично при заявленной скорости в 250 кбит/с, реальная скорость будет значительно меньше, несмотря на то, что сеть имеет фиксированную скорость в радиоканале – это есть вторая проблема.

Это происходит при сетевом взаимодействии узлов сети и возникающих задержек на подтверждение пакетов [8, 9]. Также обработка данных на нижних уровнях стека также занимает фиксированное время. Исследуем стандартное отклонение задержек в сети (stddev). Исследуем разброс параметров относительно средней величины [9].

Отметим, что из представленных гистограмм, некоторые узлы не получили никакие данные. Изучим, связано ли это с отклонением работоспособности узлов. В табл. 3 представлены значения стандартного отклонения в узлах БСС.

Таблица 3

Стандартное отклонение в узлах

| Стационарные датчики | | Мобильные датчики | |
|---|---|---|---|
| node=0 | 0,09 | node=0 | 0,24 |
| node=1 | 0,04 | node=1 | 0,09 |
| node=2 | 0,3 | node=2 | 0,39 |
| node=3 | 0,35 | node=3 | 0,57 |
| node=4 | 0,51 | node=4 | 0,9 |
| node=5 | 0,76 | node=5 | 1,01 |
| node=6 | 0,92 | node=6 | 0,91 |
| node=7 | 0,78 | node=7 | 1,08 |
| node=8 | 0,34 | node=8 | 1,31 |
| node=9 | 0,13 | node=9 | 1,01 |

За идеальное значение примем единицу, и становится видно, что для 0, 1 и 9 узлов отклонение составило около 100%. Из-за того, что значение шестого узла ближе всего к единице, следовательно, этот узел получил максимальное количество данных [10]. Изобразим данные графически (рис. 7, рис. 8).

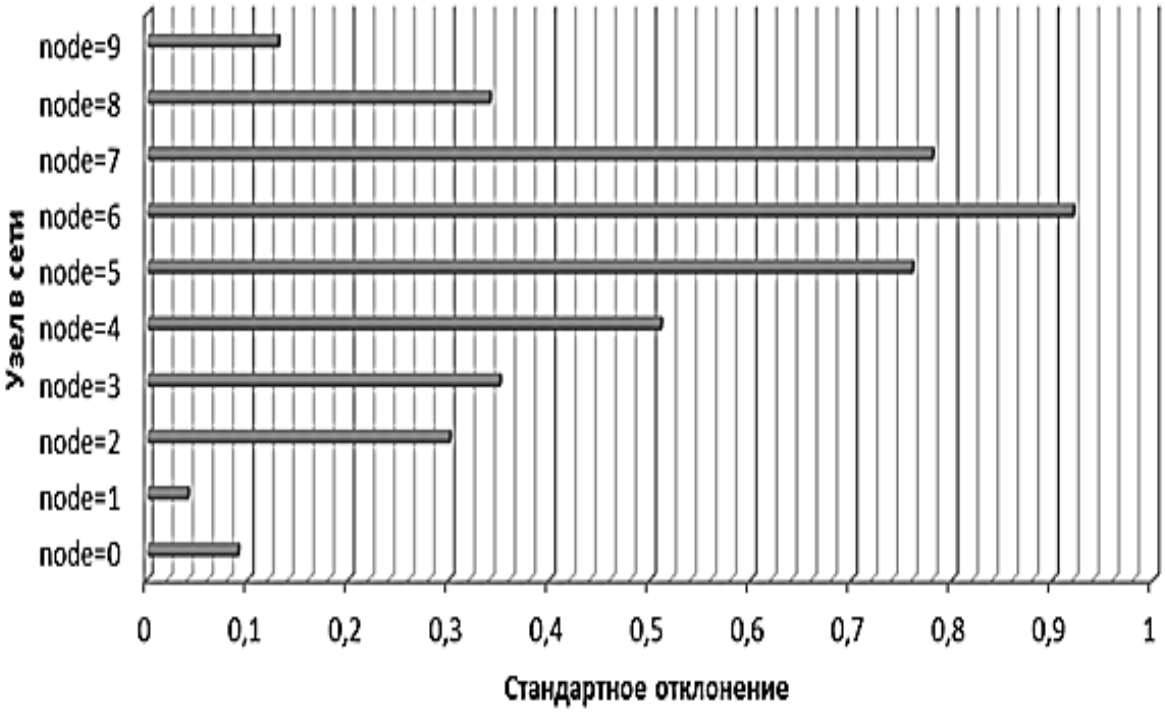



Рис. 7 – Стандартное отклонение при использовании стационарных датчиков

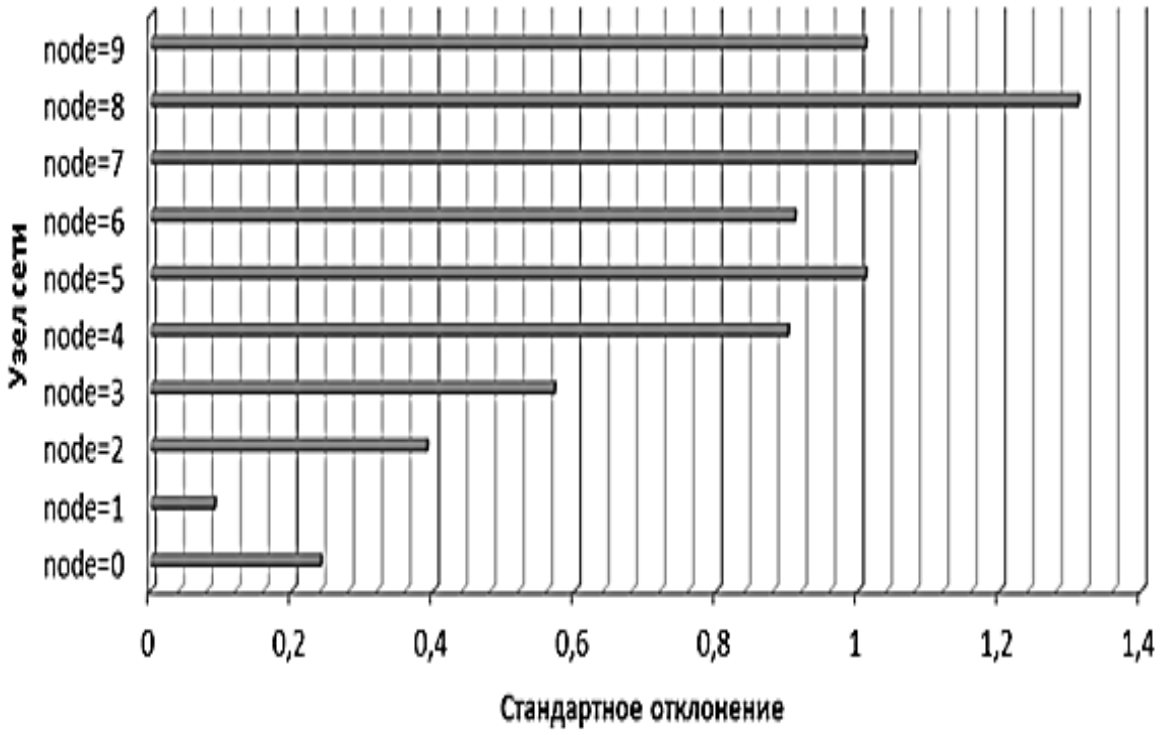



Рис. 8 - Стандартное отклонение при использовании мобильных датчиков

После того, как получим результаты, отметим, что стабильность мобильных датчиков менее устойчива, чем стационарных. Примем за среднее значение число, которое равно 0,5 [11]. При проведении имитационного моделирования мобильной сети узел 1 практически не получил никаких данных, что было подтверждено анализом графика стандартного отклонения (рис. 9).

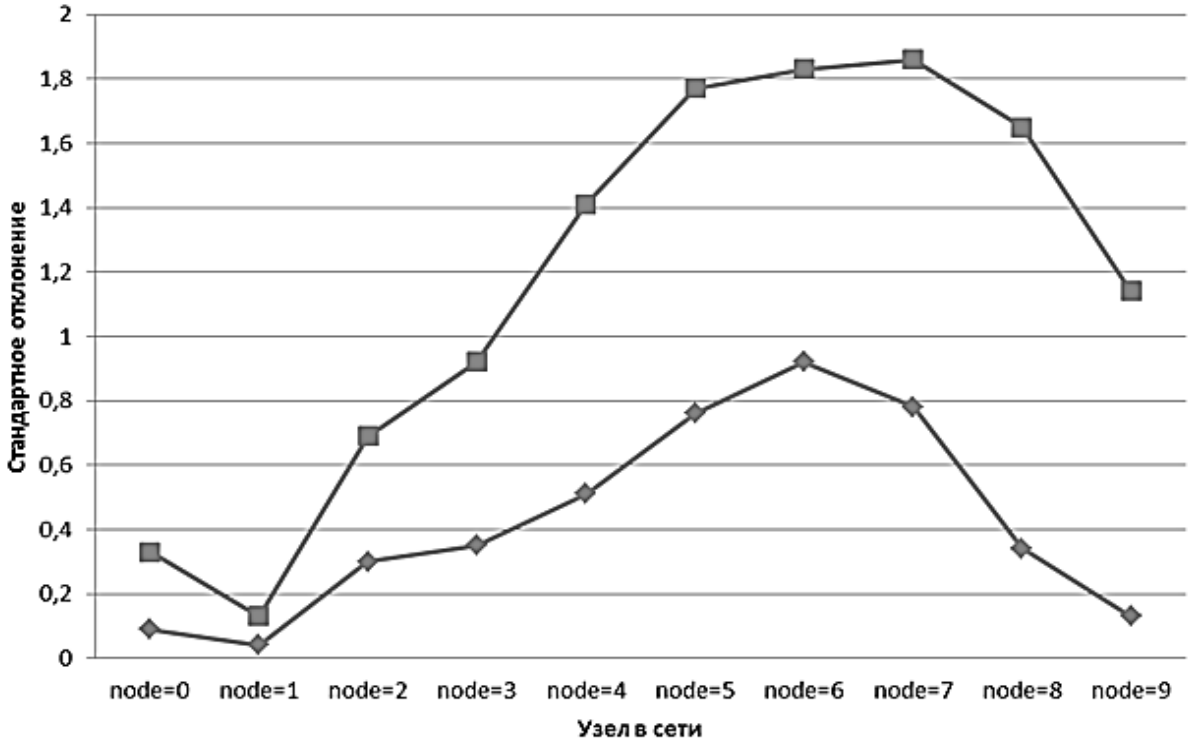



Рис. 9 - Стандартное отклонение стационарных и мобильных датчиков

Верхний - это график стационарных датчиков, а нижний – мобильных.

Далее можем провести исследование передачи пакетов по сети. Покажем существующие форматы передаваемых пакетов в сетях ZigBee [12]:

- пакет подтверждения (нужен для подтверждения успешной передачи данных);
- пакет данных (необходим непосредственно для передачи данных);
- пакет MAC команды (нужен для организации пересылок MAC команд);
- сигнальный пакет (который и есть координатор для организации синхронизированного доступа).

Чтобы вести контроль за последовательностью передачи пакетов используется нумерация, контрольная сумма последовательности кадра обеспечивает безошибочную передачу. Один из пакетов, а именно, пакет подтверждения - обеспечивает обратную связь от получателя к отправителю об успешной безошибочной передаче пакета данных. Следующий пакет – это пакет MAC команды, который будет нужен для удаленного управления и конфигурирования сетевых устройств. Именно он разрешает координатору сети настраивать все сетевые подчиненные устройства вне зависимости от размеров сети. В табл. 4 приведены значения количества полученных пактов.

Таблица 4

Количество полученных пакетов

| Стационарные датчики | | Мобильные датчики | |
|---|---|---|---|
| node=0 | 22 | node=0 | 9 |
| node=1 | 18 | node=1 | 3 |
| node=2 | 10 | node=2 | 1 |
| node=3 | 8 | node=3 | 2 |
| node=4 | 11 | node=4 | 3 |
| node=5 | 11 | node=5 | 3 |
| node=6 | 12 | node=6 | 1 |
| node=7 | 15 | node=7 | 1 |
| node=8 | 19 | node=8 | 5 |
| node=9 | 25 | node=9 | 7 |

На рис. 10 и рис. 11 изображены графики зависимости количества полученных пакетов мобильными и стационарными датчиками.

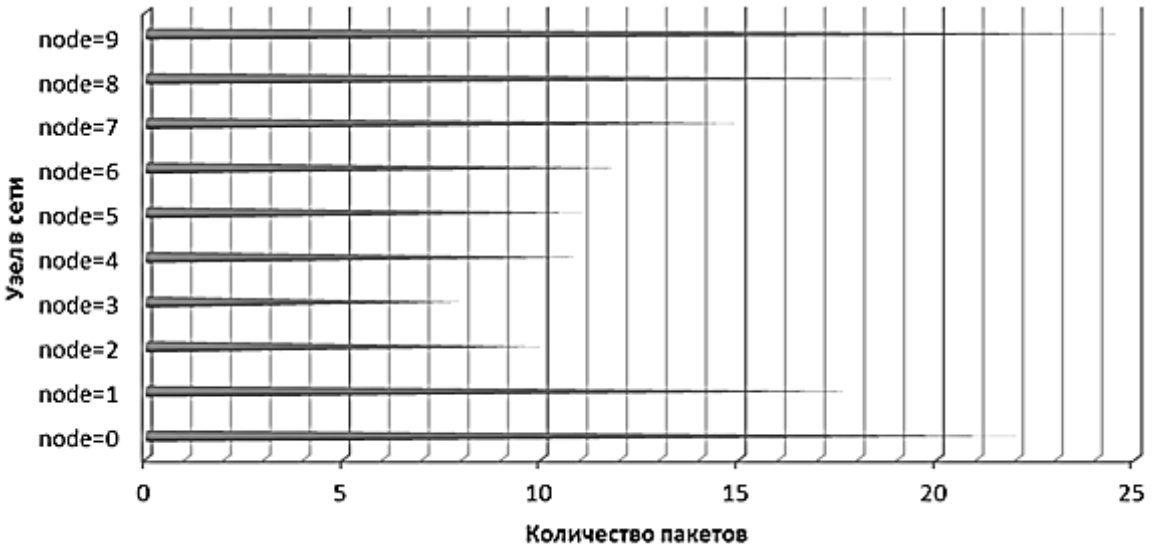



Рис. 10 - Количество полученных пакетов стационарными датчиками

Рис. 11 - Количество полученных пакетов мобильными датчиками

Проанализируем полученные данные. Покажем, что в среднем каждый узел получил при использовании стационарных датчиков 15 пакетов за период (а что касается мобильных датчиков, то это 5). Следовательно, можем отметить, что в идеальных условиях коммуникационной среды не все пакеты были получены, а значит, можем говорить о надежности связи между узлами только с определенной долей вероятности. Покажем, что некоторые узлы практически не получили данных, что будет связано с различными факторами [13]:

– уменьшение рабочего диапазона БСС между устройствами;
– снижение пропускной способности данных;
– временные прерывания или полный разрыв соединения, некорректная работа датчика.

Для сравнения соединим их в один график (рис. 12).

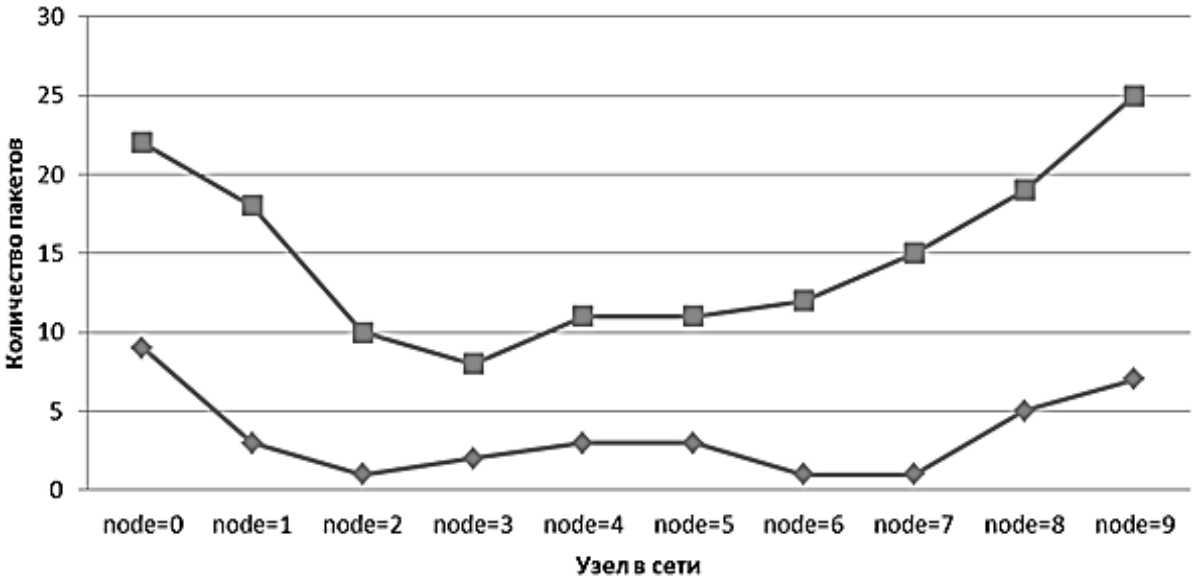



Рис. 12 - Получение пакетов при использовании стационарных и мобильных датчиков

Верхний - это график стационарных датчиков, а нижний – мобильных.

Используя полученные с помощью имитационного моделирования экспериментально данные, можно отметить, что для реального канала связи диапазон приема должен быть разделен на три области:

– первая – это область надежного приема;
– вторая – это переходная область;
– третья – это область отсутствия связи.

Переходная область должна иметь относительно большую протяженность и отличаться значительной вариацией, а также асимметрией качества связи.

Помехи, которые возникают при одновременной работе беспроводных устройств, находящихся в непосредственной близости друг от друга, могут привести к значительному ухудшению характеристик устройств.

Причинами основных проблем, существующих у нескольких тесно расположенных беспроводных сетей, являются большое число пользователей, которые пытаются одновременно использовать один канал и радиочастотные помехи от соседних беспроводных сетей. Первая проблема является результатом ограничения ёмкости сети, или недостаточной суммарной пропускной способности.

Другими словами, в этом случае множество систем пытаются одновременно использовать один канал (то есть частотный диапазон) в одном месте [14].

Необходимо выявить соотношение переданных кадров, чтобы сделать вывод о работоспособности сети в целом.

В табл. 5 и табл. 6 приведены данные передачи кадров при использовании мобильных и стационарных датчиков.

Таблица 5

Передача кадров при использовании мобильных датчиков

| Кадры без помех | | Кадры с помехами | |
|---|---|---|---|
| node=0 | - | node=0 | - |
| node=1 | 31 | node=1 | 1 |
| node=2 | - | node=2 | 1 |
| node=3 | - | node=3 | - |
| node=4 | 13 | node=4 | 3 |
| node=5 | 24 | node=5 | - |
| node=6 | - | node=6 | - |
| node=7 | 16 | node=7 | - |
| node=8 | - | node=8 | 5 |
| node=9 | 11 | node=9 | - |

Таблица 6

Передача кадров при использовании стационарных датчиков

| Кадры без помех | | Кадры с помехами | |
|---|---|---|---|
| node=0 | 77 | node=0 | - |
| node=1 | 34 | node=1 | 1 |
| node=2 | - | node=2 | - |
| node=3 | - | node=3 | 1 |
| node=4 | 56 | node=4 | 1 |
| node=5 | 12 | node=5 | - |
| node=6 | 78 | node=6 | - |
| node=7 | 67 | node=7 | - |
| node=8 | 55 | node=8 | - |
| node=9 | 43 | node=9 | - |

Так как соотношение ошибочных кадров к кадрам без ошибок велико, можно сказать, что сеть функционирует нормально. В мобильных датчиках больше кадров с помехами, что связано с их постоянным перемещением по периметру, соответственно узлы не всегда находятся в прямой видимости, появляются препятствия на пути распространения. Также прохождение сигнала зависит от угла попадания на поверхность объекта. На рис. 13 и рис. 14 изображены графики зависимости передачи кадров при использовании стационарных и мобильных датчиков.

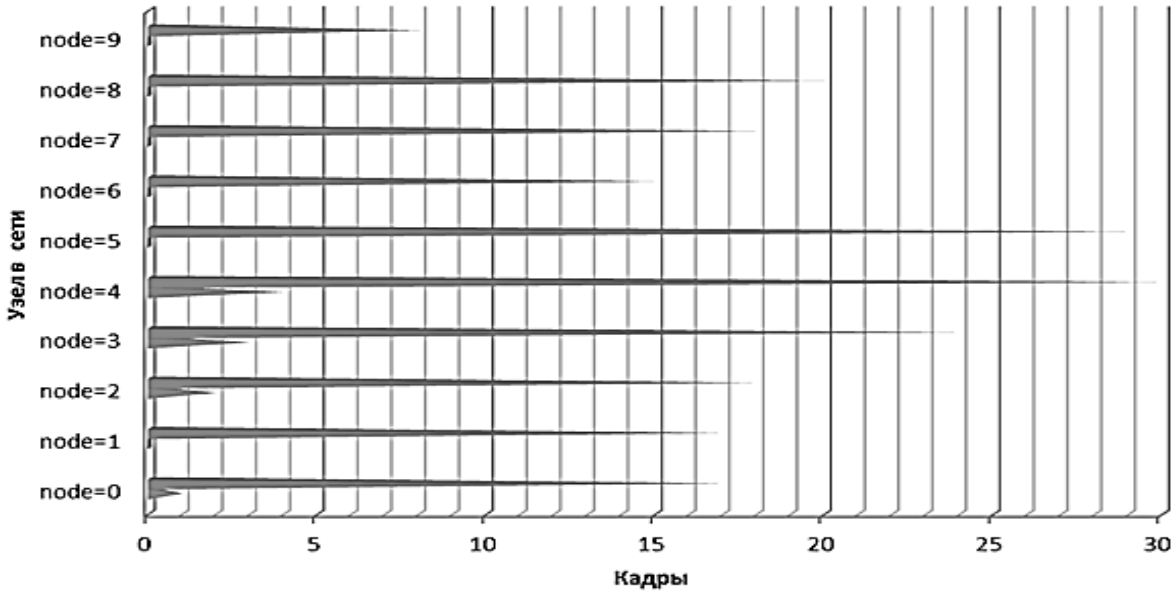



Рис. 13 – Передача кадров при использовании мобильных датчиков

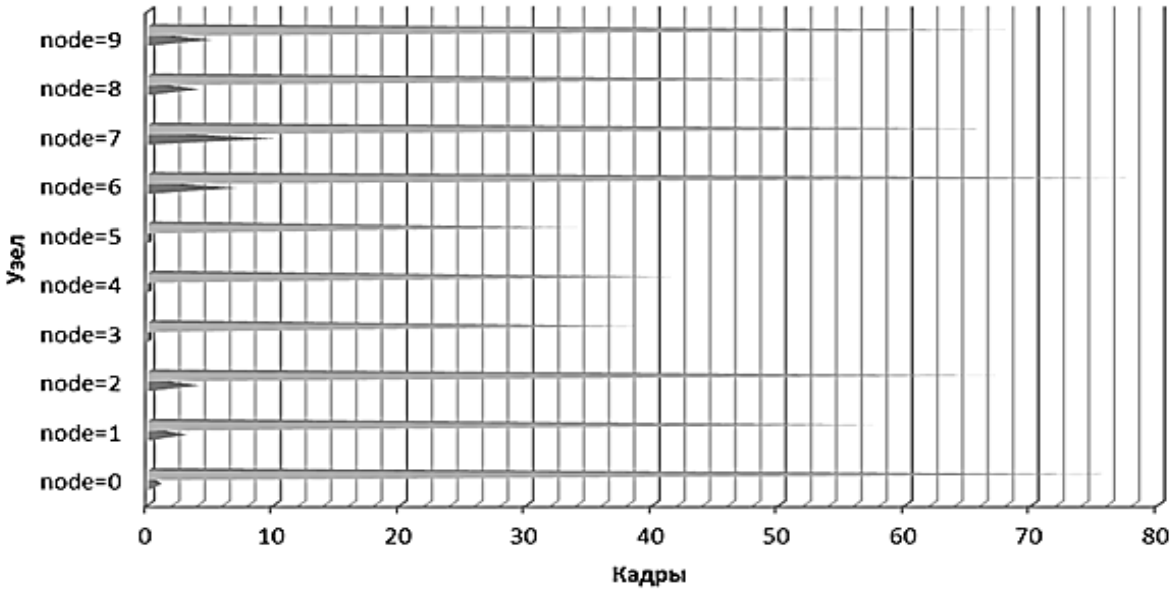



Рис. 14 – Передача кадров при использовании стационарных датчиков

Самым первым требованием к БСС является их автономность, для выполнения которого нужно уменьшить энергопотребление каждого узла. Для решения этой проблемы пользуются следующими методами [15]:

– определение и оптимизация времени включения передачи;
– предварительная обработка и уменьшение объема данных, которые нужны для передачи;
– многозвенная передача, а именно: отправка сообщений через промежуточные узлы вместо прямой передачи.

Устройства, которые не имеют внутренних источников питания, будут получать энергию прямо из окружающей среды. Многие такие устройства снабжены солнечными батареями, другие преобразуют в электроэнергию механические колебания. С беспроводными устройствами ZigBee наиболее перспективным представляется

использование энергии радиоволн. Но для разных типов узлов БСС, имеющих или не имеющих источник питания, актуально повышение его энергоэффективности. Для решения поставленной задачи нужно провести ряд исследований по анализу энергопотребления узла и маршрутизатора БСС. Также можно провести оптимизацию работы приемо-передатчика и предварительную обработку данных на узле сети. Работа одного энергоцикла для узла сети показана на рис. 15.

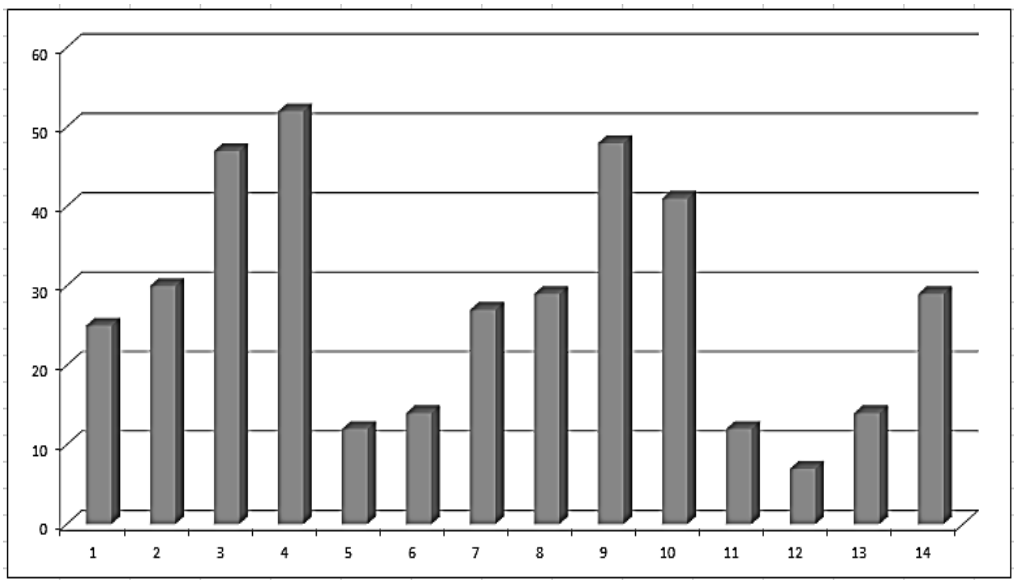



Рис. 15 - Энергопотребление узла в программе OMNeT++

Видим, что главная часть энергии тратится на прием, прослушивание и передачу данных, но только не на обработку или сохранение данных.

Исследуем различные подходы по снижению энергопотребления [16]:

1) главным моментом энергоэффективных сетевых операций будет возможность поместить больше узлов в спящий режим, непосредственно для увеличения продолжительности их работы от батареи. Когда сенсорный узел находится в активном состоянии, он может перейти в режим сна (ожидания), позволяющий ему снизить потребление энергии. Сенсорный узел переходит в данный режим между сеансами приема/передачи данных. Все режимы состоят из циклов, а каждый цикл будет состоять из периодов сна и периодов прослушивания. Максимальные затраты энергии будут на передаче и приеме данных. А именно, одним из вариантов снижения энергопотребления будет переход датчика из активного режима в режим сна, когда потребление энергии будет минимально.

2) в сенсорных сетях с применением технологии ZigBee возможно сжатие информации перед ее отправкой. При этом уменьшается время передачи данных, само устройство уменьшает время своего пребывания в эфире и, естественно, расходует меньшее количества энергии на передачу пакета данных. Для непосредственного сжатия необходимы кодеки. Использование кодеков позволяет уменьшить потребление энергии за счет сжатия передаваемой информации. Минимизация объема транслируемых данных приведет к уменьшению энергопотребления.

3) количество затраченной энергии аналогично будет зависеть от выбранной сетевой топологии. Энергия тратится больше в ячейковой топологии за счет того, что

каждый узел сети выходит на связь чаще, и следовательно, в рабочем состоянии оно находится больше.

Самые малые затраты энергии происходят при использовании топологий «звезда» или «кластерное дерево», потому что в этих топологиях координаторы непосредственно подключены к стационарной сети.

В данном разделе исследованы разные характеристики БСС:

- передача пакетов;
- задержки;
- энергопотребление узлов;
- отклонения в сети;
- помехи при передаче.

Самые стабильные характеристики были у стационарных датчиков, что на самом деле соответствует поведению таких же датчиков в реальной сети. Самое большое количество пакетов было получено именно стационарными датчиками. Стационарным узлом за исследуемый при моделировании период было получено 15 пакетов, в то время как мобильный датчик получил только 8. При проведении исследований задержек было показано, что задержки в мобильных датчиках существенно меньше, однако их показатели менее стабильны. В настоящей работе было проведено исследование энергопотребления узлов сети. Именно энергопотребление является ключевым параметром качества функционирования БСС, поэтому вопрос о его расчете при создании подобных систем возникает первым. В данном разделе магистерской диссертации проведен подробный анализ энергопотребления узлов беспроводных сенсорных сетей, а также предложена методика расчета энергопотребления оконечных узлов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Парамонов, А. И. Разработка и исследование комплекса моделей трафика для сетей связи общего пользования [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.12.13 / Парамонов Александр Иванович. – СПб., 2014. – 32 с.
2. Парамонов, А. И. Сети связи с малыми задержками [Текст] / А. Е. Кучерявый, А. И. Парамонов, Я. М. Аль-Наггар // Электросвязь. – 2013. – № 12. – С. 15–19.
3. Парамонов, А. И. Характеристики жизненного цикла мобильной сенсорной сети при различных потоках ложных событий [Текст] / А. Е. Кучерявый, И. А. Богданов, А. И. Парамонов // Электросвязь. – 2013. – № 1. – С. 32–33.
4. Прокопьев, А. В. Разработка и исследование моделей нагрузки в беспроводных сенсорных сетях [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.12.13 / Прокопьев Андрей Владимирович. – СПб., 2012. – 17 с.
5. Росляков, А. В. Будущие сети (Future networks) [Текст] / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин. – Самара: ПГУТИ, 2015. – 274 с.
6. Интернет Вещей: монография [Текст] / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин, А. Ю. Гребешков, М. Ю. Самсонов; под ред. А. В. Рослякова. – Самара : ПГУТИ, ООО «Издательство Ас Гард», 2014. – 342 с.
7. Салим, А. Разработка алгоритмов выбора головного узла в кластерных беспроводных сетях [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.12.13 / Ахмед Абд Эльфтах Ахмед Салим. – СПб., 2010. – 25 с.

8. Семенов, Ю. В. Умные всепроникающие сети [Текст] / Ю. В. Семенов, А. Е. Кучерявый, В. О. Пяттаев // 14 Всероссийский Форум «Развитие телекоммуникаций в России», Сочи, 26–27 апреля 2011 г. : мат. форума. – М. : ЗАО «Экспо – Телеком», 2011. – С. 44–47.
9. Окунева, Д. В. Анализ развития современных услуг связи и их влияние на перераспределение трафика [Текст] / Д. В. Окунева, А. И. Парамонов, Н. С. Сенькина // Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2016): сб. тр. конф. – М., 2016. – С. 149–155.
10. Кучерявый, А. Е. Самоорганизующиеся сети и новые услуги [Текст] / А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2009. – № 1. – С. 19–23.
11. Кучерявый, А. Е. Сенсорные сети как перспективное направление развития телекоммуникаций [Текст] / А. Е. Кучерявый // 59-я Научно-техническая конференция профессорского профессорско-преподавательского состава СПбГУТ им. Бонч-Бруевича: материалы. – СПб., 2007. – С. 5–7.
12. Кучерявый, А. Е. Триллионные сети [Текст] / А. Е. Кучерявый // Телекоммуникации : спецвыпуск. – 2013. – С. 19 – 22.
13. Хуснуллин, В.И. Беспроводные сенсорные сети [Текст] / В.И. Хуснуллин, Е.В. Глушак // Тез. докл. на XVII Международной научно-технической конференции «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций», Самара, 2016. – С. 376 – 377.
14. Хуснуллин В.И. Выбор программы моделирования для беспроводных сенсорных сетей [Текст] / В.И. Хуснуллин, Е.В. Глушак // Тез. докл. на XXIV Российской научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, ПГУТИ, Самара, 2017. – С. 69.
15. Хуснуллин, В.И. Исследование передачи пакетов в беспроводной сенсорной сети [Текст] / В.И. Хуснуллин, Е.В. Глушак // Тез. докл. на НТК Росинфоком-2017 «Актуальные вопросы телекоммуникаций», Самара, 2017. – С. 181 – 182.
16. Хуснуллин, В.И. Исследование энергопотребления узлов беспроводной сенсорной сети [Текст] / В.И. Хуснуллин, Е.В. Глушак // Тез. нокл. На Международной научно-технической конференции «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций», Т. 2, Самара, 2018. – С. 10 – 13.

**Е.В. Юрченко, И.И. Салифов**

## СИНХРОНИЗАЦИЯ В МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ

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

Ключевые слова: синхронизация в мобильных сетях, частотная синхронизация, синхронный Ethernet, протокол точного времени (PTP)

В статье рассмотрены проблемы и актуальные тенденции поддержания частотно-временной синхронизации в мобильных сетях, представлены задачи, определены основные тенденции синхронизации сетей передачи данных. В качестве альтернативных методов передачи были рассмотрены некоторые альтернативы для синхронизации.

**E.V. Yurchenko, I.I. Salifov**

## SYNCHRONIZATION IN MOBILE NETWORKS

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

Keywords: synchronization in mobile networks, frequency synchronization, synchronous Ethernet, protocol of exact time (PTP)

The article discusses the problems and current trends in maintaining time-frequency synchronization in mobile networks, presents tasks, identifies the main trends in the synchronization of data transmission networks. As alternative methods of transmission, some alternatives for synchronization are considered.

**Введение**

На протяжении многих лет требования к частотной синхронизации для стандартов GSM, 3G и сетях UMTS были удовлетворены посредствам технологии TDM сигналов, таких как T1 или E1. Эторешение было верным, потому что инфраструктура для поддержки мобильного транзитного канала была построена на SONET/SDH, тем самым сигнал синхронизации можетбыть извлечен на физическом уровне или переноситься через отдельную сеть. В любом случае, как транспортировка, так и синхронизация были основаны на технологиях TDM [7].

В зависимости от актуальных технологий передачи и коммутации, изменяются содержание основополагающих задач синхронизации и способы их решения. В последние годы задачи доставки сигналов синхронизации к элементам сети полностью возлагаются на транспортные технологии с пакетной передачей (Ethernet, IP/MPLS). При этом качественные показатели сигналов синхронизации должны быть не хуже, чем в сетях СЦИ, то есть удовлетворять жестким требованиям традиционных пользователей сетей тактовой синхронизации, но уже в новых условиях передачи – в сетях с асинхронным, пакетной передачей, прерывистым трафиком и значительным разбросом времени доставки сообщений [1].

Современные телекоммуникационные технологии, помимо традиционной передачи тактовой частоты для согласования работы цифровых устройств на уровне тактовых интервалов требуют также временной или фазовой синхронизации, то есть передачи меток точного времени. Поэтому сейчас используют обобщающий термин "частотно-временное обеспечение" (ЧВО), под которым понимают комплекс средств и методов, направленных на решение задач формирования и переноса по сети:

– точной частоты сигналов тактовой синхронизации (*f*);
– фазовой синхронизации (φ) и
– сообщений точного времени (T) [1].

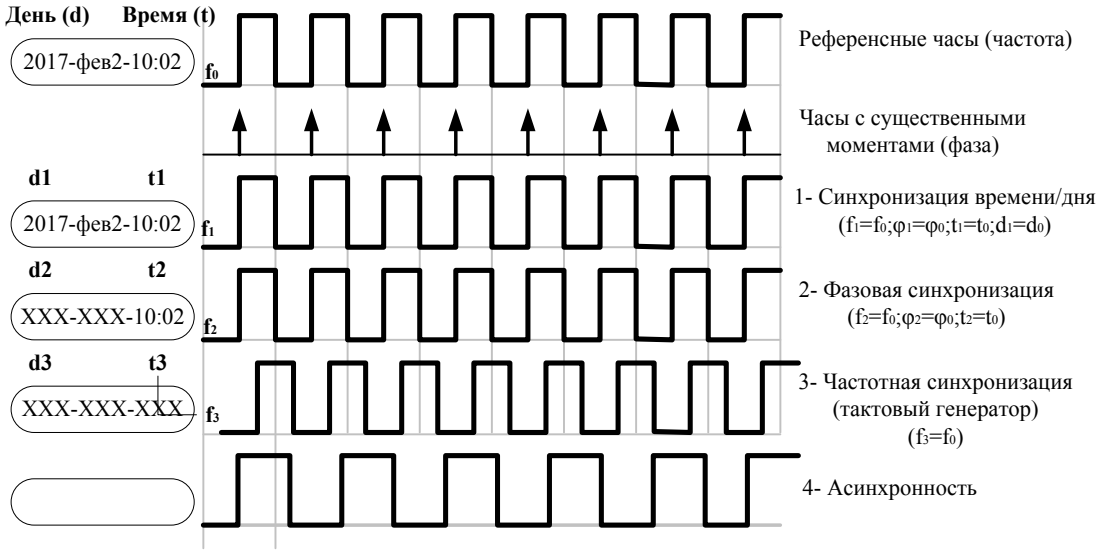



Рисунок 1 - Синхронизация частоты и фазовой ошибки сигнала относительно тактового генератора.

**Зачем нужна синхронизация?**

Синхронизация обеспечивает множество услуг, включая помощь навигации, локацию и экстренные вызовы. Кроме того, синхронизация – это фундаментальное значение для каждой сотовой технологии, в противном случае они бы не смогли работать. Базовые станции должныпостоянно рассчитывать расстояние до каждого мобильного устройства всвоей и соседних ячейках. Базовые станции и мобильные телефоны должны генерировать точноверх/вниз по частоте и доступ к услугам по передачевременных меток. Есть много причин, чтобы сохранить хорошую синхронизацию[7]:

– для расчета расстояния до мобильных устройств,
– для поддержки географической локализации,
– для управления мощностью передачи,
– чтобы избежать помех между ячейками и базовыми станциями,
– для управления перехода из одной зоны в другую,
– для получения точного доступа к временным интервалам,
– для компенсации задержки распространения,
– для эффективного повторного использования частот,
– для планирования небольших и микро ячеек,
– для расчета оплаты.

Из чего можно сделать вывод, что синхронизация является фундаментальной частью для любой базовой мобильной службы, поэтому от неё просто невозможно избавиться.

**Альтернативы для синхронизации**

После миграции мобильных систем на Ethernet/IP/MPLS появились альтернативы для синхронизации:

– Первая альтернатива заключается в поддержании сигнала TDM,однако, это дорогостоящий вариант.
– Вторая альтернатива GPS или ГЛОНАСС, которые могут обеспечить абсолютную привязку по времени. Так же как и первый вариант является дорогостоящим.
– Третьей альтернативой является протокол NTP, однако он нужен лишь для бытовых нужд, обеспечивая передачу меток времени к серверам и от серверов к клиентам по сети IP, но его точность крайне низка и не удовлетворяет современным требованиям.
– Четвертой альтернативой является SyncE, где взят принцип и идеология построения сети передачи сигнала на физическом уровне из технологии SDH.
– Пятой альтернативой является протокол PTP который обеспечивает синхронизацию базовых станций с пакетной передачей.

Последние две альтернативы, наиболее, интересны для новых мобильных сетей, и являются экономичным решением.

Многие заменяют линии TDM на синхронные Ethernet и пакетные часы с использованием IEEE1588v2. Синхронный Ethernet – это реконструкция/замена элементов сети передачи данных Ethernet. IEEE1588v2 является дополнением к сети передачи данных Ethernet и предоставляет услугу синхронизации мобильному телефону.

**Частотная синхронизация с TDM**

Существует несколько сигналов TDM, которые подходят для использования в качестве источника таймингов:
– Аналоговый: 1,544 и 2,048 кГц;
– Цифровой: 1,544 Кбит/с (T1) и 2,048 (E1) Кбит/с;
– Коды линий STM-n/OC-m: из которых один из вышеупомянутых сигналов может быть получен с помощью специализированной схемы.

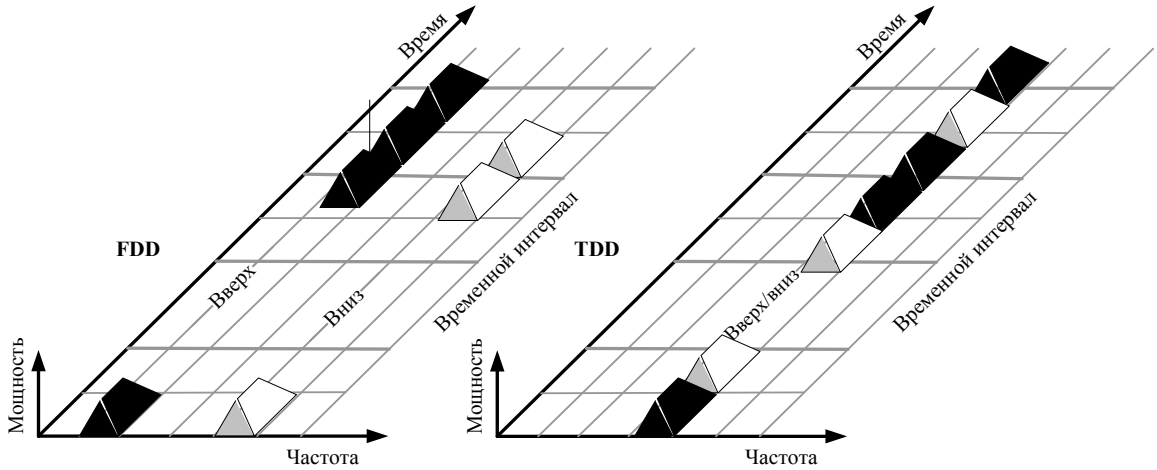



Рисунок 2 - В дуплексах FDD восходящий и нисходящий каналы используют отдельные частоты, в TDD выше и ниже по потоку используют одну и ту же частоту. FDD требует только частотной синхронизации (генератор), в то время как TDD более эффективна в использовании доступной полосы пропускания, но требуется и синхронизация фазы [7].

Использование сигналов STM-n/OC-m имеет преимущество с помощью S1 байта, что позволяет включение информации о синхронизации в статус сообщения (SSM) для времени, с которого был сгенерирован сигнал. Эти сообщения необходимы для автоматического восстановления сети синхронизации в случае отказа. Они позволяют выбирать время наилучшей отправки и если ни один промежуток времени не обладает достаточной производительностью, сигнал входит в состояние удержания [7].

**Синхронизация GPS или ГЛОНАСС**

Обеспечение потребителей в глобальном масштабе шкалой времени осуществляется с помощью спутниковых средств. Использование системы ГЛОНАСС позволило использовать ее сигналы для глобального сличения шкалы времени с погрешностями 20-200 нс, $(3\text{-}10)*e^{-12}$ в реальном времени и $2^{-10}$ нс, $(2\text{-}10)*e^{-14}$ в режиме последующей обработки данных общего наблюдения спутников, но для этого необходимо одновременно 3-4 станции.

ГЛОНАСС/GPS доступен в течение уже многих лет и часто мы слышали «Почему не используют GPS на каждой базовой станции?», к сожалению, это уязвимое решение для помех от других радиоустройств. Использование ГЛОНАСС для синхронизации требует обязательной установки антенны и приемника на каждую базовую станцию требующие регулярного обслуживания, что является достаточно дорого. Более того, GPS-ячейки становятся все меньше и доступ к антеннам не всегда возможен, потому, что они развернуты в закрытых помещениях, на стадионах или в торговых центрах, где спутниковые сигналы не могут быть практичными и так же очень дороги. Даже операторы CDMA которые традиционно полагающиеся на GPS, не считают его более приемлемым решением по оперативным и политическим причинам, как если бы они развернули протокол, что всегда дешевле и проще в обслуживании, чем на каждую БС ставить дорогостоящее оборудование требующее регулярного обслуживания.

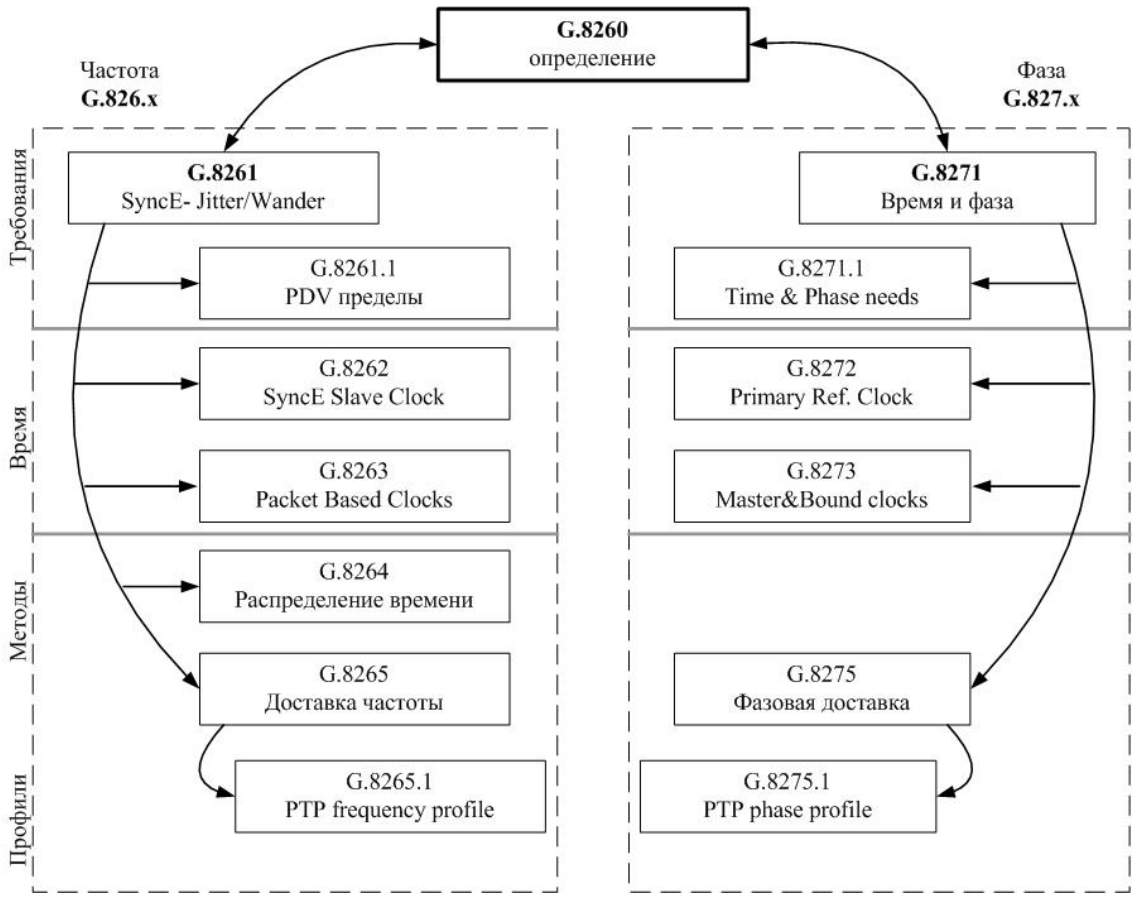


Рисунок 3 - Распределение времени через пакетные сети [7]

**Синхронный Ethernet**

Синхронный Ethernet (SyncE) - это стандарт ITU-T, который облегчает перенос тактовых сигналов через физический уровень Ethernet. Сигнал должен быть отслеживаемым к уникальным внешним часам для всей сети. Существует ряд рекомендаций МСЭ-Т по этому стандарту (рисунок 3). Краткая характеристика Рекомендаций серий G.826x и G.827x:

- G.8260 (02/2012) В G.8260 даны математические определения новых метрик, предлагаемых для оценки качества синхронизации в пакетных сетях:
- PDV (PacketDelayVariation) — вариация задержки пакетов;
- Различные модификации параметра TDEV и т.д.
- G.8261/Y.1361 (02/2012) Рекомендация описывает общие принципы и подходы к частотной синхронизации пакетных сетей:
- методы восстановления тактовой частоты;
- обзор технологий;
- влияние пакетной сети на качество передаваемого сигнала синхронизации;
- сетевые нормы на фазовые дрожания (джиттер и вандер) на физических стыках пограничного оборудования (перенос традиционных норм сетей ПЦИ и СЦИ в несколько смягченном варианте);
- сетевые модели и сценарии взаимодействия и др.
- G.8262/Y.1362 (07/2010) Рекомендация определяет параметры встроенного генераторного оборудования синхронного Ethernet (SEC), которые полностью

совпадают с соответствующими нормами G.813для генераторного оборудования СЦИ (SEC).

- G.8263/Y.1363 (02/2012) Рекомендация определяет параметры ведомого генераторного оборудования PEC_S_F(Packet_basedEquipmentClock — Slave —Frequency) при частотной синхронизации пакетными методами (т.е. с использованием двухстороннего сетевого протокола передачи времени — обычно PTP).
- G.8264/Y.1364 (10/2008) Рекомендация определяет общиеархитектурные аспекты распределения сигналов синхронизации в пакетной сети для случаячастотной синхронизации с помощью синхронного Ethernet (SyncE) или пакетных методов(PTP). G.8264 устанавливает требования к реализации алгоритма обмена сообщениями остатусе сигналов синхронизации — SSM(SynchronizationStatusMessage) в оборудовании SyncE.
- G.8265/Y.1365 (10/2010) Архитектура и требования к распределению частоты впакетных сетях (Architectureandrequirementsforpacket_basedfrequencydelivery)
- G.8265.1/Y.1365.1 (10/2010) Рекомендация содержит требования к настройке протокола PTP ("профилю") для обеспечениячастотной синхронизации в пакетных телекоммуникационных сетях. К настоящему временитакой профиль определен только для одноадресного режима (в дальнейшем возможно расширение на другие варианты).
- G.8271/Y.1366 (02/2012) Рекомендация описывает общие принципы и подходы к временной и фазовой синхронизации пакетных сетей:
- методы согласования шкал времени;
- обзор технологий;
- источники шумов в цепочке распределения сигнала времени;
- параметры интерфейса передачи"секундной метки" _1 pps (pulsepersecond);
- сетевая модель и др.
- G.8271.1/Y.1371.1 (02/2012) Рекомендация определяет сетевые нормы на фазовую ивременную ошибку при временной синхронизации пакетными методами (т.е. с использованием двухстороннего сетевого протокола передачи времени — обычно PTP).
- G.8272/Y.1367 (10/2012) Рекомендация определяет параметры первичных эталонных генераторов времени PRTC (PrimaryReferenceTime
- Clock), предназначенных для временной синхронизации пакетными методами (т.е. с использованием двухстороннего сетевого протоколапередачи времени — обычно PTP).
- G.8273/Y.1368 (08/2013) Рекомендация содержит общую информацию о генераторном оборудовании, используемом для временной синхронизации пакетными методами (т.е. с использованием двухстороннего сетевого протокола передачи времени — обычно PTP) [1].

Во многих отношениях SyncE является эволюцией от синхронизации SDH/SONET и это является причиной того, что он разделяет многие концепции, включая синхронизациюархитектур и топологий. Разница технологий Ethernet от SyncE в том, что они имеют разные внутренние схемы обработки сигнала и в качестве внутреннего генератора EEC (рисунок 4). Недостатком данного способа при таком внедрении будет то, что если в сети остается устройство, не поддерживающее новый стандарт SyncE, то находящиеся устройства после данного узла работать в синхронном режиме уже не будут,

из чего можно сделать вывод о дороговизне данного метода, так как нужно производить реконструкцию всей сети

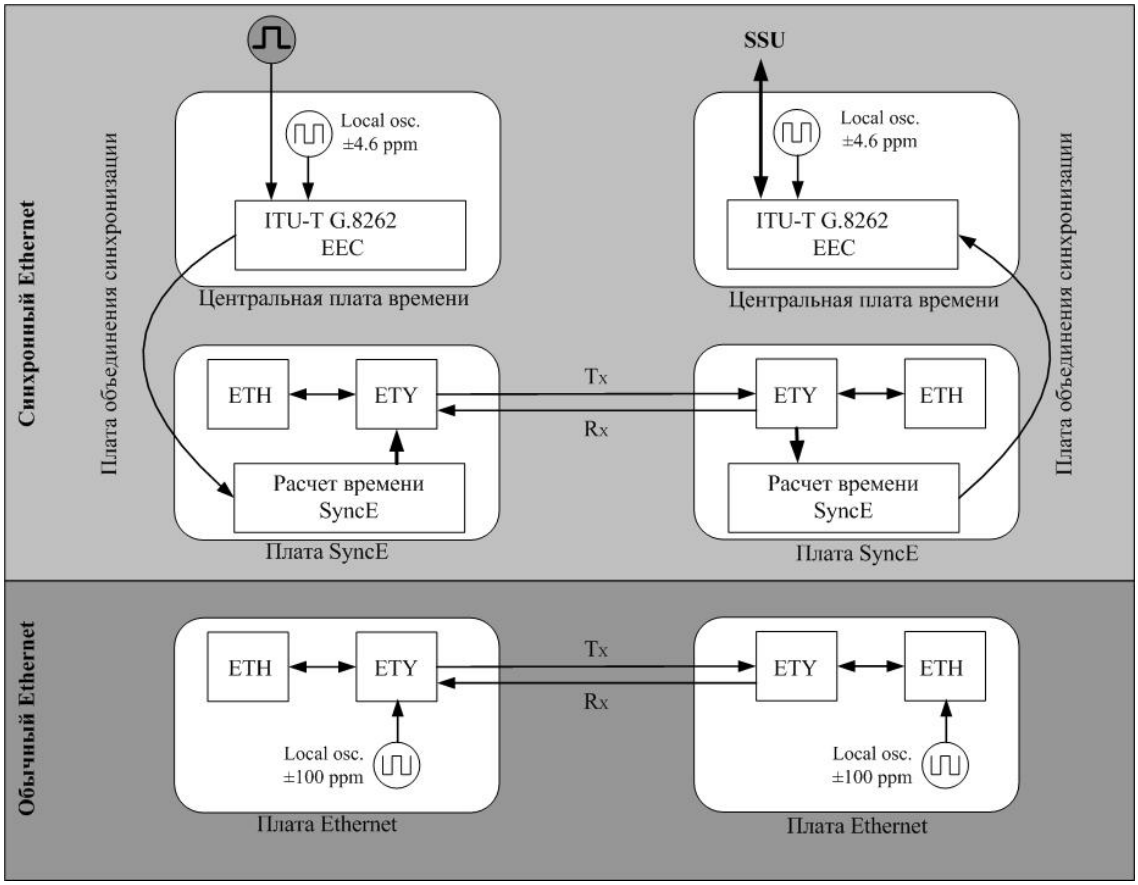



Рисунок 4 - Синхронная архитектура Ethernet в сравнении с обычным Ethernet [7]

**Протокол точного времени (PTP)**

Хотя Sync-E может обеспечить частотную синхронизацию, требуемую сетями 2G и 3G.PTP указывается для тех сетей, для которых требуется фаза, частота, а также синхронизация времени.

PTP - протокол точного времени с двумя путями и с аппаратным добавлением метки времени, чтобы транспортировать синхронизацию в кадрах Ethernet или пакетах IP. По сравнению с SyncE промежуточные узлы не должны быть обновлены, и PTP может доставлять не только частоту, но также время и обеспечивать дневную синхронизацию, которая требуется для мобильной сети TDD (рисунок 1) [6].

Интересно, что ведомые PTP обмениваются короткими сообщениями с централизованными Grand Master Clock через собственные Ethernet-сети. Это очень хорошая новость, т.к. использование собственных сетей – где единственным требованием является передача PTP с высоким приоритетом, дает возможность, чтобы избежать перегрузок, и особенно попытаться контролировать QoS в частности вариации задержки пакетов (рисунок 6) [6].

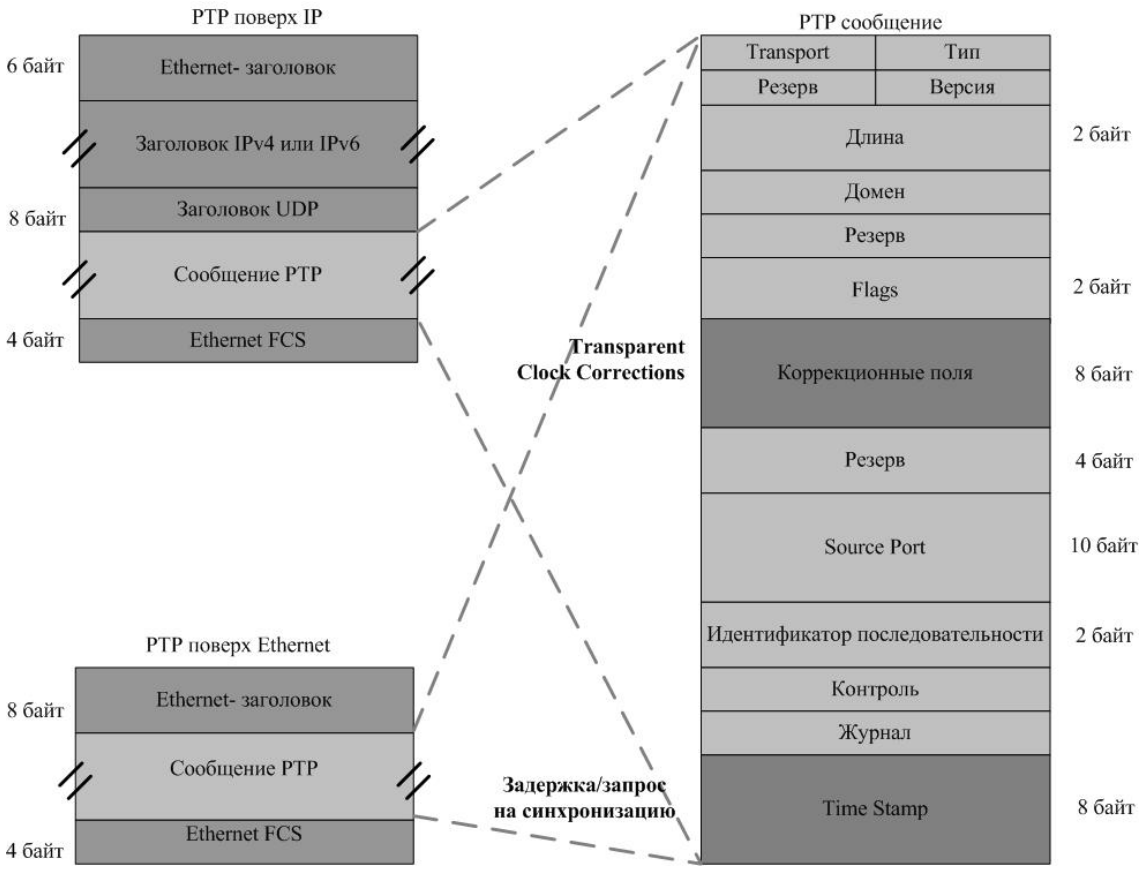



Рисунок 5 -Инкапсуляции IP и Ethernet для сообщений PTP [6]

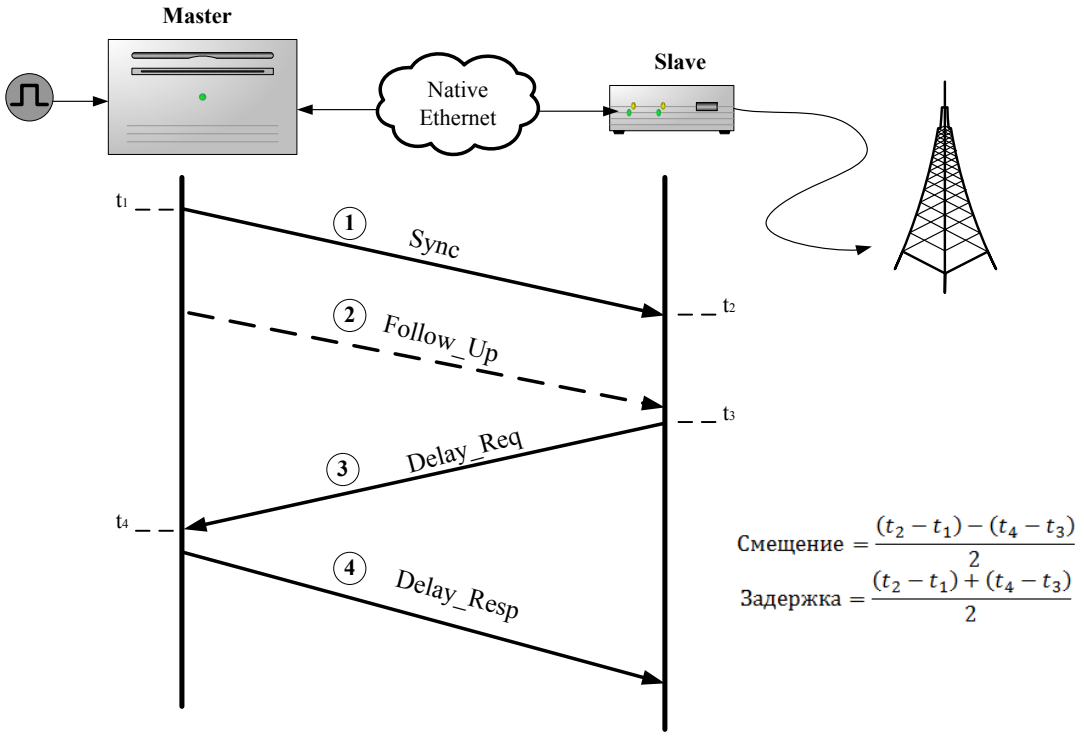



Рисунок 6 - Механизм ответа на запрос задержки, используемый PTP. Основные параметры смещение и задержка: вычисляется по временным меткам t1, t2, t3 и t4 [6]

Более высока точность протокола PTP достигается путем применения нескольких ведущих часов, что повышает надежность функционирования системы синхронизации

времени, а так же ввод нескольких ведущих часов, позволяет производить обслуживание одного из них, не прекращая работы системы. Данный протокол может передавать только метку времени, а для получения на приемнике частотной синхронизации, надо применить технологию восстановления частоты из меток времени. Восстановление частоты производится в оконечном узле Ordinary clock (OC) с помощью механизма адаптивного восстановления частоты Adaptive Clock Recovery (ACR). Данный механизм производит восстановление тактовой частоты после передачи по асинхронной сети. Восстановление происходит за счет значения уровня заполнения буфера, значение интервала между пакетами и моменты поступления пакетов.

**Требования к синхронизации сетей мобильной связи**

Мобильные операторы переходят на более эффективные и высокопроизводительные сети поскольку востребованность с точки зрения пользователей и данных возрастает, но радиочастоты уже в значительной степени распределены, в связи с чем операторы все чаще используют новые методы для выделения большей полосы пропускания из имеющегося спектра (таблица 1).

В зависимости от технологии у операторов связи есть различные требования синхронизации. Некоторые из них, работающие в сетях GSM и 3G, могут сохранить еще TDM-вставки предназначенные исключительно для частотной синхронизации и по возможности убирают дорогостоящее оборудование. Другие фокусируются на LTE, видя потребность в распределении фазовой синхронизации, а также желая избежать необходимости установки GPS-технологий на каждом участке ячеек [6].

**GSM, 3G**

GSM, 3G требует только опорной частоты,это означает, что будет достаточно частотной синхронизации на основе TDM или SyncE (таблица 1).

Таблица 1 - Требования к частоте и фазе беспроводных сетей

| Беспроводная архитектура | Частота | | Фаза | Выбор времени |
|---|---|---|---|---|
| | база | воздух | | |
| GSM, 3G, LTE-FDD | 16 ppb | 50 ppb | Не требуется | TDM, SyncE, PTP |
| CDMA-TDD | 16 ppb | 50 ppb | ±3 µsto ±10 µs | PTP, GPS |
| LTE-TDD | 16 ppb | 50 ppb | ±1.5 µsto ±5 µs (большие ячейки) | PTP, GPS |
| LTE-TDD | 16 ppb | 50 ppb | ±1 µsto ±1.5 µs (малые ячейки) | PTP, GPS |
| Wimax-TDD | 16 ppb | 50 ppb | ±0.5 µsto ±5 µs | PTP, GPS |

**LongTermEvolution (LTE)**

Требования к времени LTE-FDD (FrequencyDivisionDuplex) аналогичны требованиям GSM и 3G. Требуют только частоту. Новые сети LTE очень требовательны в отношении к частоте и фазе, особенно тех архитектур которые рассматривают небольшие ячейки, где повторное использование частоты является ключевым фактором производительности.

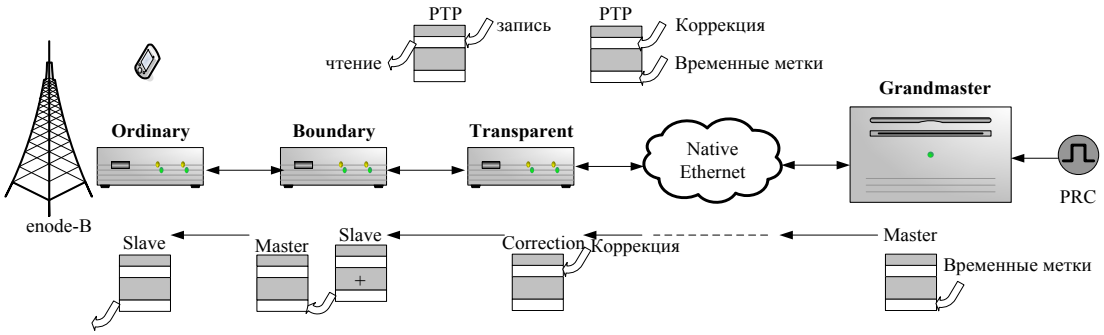



Рисунок 7 - Протокол точности времени IEEE1588 может быть транспортирован через устаревшие сети с коммутацией пакетов при этом обеспечить фазовую синхронизацию [6]

LTE продвигает новые требования к синхронизации не только частотной, но и фазовой синхронизация. Это касается LTE-TDD (дуплексная передача с временным разделением) где восходящая и нисходящая линии совместно используют частоту, чтобы сделать систему более эффективной. Эта схема очень гибкая, но необходимо предусмотреть абсолютное указание времени для гибкого использования доступных временных интервалов [7].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бирюков Н.Л., Триска Н.Р.* Обзор направлений исследований МСЭ в области частотно-временного обеспечения современных сетей связи// Электро-связь, 2014,№2. – с.12-16
2. *Ferrant J., Gilson M., Jobert S., Mayer M., Ouellette M., Montini L., Rodrigues S., Ruffini S.,* Synchronous Ethernet: A Method to Transport Synchronization. - *IEEE Communications Magazine*, September 2008, pp. 126-134.
3. ITU-T Rec. G.8261, Timing and Synchronization Aspects in Packet Networks, February 2008.
4. ITU-T Rec. G.8262, Timing Characteristics of Synchronous Ethernet Equipment Slave Clock (EEC), August 2007.
5. ITU-T Rec. G.8264, Distribution of Timing Through Packet Networks, February 2008.
6. Precision Time Protocol (PTP) explained[Электронныйресурс]. – Режимдоступа: http://www.telecom.albedo.biz/src/lib/WP-PTP.pdf
7. Synchronization & Mobile networks[Электронныйресурс]. – Режимдоступа: http://www.telecom.albedo.biz/src/lib/WP-Mobile-PTP.pdf

**В.И. Юхнов, И.А. Енгибарян, *О.А. Сафарьян, *А.И. Тютюнникова, *Р.Е. Клейменова**

## ВЛИЯНИЕ ФАЗОВЫХ ШУМОВ В СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ И СПОСОБ ИХ УМЕНЬШЕНИЯ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: системы радиосвязи, инфокоммуникационные системы, фазовые шумы, QAM-модуляция, OFDM- модуляция, стабильность и точность формирования сигналов, метод статистической стабилизации частоты.

Рассматриваются вопросы влияния фазовых шумов генераторов несущих колебаний и гетеродиров на характеристики систем радиосвязи. Анализ проводится для систем радиосвязи с аналоговыми и цифровыми способами модуляции. Особое внимание уделено изучению влияния фазовых шумов на системы радиосвязи с QAM- и OFDM-видами модуляции. Определен способ повышения стабильности частоты генераторов несущих колебаний и гетеродинов в системах радиосвязи на основе совместной обработки сигналов, формируемых генераторами и гетеродинами.

**V.I. Yukhnov, I.A. Engibaryan, *O.A. Safar'yan, *A.I. Tyutyunnikova, *R.E. Kleimenova**

## THE INFLUENCE OF PHASE NOISE IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND METHOD OF ITS REDUCTION

Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
*Don State Technical University
Rostov-on-Don, Russia

Keywords: radio communication systems, information and communication systems, phase noise, QAM-modulation, OFDM-modulation, the stability and precision of signal generation, the method of statistical stabilization of generator frequencies.

The effects of interrelation on phase noise of generator frequencies and the characteristics of radio systems are examined. The analysis is carried out for radio communication systems with analog and digital modulation methods. Special attention is paid to studying the effect of phase noise in a radio communication system with QAM - and OFDM-modulation types. The method

for improving frequency stability of carrier wave generators and local oscillators in radio systems based on the joint processing of signals generated by the generators and local oscillators.

Фазовый шум является одним из важнейших параметров генераторов несущей частоты и гетеродинов, определяющим характеристики радиотехнических систем, включая системы радиосвязи и передачи информации. Уровень фазовых шумов определяет дальность действия, скорость передачи. вероятность битовых ошибок при различных видах модуляции в аналоговых и цифровых системах радиосвязи и передачи информации.

Целью доклада является исследование влияния уровня фазовых шумов генераторов несущей частоты и гетеродинов на характеристики системы радиосвязи и определение направлений их уменьшения.

В аналоговых системах связи передача информации обеспечивается модуляцией параметров несущего колебания [1-4]. В частотной области составляющие сигнала, связанные с передаваемой информацией, располагаются на удалении нескольких сотен килогерц от несущей частоты. Если гетеродин, используемый для переноса частоты на передающей или приемной сторонах канала связи, имеет большую нестабильность, то его фазовый шум может маскировать полезный сигнал, что приводит к уменьшению отношения сигнал/шум и соответственно к ухудшению характеристик канала связи

Значительное влияние фазовый шум оказывает на характеристики цифровых систем связи (WLAN, DVB-C, DVB-T, MMDS, Bluetooth), в которых применяются достаточно сложные способы цифровой модуляции, такие как 64QAM, 256QAM, OFDM. Использование таких способов модуляции позволяет более эффективно использовать выделенные полосы частот, т.е. осуществлять передачи большего объема данных в заданной полосе частот. Это достигается при заданной скорости передачи за счет посылки большего числа битов при помощи одного символа. В частности, может использоваться одновременное изменение амплитуды и фазы несущей между различными дискретными состояниями (модуляции QAM), а также применяться ортогональное мультиплексирование большого количества несущих частот с низкой канальной скоростью (OFDM).

Однако уровень фазовых шумов генераторов несущих колебаний и гетеродина является критическим параметром при использовании указанных видов модуляции при передаче сигналов в радиосистемах. Так при модуляции QAM нестабильность генератора будет приводить к смещению точек на фазовой плоскости, соответствующих различным значениям амплитуды и фазы на диаграмме состояний, как показано на рисунке 1, что будет вызывать рост битовых ошибок и ухудшение качества связи.

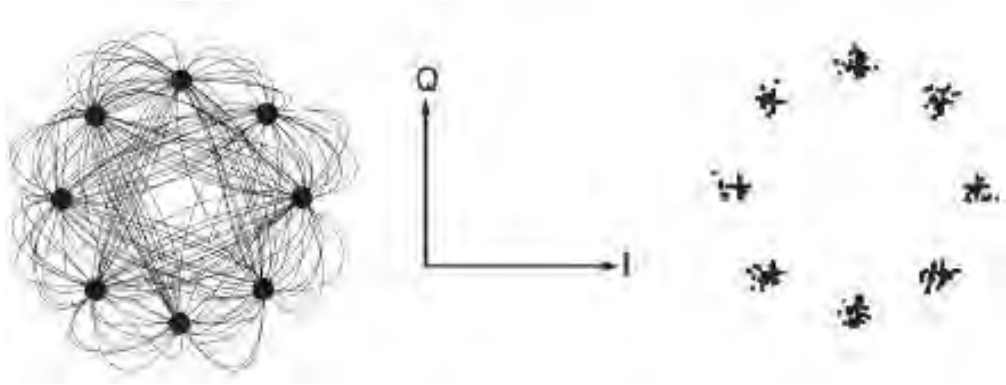



Рисунок 1 - Влияние шумов на качество сигналов с модуляцией QAM

При OFDM-модуляции каждому символу соответствует своя несущая. Благодаря ортогональности несущих колебаний обеспечивается отсутствие интерференции между ними и соответственно возможность одновременной передачи различных символов, а как следствие, высокая скорость передачи информации. При наличии фазовых шумов гетеродина происходит возникновение межсимвольной интерференции и увеличение вероятности битовых ошибок, ак показано на рисунке 2.

Любой фазовый шум связан с нестабильностью частоты сигнала. Наиболее значительное влияние на характеристики радиотехнических систем, включая системы связи, телевидения, радиолокации и радионавигации, оказывают изменения частоты с коротким (доли-единицы секунд) периодом. Указанные изменения частоты (кратковременная нестабильность) вносит наибольший вклад в уровень фазовых шумов системы. Таким образом, нестабильность частоты генераторов оказывает наибольшее влияние на характеристики радиотехнических систем.

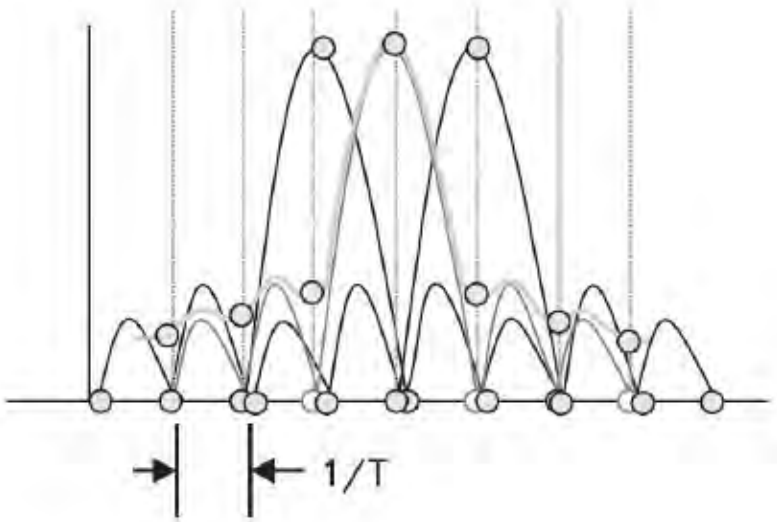



Рисунок 2 - Влияние фазовых шумов на спектр OFDM-сигнала

Сигнал генератора или гетеродина может быть представлен в виде

$$V(t) = [V_0 + \Delta V(t)] \cdot \sin[2\pi f_0 t + \Delta\varphi(t)], \quad (1)$$

где $V_0$ - номинальная амплитуда сигнала; $f_0$ - номинальная частота сигнала; $\Delta V(t)$ - флуктуация амплитуды сигнала; $\Delta\varphi(t)$ - флуктуация фазы.

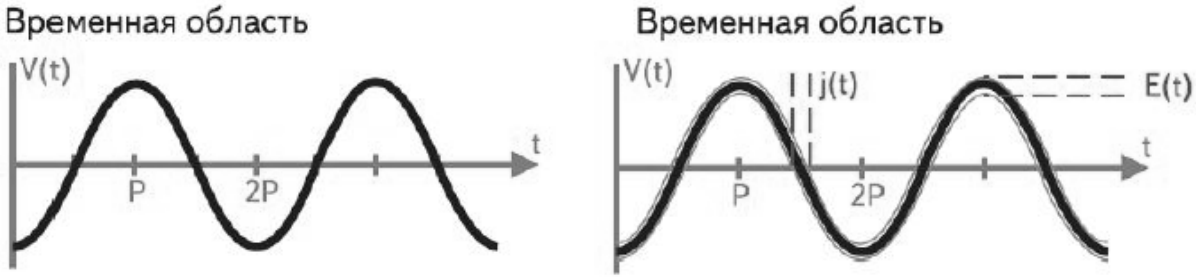
Спектральная плотность мощности может быть получена на основе Фурье преобразования соотношения (1), представленного в виде

$$S(\omega) = \int_0^{\infty} V(t)\exp(i\omega t)dt \cdot . \qquad (2)$$

Далее используется соотношение для спектральной плотности мощности шумов

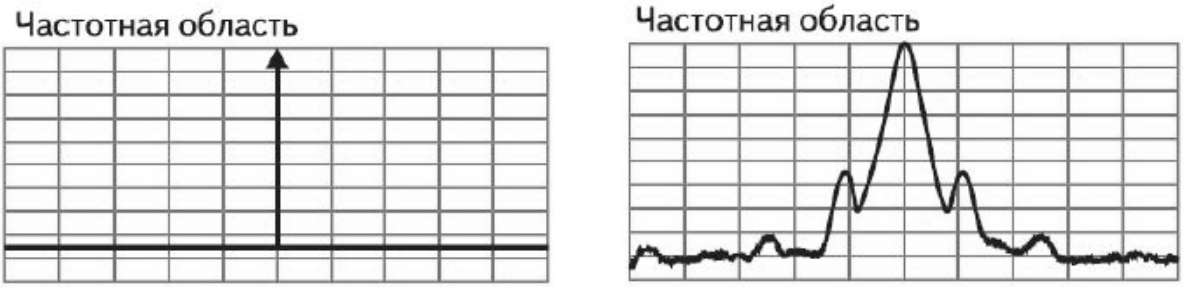
$$L_{\omega_{\max}} = \frac{1}{\omega_{\max}}\sqrt{\int_0^{\omega_{\max}} S(\omega)d\omega} . \qquad (3)$$

Характерный вид сигнала во временной и частотной областях приведен на рисунках 3 и 4 соответственно.




*а* *б*

Рисунок 3 - Представление сигнала во временной области:
*а* – идеального сигнала; *б* – реального сигнала




*а* *б*

Рисунок 4 - Представление сигнала в частотной области
*а* – идеального сигнала; *б* – реального сигнала

Уменьшение уровня фазовых шумов связано, прежде всего, как следует из соотношений (2) и (3) с повышением стабильности генераторов и гетеродинов, что достигается уменьшением величины $\Delta V(t)$ и $\Delta\varphi(t)$. Способ уменьшения $\Delta\varphi(t)$, основанный на использовании метода статистической стабилизации частоты, рассмотрен в [5-7]. В указанных работах отмечено, что при совместной обработке сигналов

нескольких одновременно и независимо функционирующих генераторов и гетеродинов относительная нестабильность частоты может быть уменьшена в $\sqrt{K}$ раз ($K$ - число одновременно функционирующих генераторов и гетеродинов). При этом соответствующие значения флуктуации фазы будут также уменьшены в $\sqrt{K}$ раз.

Таким образом, совместная обработка сигналов, предложенная в статистическом методе стабилизации частоты, позволяет повысить точность и стабильность формирования сигналов, что, в свою очередь, приводит к снижению уровня фазовых шумов. Достигаемое снижение уровня фазовых шумов обеспечивает уменьшение вероятности битовой ошибки и повышает достоверность передачи информации по каналам радиосвязи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Кодирование информации (двоичные коды) / Н.Т. Березюк, А.Г. Андрущенко, С.С. Мощицкий [и др.]. – Харьков: Вища школа, 1978. – 252 с.
2. *Журбенко Е.А., Заикина О.А.* Обеспечение достоверности и сохранности конфиденциальной информации в автоматизированных системах обработки данных
3. *Алешин Л.И.* Защиты информации в системах управления. – М.: МГУК. – 2009.
4. *Уочбройт Р.* Надёжность и достоверность: проблема информации в Интернете / Интернет в общественной жизни - М.: Идея-Пресс, 2006 - 160с.
5. *Габриэльян Д.Д., Егорочкин О.Г., Михалин А.И., Сафарьян О.А.* Алгоритм оценки частот генераторов в системах телекоммуникаций Сборник материалов III Международной научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники» / РТИСТ ЮРГУЭС. - Ростов н/Д, 2010. С. 29-32.
6. *Сафарьян О.А.* Моделирование процесса стабилизации частоты генераторов в инфокоммуникационных системах Вестник Дон. гос. техн. ун-та. - 2016. – Т. 16, № 4 (87), ч. 2.
7. *Енгибарян И.А., Ермолаев А.В., Сафарьян О.А. Тютюнникова А.И.* Оценка эффективности использования свойств эмерджентности в инфокоммуникационных системах. С. 199-204. / Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. Ч. 1. – Ростов-на-Дону: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2017, 573 с.

**С.И. Якименко, И.А. Молоковский**

# АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ QOS В СЕТЯХ LTE ДЛЯ СЕРВИСОВ IOT

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

Ключевые слова: качество обслуживания, Интернет Вещей, сети LTE, приоретизация трафика, маркировка DSCP.

В статье рассмотрены характерные особенности трафика IoT. Анализируется возможности обеспечения QoS каждого сегмента сети оператора четвертого поколения. Выделен сегмент доступа, которому стоит уделить больше внимания при обеспечении качества обслуживания для сервисов IoT. На основе анализа предложен алгоритм приоретизации трафика Интернета Вещей, который заключается в присвоении пакетам меток DHCP на уровне приложения в оконечном устройстве и дальнейшего преобразования этих меток маршрутизаторами LSR.

**S.I. Iakimenko, I.A. Molokovskiy**

# THE ANALYSIS OF APPROACHES TO PROVIDING QOS IN LTE NETWORKS FOR IOT SERVICES

State Educational Institution of Higher Professional Education «Donetsk National Technical University», Donetsk

Keywords: Quality of Service, Internet of Things, LTE networks, traffic prioritization, DSCP marking

In this article the characteristic features of IoT traffic are considered. QoS providing capabilities in each segment of the fourth-generation network are analyzed. An access segment, which should be given more attention when providing quality of service for IoT services, is allocated. Based on the analysis, the IoT traffic prioritization algorithm is proposed. It consists in marking packets with DHCP label at the application level on user equipment and converting these labels with LSR routers.

С 2017 года в Донецке начали планировать, развивать и тестировать сети мобильной связи третьего и четвертого поколения. Новые технологии дают прирост скорости передачи данных в несколько раз, а, как известно, высокие скорости доступа автоматически толкают пользователей потреблять больше трафика.

С каждым годом объём выручки от голосовых сервисов в компании падает, и одним из перспективных направлений развития и получения прибыли является передача данных. Существующие тенденции телеком-рынка показывают увеличение доли трафика Интернета вещей (Internet of Things, IoT). По оценкам отраслевых аналитиков компании J'Son & Partners, к 2022 году объем российского рынка услуг и решений в отрасли межмашинных соединений (M2M) и Интернета Вещей достигнет почти 90 млрд руб [1].

Трафик, генерируемый устройствами IoT, требует специального подхода для приоритезации трафика и обеспечения качества обслуживания услуг.

Целью исследования является анализ возможностей оператора сотовой связи обеспечить необходимое качество предоставления услуг в сервисах IoT. Предлагается рассмотреть особенности трафика IoT, в структуре сети четвертого поколения найти «слабое место», которому стоит уделить больше внимания при обеспечении качества обслуживания. На основе этого анализа предложен алгоритм приоретизации для трафика Интернета Вещей.

Сфера применения «подключенных» IoT-устройств разнообразна: транспорт, системы безопасности, промышленность, энергетика. Однако в современных условиях достаточно сложно определить дальнейшие векторы развития.

В связи с этим проведено собственное исследование, целью которого было выявление наиболее актуальных направлений в сфере IoT. Общее количество респондентов, опрошенных с помощью Google-формы, составило 500 человек, среди которых 56% мужчин и 44% женщин. Как видно на диаграмме, в перспективе пользователю наиболее интересна сфера медицины и удаленного мониторинга состояния здоровья, следующим в рейтинге идет направление «умный дом и безопасность». Приблизительно одинаковую заинтересованность показывают отраслевые решения в аграрном секторе, экологии и индустриальном Интернете вещей (Industry IoT).

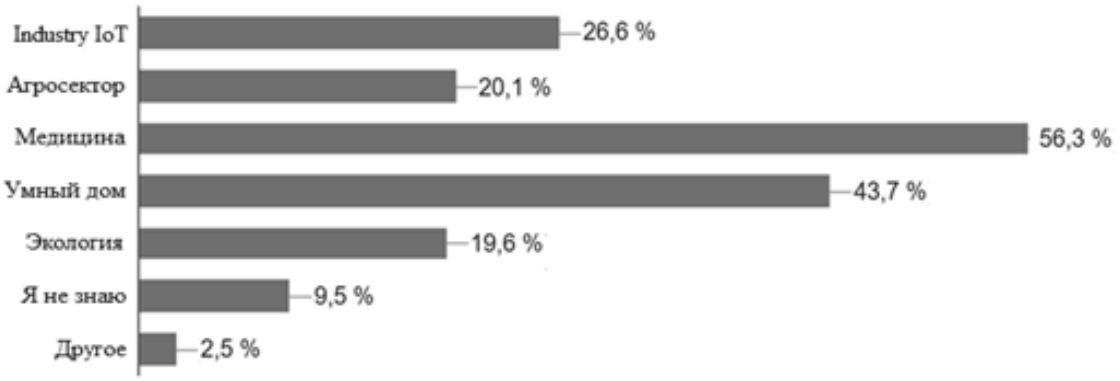



Рис. 1 Результаты опроса

Трафик, создаваемый в сетях при оказании услуг IoT/M2M, отличается следующими особенностями [2]:

– случайный характер взаимодействия конечных устройств с сетью и короткая продолжительность этих сеансов;
– небольшой объем передаваемых данных, требующий небольшой пропускной способности используемой сети доступа, при большом количестве подключенных конечных устройств;
– низкая мобильность конечных устройств или полное отсутствие таковой, а также низкая активность в линии «вниз», обусловленная только запросами служебного трафика;
– одновременные запросы на соединение с сетью от большой группы конечных устройств;
– низкое потребление энергии конечных устройств как следствие низкого трафика;
– высокие требования к качеству и безопасности данных.

Осознавая степень ответственности за достоверность передаваемой информации, телекоммуникационная инфраструктура должна обеспечивать надежную доставку в строго оговоренные временные рамки без потерь, то есть необходимо гарантировать параметры QoS из конца в конец в тракте передачи. Еще более актуальной эта задача становится при использовании беспроводных технологий.

Серьёзная проблема обеспечения качества обслуживания состоит в том, что достижения технологии LTE и будущие требования к 5G в области управления QoS покрывают своими возможностями цепочку «конечный пользователь – конечный пользователь» лишь частично, а именно внутрисетевые соединения «4G–4G». На некоторые соединения, возникающие между абонентами 4G и другими мобильными и фиксированными сетями, эта система управления качеством не распространяется. Отсутствие возможности согласованного и гибкого управления качеством в фиксированных IP- и мобильных сетях предыдущих поколений еще долго будет тормозом на пути к новому уровню качества обслуживания абонентов сетей 4G и 5G [3].

Рассматривая задачу обеспечения E2E QoS, можно провести аналогию с звеньями единой цепи. Поскольку данные, которыми обмениваются два конечных узла, проходят через некоторое количество промежуточных сетевых устройств, то поддержка QoS требует взаимодействия всех сетевых элементов на пути трафика, то есть «из-конца-в-конец» (E2E). Любые гарантии QoS настолько соответствуют действительности, насколько их обеспечивает наиболее «слабый» элемент в цепочке между отправителем и получателем. То есть поддержка QoS только в одном сетевом устройстве, пусть даже и магистральном, может лишь весьма незначительно улучшить качество обслуживания или же совсем не повлиять на параметры QoS. Исходя из этого, наиболее слабый элемент сети будет оказывать наибольшее влияние на E2E QoS.

Проанализируем, какими слабыми звеньями обладает сеть четвертого поколения оператора мобильной связи. Схему организации сети условно можно разделить на три сегмента: сегмент доступа, радиосегмент и транспортный сегмент.

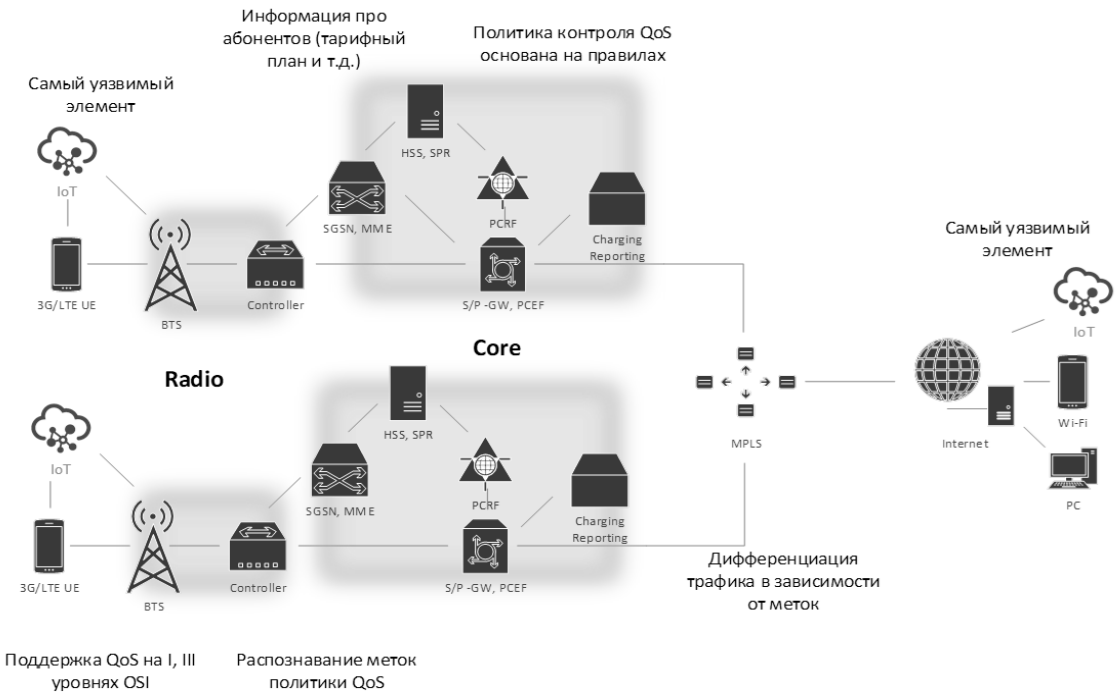



Рис. 2 Схема организации сети LTE

Что касается транспортного сегмента, то в нем на качество обслуживания влияет общая загруженность сети, использующиеся технологии, политики управления и контроля трафика. Зачастую этот сегмент сети является наиболее стабильным и надежным, так как в нем используется повсеместное резервирование. Базовыми технологиями построения на сегодняшний день является IP/MPLS. Реализация политики качества обслуживания в такой сети базируется на использовании специальных идентификаторов классов трафика – TC, и организации информационных потоков с требуемым классом обслуживания. Потоки с более высоким классом получают приоритет перед всеми другими потоками. Таким образом, с помощью MPLS обеспечивается качество обслуживания, присущее сетям SDH и ATM.

В радиосегменте обеспечением параметров QoS занимается базовая станция LTE – eNodeB. Аналогично сетям стандарта UMTS, технологии LTE поддерживают возможность гибкого управления качеством услуг на основе показателей передачи данных, разделенных на девять классов качества и охватывающих оба принципа обеспечения QoS: предоставление услуг без гарантий качества (Best Effort, или non-GBR) и предоставление гарантированного качества обслуживания (GBR) [4].

Качество обслуживания в этом сегменте зависит в первую очередь от количества подключенных абонентских устройств и существующей обстановки в эфире. Стандарт LTE предлагает достаточно гибкую политику управления QoS, которая основывается на использовании адаптивных схем модуляции в зависимости от радиоусловий, возможности выбора ширины полосы частот канала к абоненту в каждом конкретном случае, использование идентификаторов QCI (Таблица 1).

Таблица 1 – Требования к качественным параметрам передачи данных

| QCI | Тип | Приоритет | Допустимая задержка, мс | Допустимые потери |
|---|---|---|---|---|
| 1 | GBR | 2 | 100 | $10^{-2}$ |
| 2 | GBR | 4 | 150 | $10^{-3}$ |
| 3 | GBR | 5 | 300 | $10^{-6}$ |
| 4 | GBR | 3 | 50 | $10^{-3}$ |
| 5 | Non-GBR | 1 | 100 | $10^{-6}$ |
| 6 | Non-GBR | 7 | 100 | $10^{-3}$ |
| 7 | Non-GBR | 6 | 300 | $10^{-6}$ |
| 8 | Non-GBR | 8 | 300 | $10^{-6}$ |
| 9 | Non-GBR | 9 | 300 | $10^{-6}$ |

Значительно улучшить пропускную способность абонентского радиоканала позволяет технология Carrier Aggregation – технология агрегации несущей для увеличения скорости передачи данных, данная технология используется в особых случаях при организации высокоскоростных соединений.

Рассмотрим сегмент доступа, который представлен абонентскими устройствами. На параметры качества обслуживания в данном сегменте влияет как сама сеть и загруженность радиосегмента, так и объем трафика, генерируемый оконечным устройством.

Анализ всех сегментов сети LTE позволяет сделать вывод, что на каждом из участков есть механизмы по обеспечению QoS. Это, например, параметр QCI в радиосегменте и метка TC в транспортном сегменте. Но общий крах политики обеспечения гарантированных параметров передачи данных может произойти на уровне доступа, где непосредственно генерируется трафик.

Трафик абонентского устройства может быть двух типов – голосовой и трафик данных. Учитывая, что сеть LTE использует принципы IP, в сегменте доступа работают те же правила, что и в компьютерных сетях.

Исходя из этого, предлагаемый механизм заключается в верном выборе QoS, начиная с сегмента доступа.

Проведя анализ трафика, который генерируется смартфоном, обнаружено, что IP-пакеты, передаваемые устройством в сеть, не имеют маркировки в поле заголовка относительно QoS. Сделано предположение, что оператор строит политику обслуживания на основании портов TCP/UDP или же подписи приложений. С точки зрения трафика IoT такой подход не оптимален, так как ни один из указанных протоколов не гарантирует использование приоритетного порта для передачи трафика. Кроме того, с точки зрения приложений данный трафик может выглядеть HTTP-запросом.

Суть предлагаемого решения заключается в использовании маркировки пакетов. Как известно, рекомендуется маркировать трафик как можно ближе к источнику. Периферийная часть сети, где происходит прием классификации пакетов, называется границей доверия (trust boundary). Если метки проставлены верно, то промежуточным участкам сети не приходится повторно идентифицировать трафик. На этих участках просто выполняются правила QoS, определенные проставленными ранее метками.

Маркировку пакетов можно проводить как на втором, так и на третьем уровне модели OSI, но с точки зрения структуры LTE правильнее это делать на сетевом уровне. Для этого предложено использовать метки DSCP, так как метки данного типа обладают достаточной гибкостью и легко преобразуются маршрутизаторами LSR в значения TC, на основании которых строится политика QoS в MPLS сегменте сети оператора.

Рис. 3 Предлагаемый алгоритм приоретизации трафика

Таким образом, маркировать трафик IoT следует непосредственно на уровне приложения на смартфоне или конечном устройстве. Если сеть оператора поддерживает политику качества обслуживания и не изменяет флаги, то такой трафик будет иметь высокий приоритет и будет обрабатываться на коммутационных устройствах внеочередно. Реализовать это возможно, создав новый тарифный план, который будет включать в себя стоимость приоритезации IoT-трафика.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Российский рынок межмашинных коммуникаций и Интернета Вещей по итогам 2017 года, прогноз до 2022 года* [Электронный ресурс] // JSON.TV: информационно-аналитический проект J'Son & Partners Consulting, 2018. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rossiyskiy-rynok-mejmashinnyh-kommunikatsiy-i-interneta-veschey-po-itogam-2017-goda-prognoz-do-2022-goda--20180109112137 (дата обращения: 18.03.2018).

2. *Тихвинский В.О., Бочечка Г.С., Минов А.В.* Монетизация сетей LTE на основе услуг M2M. // Электросвязь. – 2014, № 6, с. 5–6.

3. *Тихвинский В.О., Бочечка Г.С.* Перспективы сетей 5G и требования к качеству их обслуживания. // Электросвязь. – 2014, № 11, с. 40–43.

4. *Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б.* Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284 с.: ил.

**П.П. Акулин, С.П. Новиков**

# АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ SQL ИНЪЕКЦИЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ СУБД

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: СУБД, SQL инъекция, конфиденциальность данных, SQLMAP, параметризованные запросы, входные параметры.

В статье ставится задача раскрыть понятие SQL-инъекция, рассмотреть методы атак и способов защиты. Провести анализ проникновения в базу данных (БД) в настоящее время, несмотря на то, что массовое использование этого вида уязвимости появилось в 2008 году. Таким образом, проверить сложность нарушения целостности данных.

**P.P. Akulin, S.P. Novikov**

# THE ANALYSIS OF THE VULNERABILITIES OF THE SQL INJECTIONS IN MODERN DBMS

Rostov-on-Don Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian

Keywords: DBMS, SQL injection, data confidentiality, SQLMAP, parameterized queries, input parameters.

The task to explore the definition of sql injection is set in the article. Consider its methods of defenses and attacks. To analyze the penetration in the database (DB) at the present time, despite the fact that the mass use of this kind of vulnerability appeared in 2008. That's why to check the difficulty of violation of integrity of data.

**Введение**

В настоящее время многие БД подвергаются атакам со стороны злоумышленников, что ведет за собой нарушение целостности и конфиденциальности данных. Современные средства защиты не являются гарантами безопасности, так как всегда найдется «лазейка» для проникновения в систему. Одним из методов проникновения в БД является SQL инъекция. По статистическим данным компании «Positive Technologies», количество успешных атак за 2008 год составляла 68 %. После этого системы стали более

защищенными и в 2017 году это число сократилось до 10%. Несмотря на это, «в ноябре 2017 года была произведена SQL инъекция на один из крупнейших немецких дата-центров Hetzner, в результате которой, злоумышленниками были похищены клиентские данные» [1]. Все это говорит о сохраняющейся актуальности данного вида атак, поэтому стоит рассмотреть методы атак и защиты, для внедрения необходимых мер в своих проектах.

**Цель исследования**

Проанализировать методы защиты от SQL инъекции, выявить самые эффективные из них и дать рекомендации по соблюдению мер защиты, а также проверить сайты на уязвимость в настоящее время.

**1. SQL инъекция**

«SQL инъекция представляет собой попытку скомпрометировать БД, выполнив запрос SQL, результат которого обеспечивает доступ к содержанию, структуре или безопасности БД. Администраторы БД могут лишь создавать роли и назначать им права, а также включить опцию шифрования данных средствами системы управления баз данных (СУБД). Поэтому ответственность на предотвращение SQL инъекции, как правило, лежит на разработчике приложения или сайта» [2]. Таким образом определим основные методы защиты и атак (рисунок 1).

Рисунок 1 – Основные методы защиты и атаки SQL инъекций

Рассмотрим основные методы защиты, применяемые в современных системах.

**2. Методы защиты**

Рассмотрим основные методы защиты, применяемые в настоящее время.

Усечение входных параметров – установление ограничения на внедрение в SQL запрос достаточно длинных строк. Например, введение известных ограничений в поля ввода.

Фильтрация строковых или числовых параметров - если входной параметр имеет строковый тип, тогда во избежание разделения запроса на две части, требуется брать в кавычки все строковые параметры, и таким образом экранировать спецсимволы. Однако, усечение числовых входных параметров может не помочь, тогда необходимы

дополнительные проверки типов переменных, а применение функции перевода параметра в число, вызывается исключение.

Использование параметризованных запросов - использование параметров для SQL выражений отдельно от самих запросов, что позволяет их автоматически экранировать клиентской библиотекой.

Встроенные политики безопасности, такие как «SQL/Protect – в СУБД Postgres Plus Advanced Server, где кроме, обычной политики безопасности БД, проводится анализ входящих запросов для общих профилей SQL, при этом данная утилита защищает от SQL инъекций и ведет статистику о подозрительных запросах для последующего просмотра журнала администратором. Может работать в активном и пассивном режиме. После того, как будет определено, какие запросы являются приемлемыми, можно запустить утилиту в пассивном режиме, чтобы предупредить о возможных атаках. В активном режиме блокируются потенциальные атаки инъекций» [3].

**3. Методы атак в различных СУБД**

Перед атакой, чаще всего проверяются уязвимости к SQL инъекции, добавлением к строке адреса страницы спец-символов «'» или «*» и попыткой перейти на этот адрес. Если ничего не произошло, тогда возможна «слепая» SQL инъекция. Она основана на булевой алгебре, т.е. строка адреса имеет вид: «URL and 1=1» и «URL and 1=2». В первом случае условие всегда истинно и выполнится, а во втором случае ложно и никогда выполнится. Это означает, что проверка не учтена разработчиками сайта, следовательно, атака возможна при более детальном исследовании. Далее будут представлены некоторые примеры SQL запросов с указанием конкретной СУБД, так как синтаксис может разниться. Рассмотрим основные из них.

Внедрение во входные параметры – заключается в том, что в строке адреса подставляются нелегитимные параметры, что позволяет получить доступ к срытой информации.

Использование UNION/UNION+group_concat() – оператор UNION объединяет данные нескольких таблиц, а функция group_concat() несколько колонок в одну.

Экранирование конца запроса – при использовании символов «’» и «*» можно инвертировать входные параметры в выполнение SQL запроса. Символ обратной косой черты (\) перед каждым символом quote ('), double quote (") гарантирует, что пользовательский ввод будет правильно экранирован.

Расщепление SQL-запроса – для разделения команд в языке SQL используется символ «;».

Определение выводимых столбцов – возможность узнать имена всех объектов в текущей БД, таких как названия таблиц, столбцов, имена текущих пользователей.

Слепая инъекция на логике – основана на булевой алгебре, в запросе которой проверяется истинность или ложность в условии.

Стоит отметить, что различные СУБД имеют особенности по структуре хранения данных и работе с ними, поэтому синтаксис команд языка SQL различен. При проведении SQL инъекции сначала необходимо узнать какая СУБД используется и после этого применять команды к данной БД.

**4. Тестирование с помощью утилиты SQLMAP**

В ходе исследования произведена попытка скомпрометировать БД при использовании утилиты SQLMAP, совместно с интерпретатором Python версии 2.7. Для

этого проводится выборка произвольного набора сайтов и тестирование их на уязвимость, после успешного теста составляется отчет.

«Утилита для определения SQL уязвимостей обладает следующими функциями:

- извлечение имен пользователей, хешей, паролей и их привилегий;
- автоматическое распознавание типа хеша;
- продвинутый механизм поиска баз данных, таблиц и столбцов;
- возможность сделать полный или частичный дамп базы данных;
- загрузка произвольных файлов на сервер, если уязвимое веб-приложение использует MySQL, PostreSQL или Microsoft SQL Server.
- выполнение произвольных команд, если на хосте используется одна из СУБД, перечисленных в предыдущем пункте;
- поддержка прямого подключения к БД (без явного использования SQL-уязвимости)» [4].

Запуск утилиты SQLMAP в командной строке производится при помощи следующего запроса (1):

C:\Python27>python.exe C:\sqlmap\sqlmap.py –u http://skillcoding.com/Default.aspx?id=120 –dbs, где, -u = целевой адрес; --dbs = для определения списка баз данных СУБД;

```
[17:50:03] [INFO] testing connection to the target URL
[17:50:06] [WARNING] potential CAPTCHA protection mechanism detected
[17:50:06] [INFO] checking if the target is protected by some kind of WAF/IPS/IDS
sqlmap got a 302 redirect to 'http://skillcoding.com:80/AfterError.htm?aspxerrorpath=/Default.a
spx'. Do you want to follow? [Y/n] Y
[17:51:42] [INFO] heuristics detected web page charset 'UTF-8-SIG'
[17:51:42] [CRITICAL] heuristics detected that the target is protected by some kind of WAF/IPS/
IDS
```

Рисунок 2 – Результат запроса (1)

В результате запроса обнаружен потенциальный механизм защиты CAPTCHA и цель защищена методом WAF/IPS/IDS. Параметр «ID» GET и все тестируемые параметры не выглядят инъекционными. В дальнейшем пытаемся увеличить значения для опций '--level' / '- risk', для выполнения большего количества тестов, при этом для обхода механизма защиты (например, WAF), используется параметр «--tamper» (например, «--tamper = space2comment»).

Таким образом в скрипте выполнения формируется запрос следующего вида (2):

C:\Python27>python.exe C:\sqlmap\sqlmap.py -u http://skillcoding.com/Default.aspx?id=120 --dbs --tamper=space2comment --level=5 --risk=3

Результатом так же является ошибка, которая записывается в счетчик ошибок.

Следующим действием тестирования проводим поиск уязвимости запросов для поисковых систем, которые выводят список сайтов по определенным параметрам (Dorks). Например, необходим сайт, где встречается «id»: inurl:story.php?id=.

В ходе тестирования обратимся к следующему сайту со всеми максимальными опциями при помощи запроса (3):

C:\Python27>python.exe C:\sqlmap\sqlmap.py -u http://soldatrus.com/story.php?id=4 --dbs --tamper=space2comment --level=5 --risk=3

```
[18:57:22] [INFO] the back-end DBMS is MySQL
back-end DBMS: MySQL >= 5.0.12
[18:57:22] [INFO] fetching database names
[18:57:23] [INFO] used SQL query returns 2 entries
[18:57:24] [INFO] retrieved: information_schema
[18:57:24] [INFO] retrieved: tri-mira_soldatrus
available databases [2]:
[*] information_schema
[*] tri-mira_soldatrus

[18:57:26] [INFO] fetched data logged to text files under 'C:\Users\Паша\.sqlmap\output\solda
trus.com'
```

Рисунок 3 – Результат запроса (3)

Тут результатом определена используемая СУБД и ее версия, а также список всех баз данных, в таком случае появляется возможность узнать список всех таблиц при помощи запроса (4):

C:\Python27>python.exe C:\sqlmap\sqlmap.py -u http://soldatrus.com/story.php?id=4 -D tri-mira_soldatrus --tables

```
Database: tri-mira_soldatrus
[102 tables]
+---------------------------+
| art                       |
| authors                   |
| book                      |
| calendar                  |
| cds                       |
| concert                   |
| friends                   |
| gallery                   |
```

Рисунок 4 – Результат запроса (4)

В дальнейшем существует возможность определения списков пользователей, извлечения паролей и другой целевой информации.

В ходе проведения эксперимента установлено, что примерно 10% сайтов, остаются с уязвимостями. Имея достаточную вычислительную мощность, можно без особого труда получать требуемую информацию.

**Вывод**

Проведя анализ делаем вывод, что и в настоящее время существуют уязвимые сайты. В целях безопасности максимальный эффект дает комплексное применение различных методов защиты. Необходимо уделять время, внедрению новых методов защиты, поскольку конфиденциальность и сохранность данных очень важна.

Выявляется острая потребность в использовании актуальных версий веб-серверов и СУБД, а также отказ от использования сторонних библиотек и фреймворков, обладающих известными уязвимостями. В качестве превентивной меры защиты - использование межсетевого экрана уровня приложений (web application firewall) [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Актуальные киберугрозы: IV квартал 2017 года [Электронный ресурс]: https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/
2. *Андрей Бирюков:* Информационная безопасность. Защита и нападение: ДМК-Пресс, 2017. 434 с.
3. Security Best Practices for Postgres by EnterpriseDB® Corporation: 2016. 14 с

4. *Джастин Кларк.* SQL Injection Attacks and Defense: Second Edition: 2012. 576 с.
5. *Дмитрий Евтеев.* SQL Injection от А до Я: Positive Technologies, 2012, 62 с.
6. Журнал «хакер» [Электронный ресурс], https://xakep.ru/2011/12/06/57950/
7. OWASP Backend Security Project: Testing PostgreSQL [Электронный ресурс], http://www.owasp.org/index.php/OWASP_Backend_Security_Project_Testing_PostgreSQL

**Ю.А. Безуглый, А.В. Вершенник, П.В. Закалкин, А.В. Попова, И.Ю. Шункова**

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург,

Ключевые слова: государственные информационные системы; система защиты информации; мониторинг

Аннотация: Реализация информационного обмена между государственными органами возложена на государственные информационные системы. Организации, работающие с этими системами, обязаны выполнять требования по защите информации, предъявляемые к этим системам. В статье рассматривается проблема формирования системы динамической защиты государственных информационных систем.

**Y.A. Bezugly, A.V. Vershennik, P.V. Zakalkin, A.V. Popova, I.Y. Shunkova**

## SECURITY OF STATE INFORMATION SYSTEMS

Military Telecommunication Academy named after the Soviet Union Marshal Budienny S. M., Saint-Petersburg,
e-mails: alex14121972@mail.ru

Keywords: government information systems, information security system, monitoring

Abstract: Implementation of information exchange between government agencies assigned to the state information systems. Organisations working with these systems must comply with the requirements of data protection applicable to these systems. The article deals with the problems of formation of reactive armor system state information systems.

В целях реализации полномочий государственных органов и обеспечения обмена информацией между ними в Российской Федерации созданы государственные информационные системы (ИС).

Под государственными информационными системами понимаются федеральные и региональные информационные системы, созданные на основании соответствующих

федеральных законов, законов субъектов Российской Федерации, правовых актов государственных органов [1].

Государственные ИС разделяются по масштабам (рисунок 1), уровням значимости обрабатываемой в них информации (рисунок 2) и по классам защищенности (рисунок 3).

Масштаб информационной системы определяется назначением и распределенностью сегментов информационной системы (рисунок 1).

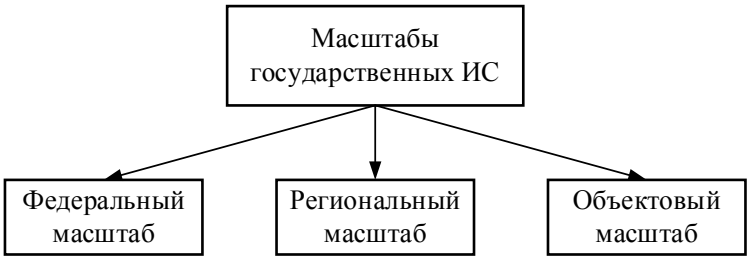



Рис. 1 . Классификация государственных информационных систем

Уровень значимости информации, обрабатываемой в государственных ИС, определяется степенью возможного ущерба для обладателя информации (заказчика) и (или) оператора от нарушения конфиденциальности, целостности или доступности информации [1, 2].

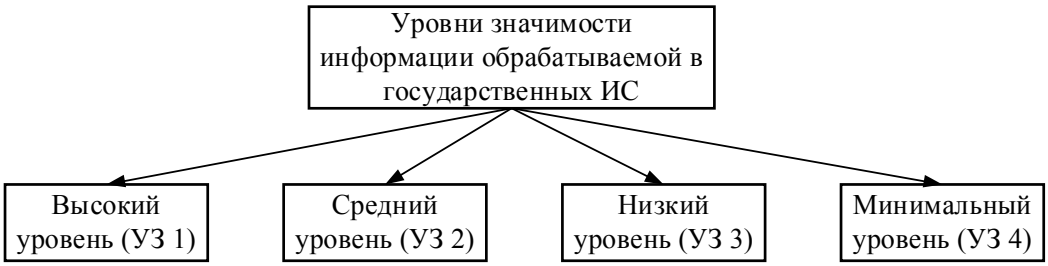



Рис. 2 . Уровни значимости информации, обрабатываемой в государственных информационных системах

Класс защищенности государственных ИС определяется в соответствии с таблицей 1. Устанавливается четыре класса защищенности информационной системы, определяющие уровни защищенности содержащейся в ней информации. Самый низкий – четвертый класс, самый высокий – первый.

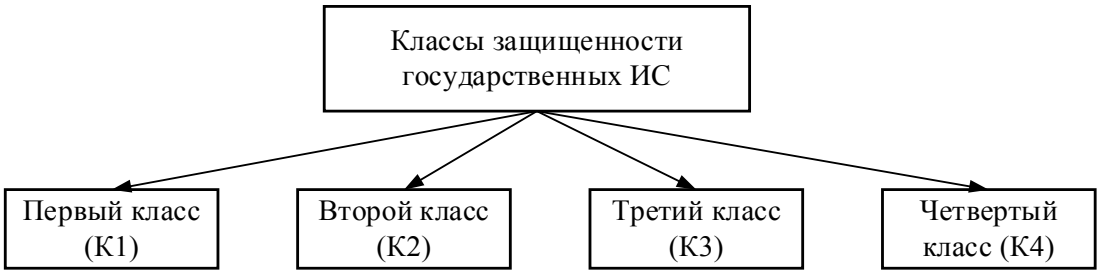



Рис. 3. Классы защищенности государственных информационных систем

Класс защищенности информационной системы определяется в зависимости от уровня значимости информации (УЗ) и масштаба информационной системы (таблица 1).

*Таблица 1*

Определение классов защищенности государственных ИС

| Уровень значимости информации | Масштаб информационной системы | | |
|---|---|---|---|
| | Федеральный | Региональный | Объектовый |
| УЗ 1 | К1 | К1 | К1 |
| УЗ 2 | К1 | К2 | К2 |
| УЗ 3 | К2 | К3 | К3 |
| УЗ 4 | К3 | К3 | К4 |

Степень возможного ущерба определяется обладателем информации (заказчиком) и (или) оператором самостоятельно. экспертным или иными методами

Деятельность государственных ИС, в которых обрабатывается информация ограниченного доступа, регулируется приказом ФСТЭК №17 от 11.02.2013 г. Согласно данному руководящему документу основными мероприятиями по организации защиты в государственных ИС являются:

формирование требований к защите информации, содержащейся в государственных ИС;

обеспечение защиты информации в ходе эксплуатации аттестованной государственной ИС;

обеспечение защиты информации при выводе из эксплуатации аттестованной государственной ИС или после принятия решения об окончании обработки информации.

В целях обеспечения выполнения перечисленных мероприятий необходимо [2]:

1. Провести классификацию ИС и определить угрозы безопасности.
2. Сформировать требования к системе защиты информации.
3. Разработать систему защиты информации информационной системы.
4. Провести внедрение системы защиты информации информационной системы.
5. Провести аттестационные испытания.

При разработке СЗИ предписано руководствоваться следующими ГОСТ:

– ГОСТ 34.601-90 Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
– ГОСТ Р 51684-2000 Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении;
– ГОСТ Р 51624-2000 Автоматизированные информационные системы в защищенном исполнении;
– ГОСТ 34.603-92 «Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем»

Однако современное информационно-телекоммуникационное пространство претерпело существенные изменения. Во-первых, принципиально изменились технологии создания и функционирования аппаратно-программного обеспечения оборудования. Во-вторых, резко возросло количество угроз, появились их новые виды [3, 4, 5].

Кроме того, все указанные ГОСТ, при всех их достоинствах и четко описанных алгоритмах работы, требуют доработки с учетом произошедших изменений в этой

области. Кроме того, в настоящее время отсутствуют регламентирующие документы, четко описывающие состав системы защиты информации, порядок ее создания и функционирования. Существуют различные способы защиты информации [3, 5], однако они не раскрывают порядка функционирования СЗИ и требования к её подсистемам.

Таким образом, возникает необходимость создания динамической системы защиты информации, позволяющей оперативно подстраиваться под быстроизменяющиеся условия функционирования объекта защиты.

Вариант динамической системы защиты информации представлен на рисунке 4.

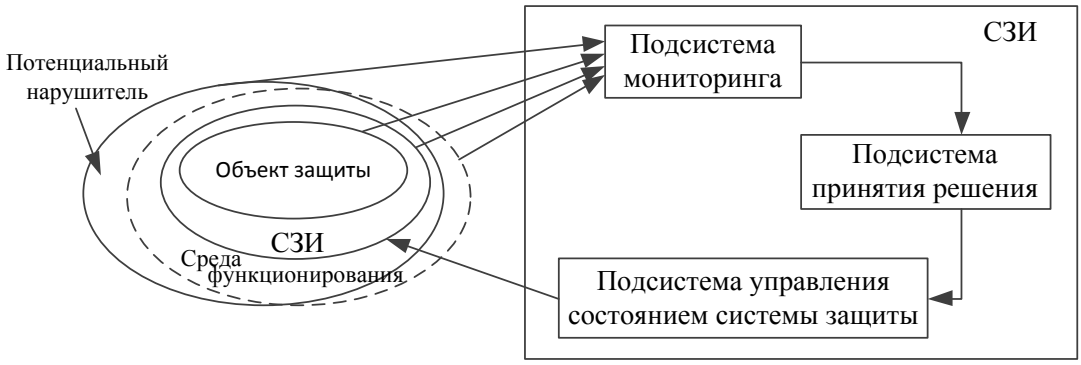



Рис. 4. Схематичное представление системы защиты информации

Данная система должна включать в себя следующие подсистемы:

– мониторинга;
– принятия решения;
– управления состоянием системы защиты.

Необходимым условием реализации системы защиты является наличие эффективной подсистемы мониторинга, которая:

1. Предоставляет информацию о возможностях нарушителя и реализуемые им стратегии действий.
2. Фиксирует источники, время и место реализации, тип и средства деструктивного воздействия.
3. Прогнозирует способы и методы реализации деструктивных воздействий на СЗИ [11].

Необходимо отметить, что существующие на сегодняшний день системы мониторинга не способны в полной мере обеспечить требуемый уровень информированности о степени защищенности государственной ИС.

Подсистема принятия решения предназначена для анализа полученных данных в результате мониторинга и выбора оптимальных решений на текущий момент времени.

Подсистема управления состоянием системы защиты осуществляет управление состоянием, составом, структурой и порядком функционирования системы защиты и объекта защиты в части касающейся.

При этом среднее время реакции системы защиты должно быть меньше времени реализации деструктивного воздействия нарушителем информационной безопасности:

$$\bar{t}_{\text{реак.сзи}} < \bar{t}_{\text{возд}}, \quad (1)$$

где $\bar{t}_{\text{реак.сзи}}$ – среднее время реакции системы защиты;

$\bar{t}_{\text{возд}}$ – среднее время реализации ДВ нарушителем ИБ.

Среднее время реакции системы защиты включает в себя:

$$\bar{t}_{\text{реак.сзи}} = \bar{t}_{\text{мон}} + \bar{t}_{\text{пр.реш}} + \bar{t}_{\text{р.мер защ}}, \quad (2)$$

где $\bar{t}_{\text{мон.}}$ – среднее время мониторинга;

$\bar{t}_{\text{пр.реш.}}$ – среднее время принятия решения;

$\bar{t}_{\text{р.мер защ..}}$ – среднее время реализации мер защиты.

Другими словами, цикл «обнаружение деструктивного воздействия – принятие решения – реакция системы» должны опережать цикл успешной реализации деструктивного воздействия нарушителем информационной безопасности.

Таким образом, одним из приоритетных направлений в области обеспечения защиты информации государственной ИС является разработка динамической системы защиты информации, позволяющей оперативно подстраиваться под быстроизменяющиеся условия функционирования объекта защиты. При этом необходимо учитывать, что в современных государственных ИС процесс защиты информации требует определенных временных затрат. Одновременный мониторинг всех ресурсов государственной ИС технически сложен, а обработка и анализ данных мониторинга будет длителен по времени, что приведет к неактуальности данных к моменту их получения. Соответственно, при увеличении времени, выделяемого на мониторинг и принятия решения, временной интервал, необходимый для реализации мер по защите информации должен сокращаться. Эти факторы, несомненно, используются нарушителями информационной безопасности и позволяют добывать информацию и реализовывать деструктивные воздействия.

Для оперативного реагирования под быстроизменяющиеся условия функционирования объекта защиты необходимо решить задачу оптимального (рационального) распределения ресурсов на подсистемы мониторинга, принятия решения, реализации мер защиты в целях формирования динамической системы защиты ИС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Федеральный Закон №149 от 27.07.2006 г. «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
2. *Закалкин П.В., Сагдеев А.К., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В.* Проблема формирования системы динамической защиты государственных информационных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании Сборник научных статей: в 3-х томах. 2016. С. 239-243.
3. *Стародубцев Ю.И., Чукариков А.Г., Корсунский А.С., Сухорукова Е.В.* Принципы безопасного использования инфраструктуры связи применительно к условиям техносферной войны // В сборнике: Интегрированные системы управления сборник научных трудов научно-технической конференции. 2016. С. 199-206.
4. *Вершенник А.В., Корчемкина М.Н., Куприянов Н.А., Сухорукова Е.В.* Анализ условий обеспечения подлинности информации при ее передаче по каналам ССОП ЕСЭ РФ //

Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 49-54.
5. *Безуглый Ю.А., Вершенник А.В., Попова А.В., Сухорукова Е.В.* Основные угрозы аутентификации // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 25-29.
6. *Закалкин П. В., Стародубцев Ю. И.* и др. Роль мониторинга в системе обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак / Журнал "Промышленные АСУ и контроллеры" №7 2013 года. С. 67-71.
7. *Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Закалкин П.В.* Мониторинг корпоративных сетей // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2016. № 1 (13). С. 70-74.
8. *Вершенник Е.В., Вершенник А.В., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И.* Предложения по повышению эффективности функционирования комплексов мониторинга // В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. 2017. С. 423-426.
9. Патент 2623791 Российская Федерация, МПК G05B 23/00 (2006.01), G06Q 10/04 (2012.01). Способ определения оптимальной периодичности контроля состояния процессов / Синев С.Г., Сорокин М.А., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В.; заявитель и патенто-обладатель Стародубцев П.Ю.– 2015108734; заявл. 25.01.2016; опубл 29.06.2017, бюлл. № 19. – 13 с.

**Б.П. Борисов, А.И. Янкина**

## АНАЛИЗ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С DDOS – АТАКАМИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ.

Северо-Кавказский филиал «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ) (Россия, Ростов-на-Дону, ministrelia69@yandex.ru)

Ключевые слова: DDoS - атаки, ботнеты, переполнение буфера в стеке.

Аннотация. В статье рассмотрены типы DDoS- атак и методы борьбы с ними. Приведен анализ DDoS - атак за 2016- 2017 годы в разных странах.

**B.P. Borisov, A.I. Yankina**

## ANALYSIS AND METHODS OF COMBATING DDOS ATTACKS IN THE MODERN WORLD

North-Caucasian branch «Moscow technical University of communications and Informatics» (GFR MTUCI) (Russia, Rostov-on-don, ministrelia69@yandex.ru)

Key words: DDoS - attacks, botnets, buffer overflow on the stack.

Abstract. The article describes the types of DDoS attacks and methods of fighting them. The analysis of DDoS - attacks for 2016 - 2017 years in the different countries is resulted.

Сегодня информация и интернет-технологии занимают значительное место в повседневной деятельности человека. Но задавались ли вы вопросом насколько сложен путь, который проходят биты информации и какие преграды приходится им преодолеть прежде чем оказаться на вашем компьютере? В век информационных технологий, когда, мир наполнен различными электронными устройствами, хранящими личные данные мы ежедневно находимся под угрозой несанкционированного доступа к нашим данным.

Даже большие предприятия связи или банки, при наличии немалых ресурсов, не в состоянии обеспечить полную безопасность от утечки личных данных.

Зачастую, оставляя персональные данные о себе (Ф.И.О., год рождения, домашний адрес, фотографии, личные видео и т.д.) человек даже не подозревает, что за его данными началась «охота» и злоумышленник тем временем изобретает все новые способы по перехвату конфиденциальной информации. Одним из наиболее опасных в настоящий момент видом атак являются DDoS-атаки (Denial of Service – отказ в обслуживании). Что же это за «зверь» и с чем его «едят»?

Впервые этот вид угрозы был зафиксирован в феврале 2000 года на крупнейших торговых площадках, таких как Ebay, Amazon и других. Особенность угрозы была в том, что она осуществлялась параллельно с 10 тыс. специально оборудованных устройств, на которые злоумышленник предварительно установил соответствующие программные обеспечения. В результате одновременного обращения к атакуемым устройствам достигается эффект лавины т.е. 1000 небольших пакетов переполняют канал и блокируют доступ пользователей к серверам, в следствие чего нарушается нормальная работа сервера и пользователь больше не может с ним взаимодействовать, а также перехватывается управление и у злоумышленника оказываются все ваши данные, включая банковские реквизиты. Это грозит тем, что хакер может обнулить банковские карты и Вы не сможете вернуть деньги обратно.

Был проведен анализ статистики за последние несколько лет по DOS-атакам. В качестве конкретного примера произведен анализ DOS- атак по отношению стран к числу ПК за 2016- 2017г.(рис.1). На основании приведенной статистики можно сделать вывод, что данный тип атак очень опасен и с ним нужно непременно бороться. Так как же это сделать?

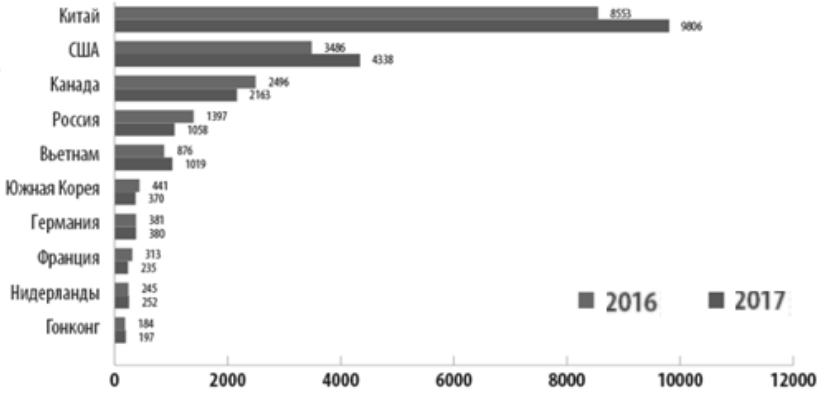



Рис.1- Статистика по DOS-атакам за 2016-2017 г.

Прежде чем ответить на этот вопрос нужно выделить виды атаки, их 4 типа:

- получение злоумышленником доступа к DNS-серверу.
- использование уязвимых мест и ошибок программ, установленных на компьютер(перехват управления с помощью переполнения буфера в стеке).
- перенасышение полосы пропускания.
- атака, приводящая к недостатку системных ресурсов.

Рассмотрим атаку, приводящую к недостатку системных ресурсов. Этот тип атаки направлен на перехват системных ресурсов ПК, вне канала связи. Процессор сервера может не справиться со сложными вычислениями. Произойдет сбой из-за того, что главный процессор или оперативная память окажутся заблокированы (например, отправка «тяжелых пакетов»).

Методами борьбы в данному случае являются различные системы обнаружения вторжений, которые позволяют обнаруживать DDoS-атаки по известным признакам, распознавая нестандартное поведение системы.

Атака, использующая ошибки программирования они же атаки на приложения. Этот вид атак наиболее опасен и влечет за собой тяжелые последствия для сервера, так как плечо атаки (отношение ресурсов необходимых на стороне приложения к ресурсам на атакующей стороне) в этом случае максимально. Более продвинутые программисты, разобравшись в структуре системы или приложения, пишут специальные программы — эксплойты, которые помогают атаковать коммерческие предприятия (например, атака по переполнению буфера в стеке). Чтобы с этим бороться создается база шаблонов известных эксплойтов и производится отслеживание вхождений данных шаблонов в саму систему. Анализ журнала событий после и во время DoS-атаки помогает выявить новые типы атак, либо модификации старых.

Если рассматривать атаку на DNS-серверы, то можно сделать вывод, что данный вид атаки самый дорогостоящий и ресурсозатратный. Злоумышленники, используя крупные компьютерные сети, состоящие из некоторого количества хостов, с запущенным автономным программным обеспечением (ботнеты), атакуют правительственные организации, очень крупные компании, либо известные интернет-магазины. Сервер-жертва может находиться в простое достаточно длительное время. Из-за этого компания несет огромные убытки. В 2012 году хакеры группы Anonymous хотели вывести из строя глобальную сеть, путем атаки на 13 корневых серверов DNS. В этом же году крупнейший в мире хост — провайдер Go Daddy и вместе с ним более 33 миллионов доменов по всему миру пострадали от DDoS-атаки. Одной из самых мощных атак в истории считается атака на компанию Spamhaus в 2012 году. Она продлилась несколько дней и достигла своей пиковой мощности в 300 Гб/с.

Методы борьбы. Одним из эффективных методов борьбы является перенаправление трафика на площадку более мощного провайдера. За счет этого увеличивается полоса пропускания канала связи, трафик фильтруется и уже легитимный трафик идет к пользователю.

На основании предложенных на рынке решений по борьбе с данным видом атак можно сделать вывод, что предотвратить данную атаку возможно лишь ограничив пропускную способность канала, остальные методы борьбы с угрозой менее эффективны. Сервер должен отвечать, как минимум, на каждый третий запрос, ведь DDoS - атака может произойти ненамеренно, а вследствие перезагруженности сервера т.е. произойдет

одновременно большое количество запросов, возникнет программная ошибка и машиной это воспримется как подозрение на угрозу. Есть недостаток в предложенном решении. Он заключается в том, что т.к. будет восприниматься ПК каждый третий запрос, то оставшаяся часть запросов займет на обработку много времени, это грозит тем, что клиенту придется долго ждать для проведения операции, но этот недостаток не существенен по сравнению с тем, что могло бы быть потеряно большое количество информации, а также и не исключена потеря денег, что наносит огромный финансовый ущерб предприятию (например, банку).

К несчастью, способов, дающих 100% гарантию защиты от DDoS-атак еще не изобрели. Здесь необходим комплексный подход, который будет включать меры аппаратного, организационного и в том числе программного характера. Предложенное решение временно помогает решить проблему, временно лишь потому, что при системной ошибке переполнения проблема исчезнет, а если произойдет несанкционированный доступ, то с развитием технологий постоянно появляются новые виды взлома в данном типе атак и, следовательно, полностью предугадать действие злоумышленника практически невозможно.

**А.В. Вершенник, Е.В. Вершенник, А.В. Кирьянов, И.Ю. Шункова**

## КОНТРОЛЬ ПУТИ ПРОХОЖДЕНИЯ ПАКЕТОВ КАК СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК НА СИСТЕМУ МАРШРУТИЗАЦИИ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: безопасность систем маршрутизации, перехват трафика, перенаправление трафика

Аннотация: Арсенал технических средств, позволяющих злоумышленниками осуществлять воздействия на информационно-телекоммуникационные сети в целях нарушения конфиденциальности информации, постоянно растет. В существующих протоколах маршрутизации вопросы безопасности практически не рассматриваются, что может привести к реализации различного типа атак. Авторами статьи предлагается способ, позволяющий обнаружить факты перехвата трафика в информационно-телекоммуникационных сетях

**A.V. Vershennik, E.V. Vershennik, A.V. Kiryanov, I.Y. Shunkova**

# CONTROL THE PATH OF THE PACKAGES AS A WAY TO DETECT ATTACKS ON THE ROUTING SYSTEM

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Key words: safety routing systems, interception of traffic, redirection of traffic

Annotation: the Arsenal of technical means allowing malefactors to carry out actions on information and telecommunication networks for the purpose of violation of confidentiality of information constantly grows. In existing routing protocols, security issues have not been studied, which can lead to the implementation of various types of attacks. The authors propose a method to detect the facts of traffic interception in information and telecommunication networks

Основными принципами Интернета в настоящее время принято считать прозрачность, унифицированность, функциональность, устойчивость, возможность внедрения новых технологий с минимальными затратами, без изменения самой сети. По этим же принципам разрабатывались и протоколы маршрутизации. С одной стороны, данный подход позволяет значительно упростить глобальную систему маршрутизации и обеспечить масштабируемость Интернета, с другой - он основан на доверии между взаимодействующими сетями, что открывает существенные возможности для злоумышленников.

Вопросы безопасности в спецификациях ряда протоколов маршрутизации даже не рассматриваются. Однако наличие уязвимых мест в маршрутизации может привести к отказу в обслуживании или к нарушению конфиденциальности важной информации [1].

Выделяют несколько типов атаки на систему маршрутизации:

- создание «черных» и «серых дыр»;
- перенаправление трафика;
- перехват трафика;
- нестабильность системы маршрутизации;
- фабрикация адресов источника и получателя трафика и др.

Одними из самых опасных атак, направленных на нарушение конфиденциальности информации, являются атаки перенаправления и перехвата трафика[1-6].

В случае перенаправления трафика трафик, предназначенный одной сети, перенаправляется в другую сеть. Часто эта сеть находится в руках атакующего и маскируется под атакуемую сеть с целью, например, получение конфиденциальной информации. Также перенаправление может быть использовано для проведения злоумышленниками определенных краткосрочных акций, например, рассылки спама. Часто злоумышленниками используется нераспределенное или давно неиспользуемое адресное пространство.

Атака «перехват трафика» похожа на предыдущую, только после прохождения по сети-перехватчику трафик возвращается в нормальное русло и попадает к получателю. Из-за этого такую атаку труднее обнаружить. Целью обычно является "подслушивание" или модификация передаваемых данных [1-6].

Авторами статьи предлагается способ, позволяющий обнаружить факты перехвата трафика при его передаче.

Разработанный способ поясняется обобщенным алгоритмом, представленным на рисунке 1.

На первом этапе формируют массив *P* для запоминания поступающих из канала связи *IP*-пакетов сообщений.

Формируют массивы *D*, *I*, *T* и *O*, для запоминания параметров выделенных из запомненных пакетов сообщений соответственно:

*D* – для запоминания значений поля данных “*IP*-адрес назначения”;

*I* – для запоминания значений поля данных “*IP*-адрес источника”;

*T* – для запоминания значений поля данных “Время жизни пакета”;

*O* – для запоминания значений поля данных “Опции”.

В предлагаемом методе используют функции протокола *IP*, применяемые при передаче пакетов по сети [7]. Заголовок протокола *IP* содержит множество полей (рисунок 2):

в полях “*IP* адрес назначения” и “*IP* адрес источника” будут находиться 32 битные последовательности, определяющие логические адреса назначения и источника пакета сообщения необходимые для передачи его по и;нформационно-телекоммуникационной сети;

поле “Время жизни пакета” определяет максимальное время существования дейтаграммы в сети;

поле “Опции” является необязательным и имеет переменную длину. Поддержка опций должна реализоваться во всех модулях *IP* (узлах и маршрутизаторах). Стандартом определены 8 опций. В предлагаемом изобретении используется опция – “запись маршрута”.

Формируют массивы $D_{эт}$, $I_{эт}$ для запоминания эталонных параметров выделенных из запомненных пакетов сообщений:

$D_{эт}$ – значений поля данных “*IP*-адрес назначения”;

$I_{эт}$ – значений поля данных “*IP*-адрес источника”.

Формируют массивы $T_{эт}$, $O_{эт}$ для запоминания эталонных параметров выделенных из запомненных пакетов сообщений:

$T_{эт}$ – значений поля данных “Время жизни пакета”;

$O_{эт}$ – значений поля данных “Опции”.

Формируют массивы значений времени задержки распространения сигнала *H* и $H_{эт.}$

Определяют доверенные *IP*-адреса получателя и отправителя для запоминания этих значений в массив $D_{эт}$, $I_{эт}$. Под доверенными *IP*-адресами понимают пары адресов, источника и назначения, легитимных абонентов различных сегментов ИТКС.

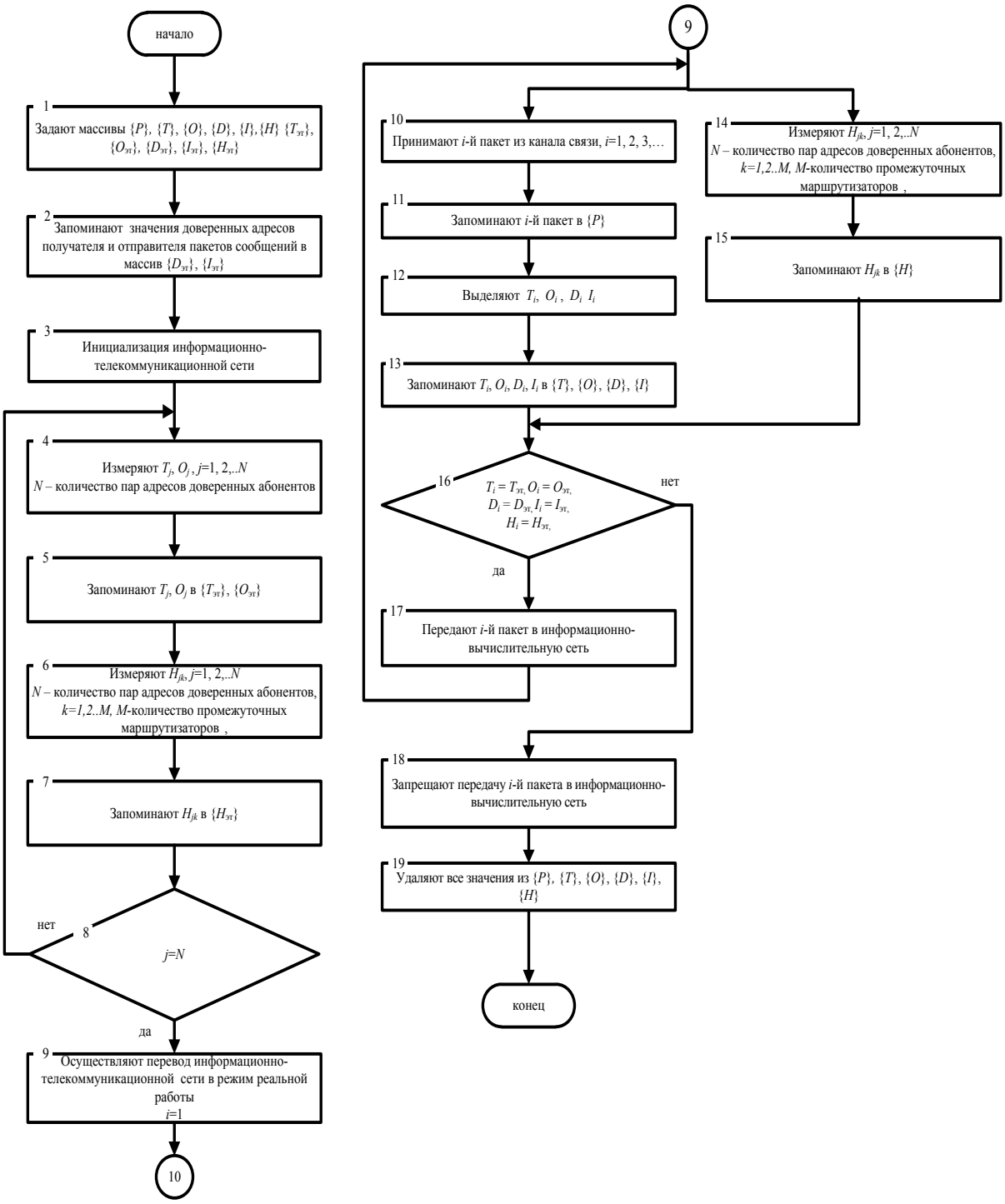



Рис. 1. Схема обобщенного алгоритма способа обнаружения фактов перехвата трафика в информационно-телекоммуникационных сетях

Запоминают данные значения доверенных адресов получателя и отправителя пакетов сообщений в массив $D_{эт}$, $I_{эт}$. Адаптируют сегмент распределенной ИТКС. Под адаптацией понимается работа сегмента распределенной ИТКС в тестовом режиме для внедрения в конкретных условиях функционирования.

Измеряют реальные значения полей данных пакета “Время жизни пакета” и “Опции” для маршрута между $j$-й парой доверенных адресов получателя и отправителя

пакетов сообщений, где $j$=1, 2,…, $N$, $N$ – количество пар адресов доверенных абонентов (рисунок 2).

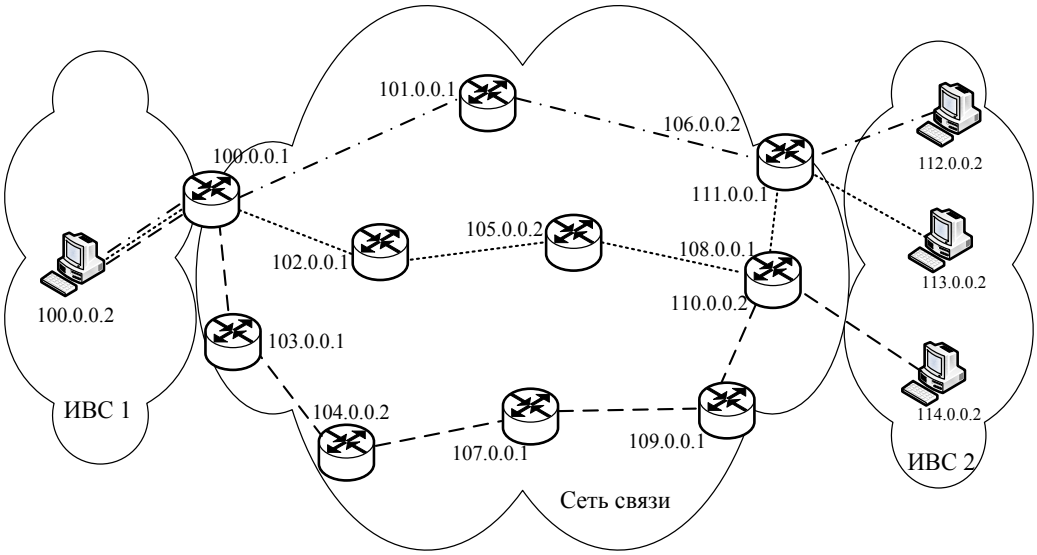



Рис. 2. Схема, поясняющая порядок формирования маршрута передачи пакетов сообщений в ИТКС

При передаче пакетов по сети промежуточные узлы (маршрутизаторы) осуществляют их маршрутизацию по адресной информации, имеющейся в заголовке пакета.

Таким образом, после передачи пакета по сети от источника к получателю сообщения, по определенному маршруту, адреса источника и получателя (поля “*IP*-адрес назначения”, “*IP*-адрес источника”), количество пройденных маршрутизаторов (поле “Время жизни пакета”) и маршрут прохождения пакета (поле “Опции”) будут иметь одинаковые значение для всех пакетов сообщений, проходящих по этому маршруту. Эти значения запоминают в массивах $D_{эт}$, $I_{эт}$, $T_{эт}$, $O_{эт}$. Данную процедуру повторяют для всех пар доверенных адресов ($j$=$N$).

Измеряют время задержки распространения сигнала до каждого промежуточного маршрутизатоора по маршрутам передачи пакетов для всех пар доверенных адресатов. Запоминают данные в массив $H_{эт}$.

После того как все эталонные значения проверяемых параметров собраны и записаны в соответствующие массивы, осуществляют перевод сегмента распределенной ИТКС в режим реальной работы (эксплуатация).

Принимают $i$-й пакет сообщения из канала связи, где $i$=1, 2, 3,….

Запоминают $i$-й пакет сообщения в массив $P$ для дальнейшей работы с заголовком $i$-го пакета.

Выделяют из заголовка $i$-го пакета значения поля данных “Время жизни пакета” $T_i$, поля данных “Опции” $O_i$ , поля данных “*IP*-адрес назначения” $D_i$ и поля данных “*IP*-адрес источника” $I_i$.

Запоминают в массивы $T$, $O$, $D$, $I$ значения поля данных “Время жизни пакета” $T_i$, поля данных “Опции” $O_i$, поля данных “*IP*-адрес назначения” $D_i$ и поля данных “*IP*-адрес источника” $I_i$.

Измеряют время задержки распространения сигнала до каждого промежуточного маршрутизатоора по маршрутам передачи пакетов для всех пар доверенных адресатов. Запоминают в массив *H*.

Для выявления факта перехвата трафика осуществляют поиск в массивах $D_{эт}$, $I_{эт}$ соответствующих значений полей данных "*IP*-адрес назначения" $D_i$ и "*IP*-адрес источника" $I_i$ полученного *i*-го пакета. При совпадении данных полей проверяют соответствие значений полей данных "Время жизни пакета" $T_i$ и "Опции" $O_{i,}$ значение времени задержки *H* принятого пакета сообщений с эталонными значениями $T_{эт}$, $O_{эт}$, $H_{эт}$.

Передают *i*-й пакет сообщения в информационно-телекоммуникационную сеть при совпадении эталонных значений полей данных "Время жизни пакета", "Опции", "*IP*-адрес назначения" и "*IP*-адрес источника" со значениями полей данных из полученного пакета, измеренное время задержки *H* не должно превышать эталонного значения.

Принимают решение о перехвате трафика при несовпадении эталонные значения полей данных "Время жизни пакета", "Опции", "*IP*-адрес назначения" и "*IP*-адрес источника" со значениями полей данных из полученного пакета, а также несовпадении измеренных значений времени задержки прохождения сигнала и эталонного.

Запрещают передачу *i*-й пакета сообщения в информационно-телекоммуникационную сеть, а также удаляют все значения из массивов *T*, *O*, *D*, *I, H*.

Таким образом, за счет использования трассировки маршрутов передачи пакетов по определенным доверенным маршрутам, обеспечивается обнаружение факта перехвата трафика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**:**


1. *Робачевский А.* Безопасность системы маршрутизации Интернета. Электронный ресурс http:// http://www.ripn.net/articles/secure_routing/. Дата обращения 30.01.2018 г.
2. *Бирюков А.А.* Информационная безопасность: защита и нападение. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:ДМК Пресс, 2017. – 434 с.
3. *Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Яблоков Д.Ю.* Способ повышения защищенности элементов территориально распределенных информационно-телекоммуникационных систем. // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 1 (9). С. 95-100.
4. *Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В., Закалкин П.В.* Способ управления потоками данных распределенных информационных систем // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 3 (11). С. 73-78.
5. *Закалкин П.В., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В.* Способ управления потоками данных на основе контроля заданного потребителем маршрута и обнаружения факта деструктивного воздействия // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 2 (10). С. 84-89.
6. *Кузнецов С.И., Тесля С.П., Сухорукова Е.В., Вершенник А.В.* Вариант изменения логической структуры адресного пространства информационно-коммуникационных сетей // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 125-133.
7. *Сидоренко Е.Н., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Фёдоров В.Г.* Способ защиты информационно-телекоммуникационных сетей специального назначения от сетевых

компьютерных атак. // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании Сборник научных статей: в 3-х томах. 2016. С. 333-337.
8. *Стародубцев Ю.И., Чукариков А.Г., Корсунский А.С., Сухорукова Е.В.* Принципы безопасного использования инфраструктуры связи применительно к условиям техносферной войны. // В сборнике: Интегрированные системы управления сборник научных трудов научно-технической конференции. 2016. С. 199-206.
9. *Закалкин П.В., Сагдеев А.К., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В.* Проблема формирования системы динамической защиты государственных информационных систем. // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании Сборник научных статей: в 3-х томах. 2016. С. 239-243.
10. Способ защиты информационно-вычислительных сетей от компьютерных атак: пат. 2472211 Рос. Федерация. № 2011147613; заявл. 23.11.2011; опубл. 10.01.13, Бюл. № 1, 12 с.

**А.В. Вершенник, Е.В. Вершенник, А.В. Попова, В.Г. Федоров**

## МАСКИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В МНОГООПЕРАТОРНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова. Информационная безопасность, маскирование трафика

Аннотация. В статье рассматривается способ защиты информационных потоков в многооператорных информационно-телекоммуникационных сетях за счет маскирования трафика корреспондирующих пар.

**A. V. Vershennik, E. V. Vershennik, A. V. Popova, V. G. Fedorov,**

## MASKING INFORMATION FLOWS IN MULTI-STATEMENT INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORKS

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keyword. Information security, traffic masking

Annotation. The article discusses a method of protecting information flows in multi-operator information and telecommunication networks by masking the traffic of corresponding pairs.

Осуществляемый в настоящее время в Российской Федерации переход к информационному обществу приводит к тому, что подавляющее большинство процессов в ключевых отраслях экономики и сфере государственного управления реализуются или планируются к реализации в ближайшем будущем с использованием информационных технологий. В то же время глобализация современных информационно-телекоммуникационных сетей (ИТКС) и информационных систем (ИС) в сочетании с интенсивным совершенствованием средств и методов применения информационных и коммуникационных технологий в противоправных целях, формируют новые угрозы безопасности [1, 2].

Современные ИТКС характеризуются тем, что к ним применим такой вид атак, как «удаленные атаки», поскольку их компоненты используют открытые каналы передачи данных и нарушитель может не только проводить пассивное «прослушивание» передаваемой информации, но и модифицировать, задерживать, дублировать, удалять передаваемые сообщения, неправомочно использовать их реквизиты, т.е. осуществлять активное воздействие.

Авторами статьи предлагается способ маршрутизации, позволяющий обеспечить защиту информационных потоков в многооператорных ИТКС путем маскирования трафика корреспондирующих пар.

Реализацию данного способа можно пояснить на примере фрагмента построения сети IP, показанной на рисунке 1.

В качестве IP- сети рассматривается фрагмент сети связи общего пользования 1, состоящей из сетей операторов связи 3.1-3.7, магистральной сети 2, включающей транзитные 2.11-2.17 и магистральные 2.21-2.214 маршрутизаторы. Сети операторов включают маршрутизаторы 3.1.21-3.7.23. Все перечисленные элементы сети объединены физическими линиями связи. Через сети доступа абонентские телекоммуникационные терминалы 4.1-4.3 подсоединены к пограничным маршрутизаторам 3.1.1, 3.3.1, 3.5.1 сетей операторов 3.1, 3.3 и 3.5, предоставляющих инфотелекоммуникационые услуги. Каждый элемент сети имеет идентификатор в виде сетевого IP-адреса.

Предлагаемый способ реализуют следующим образом:

Формируют структурно-топологическую схему заданного фрагмента сети связи. Выделяют доверенных абонентов, обслуживаемых на заданном фрагменте сети связи, подключенных к двум и более сетям операторов и запоминают к каким из N сетей одновременно подключены выделенные доверенные абоненты. Устанавливают у доверенных абонентов многофункциональные абонентские терминалы (МАТ), имеющие IP адреса по количеству подключенных сетей соответственно.

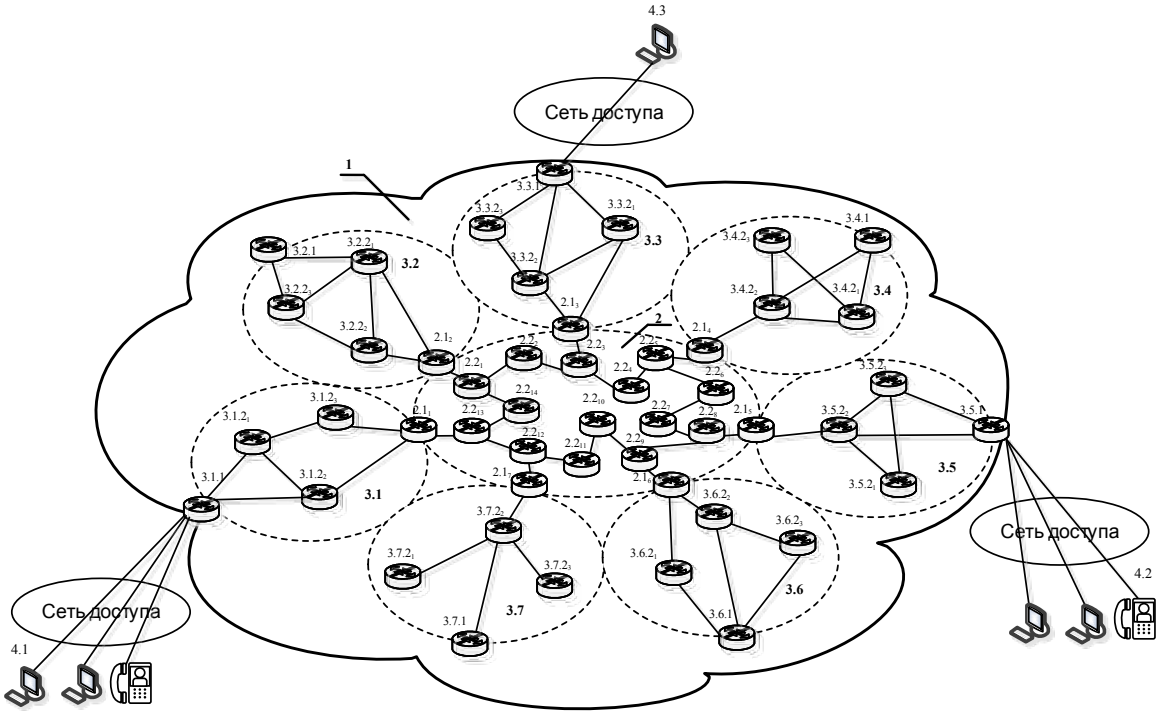



Рисунок 1 – Обобщенная схема информационно-телекоммуникационной сети

Многофункциональный абонентский терминал (МАТ) – шлюз компьютер, имеющий несколько сетевых интерфейсов подключенных к сетям связи разных операторов, осуществляющий прием, передачу и обработку информации, а также сконфигурированный на выполнение функций маршрутизации [3].

Формируют список IP адресов $S_1$, $S_2$, $S_3$… МАТ доверенных абонентов.

Формируют множество $M=(m_1, m_2,\ldots m_j,\ldots m_M)$ альтернативных маршрутов продвижения трафика, для всех информационных направлений между обслуживаемыми абонентами, через установленные МАТ доверенных абонентов, выполняющих транзитные функции для трафика заданных корреспондирующих пар, в виде последовательности IP адресов МАТ доверенных абонентов на пути передачи сетевой дейтаграммы $m_j=(S_1, S_2,\ldots S_k,\ldots S_{Vj})$, где Vj – номер выходного интерфейса МАТ последнего доверенного абонента на j-м маршруте передачи, которые запоминают в массив маршрутов М. Массив маршрутов М имеет вид маршрутно-адресной таблицы, имеющейся на каждом МАТ, в которой паре обслуживаемых абонентов указаны имеющиеся альтернативные маршруты и их номера (рисунок 2).

| IP адреса абонентов | Номер маршрута | Последовательность IP адресов по маршруту |
|---|---|---|
| IP отправителя: $S_A$<br>IP получателя: $S_B$ | 1 | $S_A$, $S_1S_2$, $S_3S_4$, $S_B$ |
| | 2 | $S_A$, $S_1S_2$, $S_B$ |
| | … | … |
| | j | $S_A$, $S_1S_2$,…, $S_kS_{Vj}$, $S_B$ |

Рисунок 2. Пример записи в маршрутно-адресной таблице

При передаче трафика от отправителя $S_A$ к получателю $S_B$ определяют множество возможных маршрутов, соответствующих заданным требованиям, затем определяют самый короткий (главный) маршрут из множества возможных. Допускают поток трафика для продвижения по главному маршруту получателю.

Если оператор связи на этапе допуска трафика для передачи обнаруживает отказ в выборе маршрута, вызванный недостаточностью ресурсов в логической структуре информационного направления, либо, когда передача трафика на всех возможных маршрутах не удовлетворяет заданным требованиям, то проверяют маршруты для информационного направления между абонентами с IP адресами $S_A$ и $S_B$ из множества $M=(m_1, m_2,\ldots m_j,\ldots m_M)$, и определяют самый короткий альтернативный маршрут $m_j$, где j=1, 2, 3,…,- номер маршрута из множества M, при этом самый короткий маршрут определяется, как маршрут с наименьшим количеством транзитных МАТ, находящимися между абонентами с IP адресами $S_A$ и $S_B$.

В зависимости от количества транзитных МАТ доверенных абонентов на маршруте продвижения приоритетного трафика, формируют сетевую дейтаграмму Di, где i=1, 2,…, используя известный метод инкапсуляции IP-in-IP с указанием в поле «Данные» новой дейтаграммы IP адреса получателя $S_B$ и IP адреса выходного интерфейса ближайшего к нему МАТ доверенного абонента по маршруту $m_1$ продвижения трафика. Кроме того, записывают в поле «Опции» сетевой дейтаграммы Di IP адрес отправителя $S_A$, IP адрес получателя $S_B$ и номер выбранного j-го альтернативного маршрута продвижения трафика.

Передают сформированную дейтаграмму Di в канал связи к ближайшему МАТ 4.2 доверенного абонента по маршруту передачи $m_j$. При получении сетевой дейтаграммы на доверенном МАТ 4.2 по адресу получателя $S_1$, считывают из поля «Опции» IP адрес отправителя $S_A$, IP адрес получателя $S_B$ и номер j-го маршрута продвижения трафика и сравнивают путем сопоставления значения поля «Опции» поступившей дейтаграммы Di со значениями, имеющимися в массиве маршрутов M. Если ни одна запись для данного пакета в маршрутно-адресной таблице не найдена, то пакет передается на обработку как пришедший адресату. При совпадении, сетевой пакет отправляется на декапсуляцию. Считывают заголовок вложенной дейтаграммы с IP адресом отправителя $S_2$ и IP адресом получателя $S_3$ входного интерфейса, следующего МАТ 4.3 по маршруту передачи $m_j$, и передают дейтаграмму $D_i$ с новым заголовком в канал связи с выходного интерфейса МАТ 4.2 с IP адресом $S_2$ к следующему МАТ 4.3 доверенного абонента по $m_j$ маршруту продвижения трафика. Продвигают сетевую дейтаграмму в соответствии с маршрутом $m_j$, повторяя действия приема, передачи, декапсуляции дейтаграммы $D_i$ на каждом из МАТ доверенных абонентов до тех пор, пока трафик не достигнет узла назначения (рисунок 3).

На узле назначения, по маршруту продвижения дейтаграммы, принимают сетевую дейтаграмму $D_i$ с IP адресом получателя $S_B$ и IP адресом отправителя $S_{Vj}$. Выполняют декапсуляцию и получают дейтаграмму с IP адресом отправителя $S_A$ и IP адресом получателя $S_B$, после чего пакет передается на обработку как пришедший адресату.

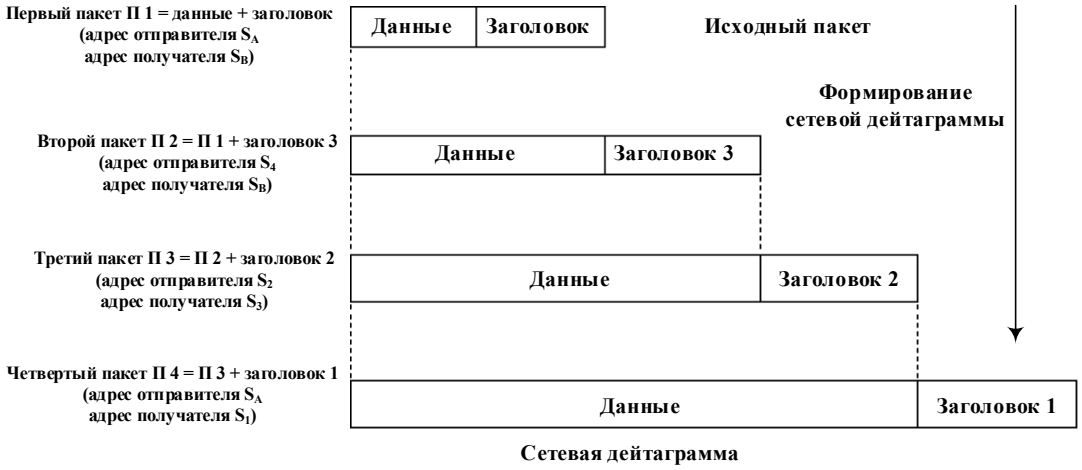



Рисунок 3. Порядок формирования заголовка сетевой дейтаграммы

Таким образом, в предложенном способе за счет неоднократного изменения в заголовке пакетов адреса отправителя и получателя (инкапсуляции пакетов), а также формирования маршрутов передачи трафика посредством установленных МАТ доверенных абонентов через сети связи, обслуживаемые разными операторами, обеспечивается предотвращение (существенное затруднение) определения существующих информационных потоков между элементами распределенной системы, выявления ее структуры, что позволит повысить их защищенность от удаленных атак.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стародубцев Ю.И., Евграфов А.А., Сухорукова Е.В.* Проблема формирования системы показателей для оценки защищенности информационно-телекоммуникационных сетей // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2014. № 3. С. 80-86.
2. *Закалкин П.В., Сагдеев А.К., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В.* Проблема формирования системы динамической защиты государственных информационных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании Сборник научных статей: в 3-х томах. 2016. С. 239-243.
3. *Стародубцев Ю.И., Чукариков А.Г., Корсунский А.С., Сухорукова Е.В.* Принципы безопасного использования инфраструктуры связи применительно к условиям техносферной войны // В сборнике: Интегрированные системы управления сборник научных трудов научно-технической конференции. 2016. С. 199-206.
4. *Вершенник А.В., Корчемкина М.Н., Куприянов Н.А., Сухорукова Е.В.* Анализ условий обеспечения подлинности информации при ее передаче по каналам ССОП ЕСЭ РФ // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 49-54.
5. *Безуглый Ю.А., Вершенник А.В., Попова А.В., Сухорукова Е.В.* Основные угрозы аутентификации // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 25-29.

6. Патент 26311144 Российская Федерация, МПК H04L 12/70. Способ маршрутизации трафика, имеющего приоритетный класс в сети связи, включающей двух и более операторов / Анисимов В.В., Бегаев А.Н., Попова А.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Федоров В.Г.; заявитель и патентообладатель Стародубцев Ю.И., Федоров В.Г. – 2016128288; заявл. 12.07.2016; опубл 19.09.2017. – 18 с.

**А.В. Вершенник, Е.В. Вершенник, И.Ю. Шункова**

## АТАКИ НА СИСТЕМУ МАРШРУТИЗАЦИИ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: безопасность систем маршрутизации, перехват трафика, перенаправление трафика

Аннотация: Арсенал технических средств, позволяющих злоумышленниками осуществлять воздействия на информационно-телекоммуникационные сети в целях нарушения конфиденциальности информации, постоянно растет. В существующих протоколах маршрутизации вопросы безопасности практически не рассматриваются, что может привести к реализации различного типа атак. Авторами статьи проведен анализ атак на систему маршрутизации

**A.V. Vershennik, E.V. Vershennik, A.V. Kiryanov. I.Y. Shunkova**

## ATTACKS ON THE ROUTING SYSTEM

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Key words: safety routing systems, interception of traffic, redirection of traffic

Annotation: the Arsenal of technical means allowing malefactors to carry out actions on information and telecommunication networks for the purpose of violation of confidentiality of information constantly grows. In existing routing protocols, security issues have not been studied, which can lead to the implementation of various types of attacks. The authors of the article analyze the attacks on the routing system

С каждым годом количество пользователей компьютерных сетей растет. Это, в свою очередь, обуславливает рост сложности структур сетей и взаимодействия между ними. Маршрутизация пакетов в сети играет важнейшую роль для обеспечения ее нормального функционирования.

Наличие уязвимых мест в междоменной маршрутизации может привести к отказу в обслуживании или к нарушению конфиденциальности важной информации.

Однако многие протоколы маршрутизации были разработаны без принятия существенных мер по защите передаваемой информации. Внутри протоколов отсутствуют механизмы защиты от атак, которые изменяют, удаляют, подменяют или воспроизводят перехваченные данные и могут вносить существенные помехи в работу системы маршрутизации [1-3], в то время как количество атак с каждым годом неуклонно растет (таблица 1).

Классификация атак представлена на рисунке 1.

По характеру воздействия различают пассивные атаки и активные атаки [4, 5].

*Пассивные атаки*, как правило, подразумевают несанкционированное «подслушивание» пакетов, которые посылают протоколы маршрутизации. В этом случае атакующая сторона не прерывает работу маршрутизирующего протокола, а только пытается узнать ценную информацию, прослушивая трафик маршрутизации. Как правило, обнаружить такие атаки очень сложно.

Таблица 1 – Примеры проведенных атак на систему маршрутизации

| | |
|---|---|
| 2003 г. – по н.в. | Проект «Золотой щит» (Китай). Блокирование нежелательного трафика. |
| Февраль 2008 г. | Pakistan Telecom осуществлял блокировку трафика YouTube (1час 40 мин.- 2 часа) путем анонсирования маршрута и перенаправления трафика через свою сеть. |
| 2011 – 2012 г. | Атаки на маршрутизаторы Cisco (2 инцидента). Троянец представлял собой модифицированное ядро, которое нужно было установить на маршрутизатор. Модификация приводила к ослаблению механизм выбор ключа шифрования Диффи – Хеллмана и позволяла нападающему дешифровать защищаемый трафик. |
| Январь 2012 г. | Переадресация трафика Google (недоступность сервисов в течение 27 минут). Перенаправление трафика через сеть Морател (индонезийский провайдер). |
| Февраль-май 2013 г. | Переадресация трафика в Беларуси (21 событие). Глобальный трафик был перенаправлен белорусскому интернет-провайдеру GlobalOneBel. Переадресации проводились почти ежедневно в течение февраля (в число жертв входили крупные финансовые учреждения, правительства и поставщики сетевых услуг.) |
| 2013 г. | Атаки на маршрутизаторы Cisco. Атакующие должны были получить контроль над административным интерфейсом операционной системы и модифицировать образ операционной системы, загруженной в память маршрутизатора. Изменения приводили к тому, что маршрутизатор начинал дублировать обрабатываемые пакеты, посылая их на указанный хакерами IP-адрес. В другом варианте этой же атаки хакер вмешивался в работу системы трансляции IP-адресов NAT, чтобы иметь возможность слушать трафик корпоративной сети. |
| Июль – август 2013 г. | Исландская переадресация трафика (17 «исландских событий»). Переадресация трафика действующему интернет-провайдеру Síminn, затем перенаправление трафика обратно по своему предназначению |
| 2014 – | Атаки на маршрутизаторы Cisco (более 200). Троянец позволял включать и |

| | |
|---|---|
| 2015 г. | выключать дистанционно некоторые функции маршрутизаторов. |
| Август 2015 г. | Атаки на маршрутизаторы Cisco. Дистанционная замена прошивки маршрутизатора. После замены прошивки атакующий может управлять работой устройства. Преимущество метода заключается в том, что эта возможность сохраняется и после перезагрузки маршрутизатора |
| 2016 г. | Trojan.AndroidOS.Switcher. Проводит brute-force атаку, пытаясь подобрать пароль к веб-интерфейсу администрирования маршрутизатора. Если атака проходит успешно, то троянец меняет в настройках маршрутизатора адреса DNS-серверов, так что все DNS-запросы с устройств, подключенных к атакованной Wi-Fi-сети, будут перенаправляться на серверы, находящиеся под контролем киберпреступников |
| Ноябрь 2016 г. | Атаки на клиентские маршрутизаторы. На устройство внедряется один из вариантов червя Mirai, формирующего новый ботнет для совершения DDoS-атак. |
| Декабрь 2017 г. | Опубликован в широком доступе эксплоит для уязвимости CVE— 2017-17215 маршрутизатора. уязвимость позволяет удаленно выполнить произвольные команды, вставляя метасимволы оболочки в процесс DeviceUpgrade. |

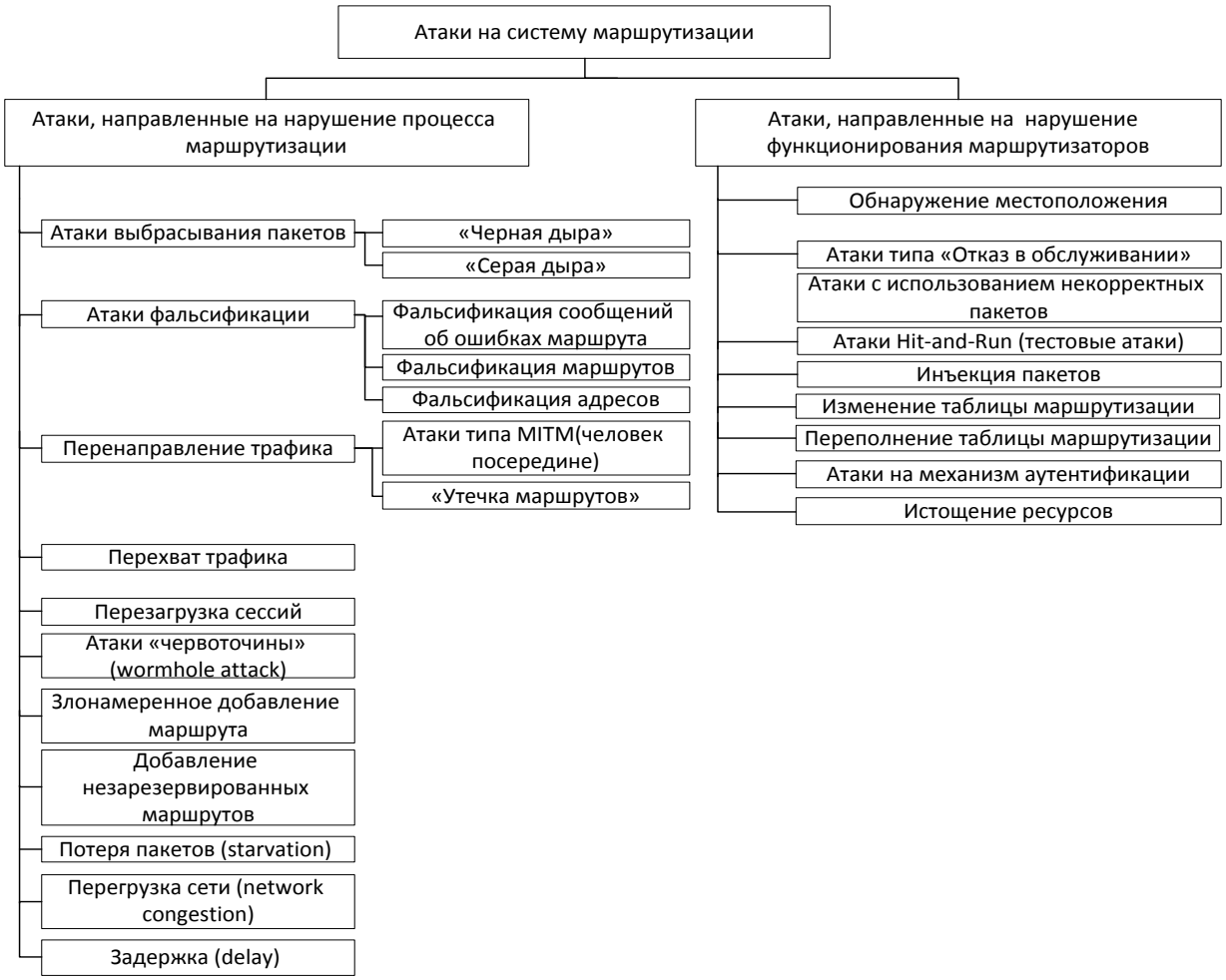



Рисунок 1. Классификация атак на систему маршрутизации

*Активные атаки* – это атаки, оказывающее непосредственное влияние на работу системы (изменение маршрутов, нарушение работоспособности маршрутизаторов и т. д.). Очевидной особенностью активного воздействия, по сравнению с пассивным, является возможность его обнаружения (с большей или меньшей степенью сложности).

По цели воздействия атаки на систему маршрутизации можно разделить на атаки, направленные на нарушение процесса маршрутизации, и атаки, направленные на нарушение функционирования маршрутизаторов.

К атакам, направленным на нарушение процесса маршрутизации, можно отнести:

*Атаки выбрасывания пакетов.* В данном типе атаки злоумышленник выборочно или полностью выбрасывает пакеты, нарушая нормальную работу сети.

В зависимости от модели, данная атака может быть далее разделены на два типа:

1. *Черная дыра:* для проведения данной атаки, узел злоумышленника сперва анализирует протокол маршрутизации, используя пассивные атаки прослушивания сетевого трафика. Далее, на этапе открытия направления протокола маршрутизации, узел злоумышленника объявляет себя знающим точный и короткий путь к необходимому узлу для того, чтобы иметь возможность перехватывать пакеты. Наконец, когда все пакеты до необходимого узла передаются к узлу атакующего, он осуществляет их выброс. Целью этой атаки является недоступность сети или нескольких сетей для всего или части Интернета [4, 6].
2. *Серая дыра:* данная атака отличается от предыдущей тем, что атакующий выбрасывает не все пакеты, а предварительно осуществляет их отбор на те, которые он перешлет далее и на те, которые будут выброшены [4, 7]

*Атаки фальсификации.* Такой тип можно разделить на следующие виды:

1. *Фальсификация сообщений об ошибках маршрута*.
2. *Фальсификация маршрутов*. Злоумышленник может передать сфальсифицированные данные о маршрутах, перенаправив таким образом сетевой трафик на подконтрольные узлы. [6]
3. *Фальсификация адресов.* Данные пересылаются через некий маршрутизатор или сеть, которые являются подставными. Узел злоумышленника выдает себя за другой узел, нарушая при этом конфиденциальность и исказив свою идентичность путем замены своего IP или MAC адреса на адрес другого узла. После того, как подмена идентификации произошла, узел злоумышленника может, например, объявить о неправильной маршрутизации с другими узлами сети. Очевидным примером такой атаки сможет служить создание маршрутных петель, что в конечном итоге приведет к недоступности узлов или разделению сети.

Другим примером такой атаки является атака Сибилы (Sybil attack). С помощью нее узлы злоумышленника могут не только подделывать идентификацию, но и доказывать свою подлинность путем предоставления ложных удостоверений. При осуществлении такой атаки могут создаваться ложные удостоверения о надежности определенного узла для привлечения к нему больших объемов трафика [4].

К этому виду атак можно отнести и фальсификацию адреса источника трафика. Как правило, такие атаки используют протокол без установления соединения UDP и основаны на эффекте усиления, когда небольшие запросы от многих источников порождают ответы значительно большего размера. Одна из критических систем, в основном использующая UDP и подверженная атакам такого рода, является DNS [6].

*Атаки «Перенапраление трафика».* В этом случае трафик, предназначенный одной сети, перенаправляется в другую сеть. Часто эта сеть находится в руках атакующего и маскируется под атакуемую сеть с целью, например, получение секретной информации. Также перенаправление может быть использовано для проведения злоумышленниками определенных краткосрочных акций, например рассылки спама. После этого такая сеть, или ее фантом, разумеется, исчезает. Часто злоумышленниками используется нераспределенное или давно неиспользуемое адресное пространство [6].

К данному типу атак можно отнести атаки типа:

1. *MITM(человек посередине).* В этих случаях атакующий становится невидимым посредником между отправителем и получателем. [9].
2. *«Утечка маршрутов».* Существуют два главных вида утечки маршрутов: один, при котором сеть импортирует узнанные маршруты в одной части своей сети и преобразовывает внутренние маршруты в экспортируемые маршруты в другой части сети. Маршруты, которые по ошибке обрабатываются таким образом, видятся другим сетям, как будто они берут начало в этой сети. Другой вид утечки заключается в том, что полученные маршруты из одной сети-пира по ошибке экспортируются другому пиру. В этом случае внешнее представление заключается в том, что утекшие маршруты указывают на эту сеть как на транзитную [10].

*Атака «Перехват трафика».* Эта атака похожа на предыдущую, только после прохождения по сети-перехватчику трафик возвращается в нормальное русло и попадает к получателю. Из-за этого такую атаку труднее обнаружить. Целью обычно является "подслушивание" или модификация передаваемых данных [6]. К этому типу атак можно отнести атаку Пилосова-Капеллы, которая заключается в перехвате трафика, незаметно как для отправителя и получателя трафика, так и для большинства других участников. Данная атака основана на том, что практически любой префикс может быть захвачен без нарушения сквозной связности. Причем сделать это можно сделать очень незаметно, замаскировав присутствие атакующего на пути следования трафика. Суть атаки сводится к перехвату трафика стандартными методами (например, путем анонсирования атакующим более длинного префикса атакуемой сети, что делает анонс данной подсети более). Далее трафик возвращается в прежнее русло, путем конфигурации статического маршрута атакующим. В результате трафик передается сети, являвшейся частью изначального пути передачи трафика. Далее передача трафика происходит абсолютно законным путем. Для маскировки движения трафика атакующая сеть производит манипуляцию с параметром TTL (Time To Live) пакетов перехваченного трафика. Согласно протоколу, при передаче пакета от одного маршрутизатора к другому, каждый узел сети уменьшает этот параметр на единицу. Не изменяя этот параметр при прохождении по атакующей сети, злоумышленники могут «замаскировать» этот участок, исключив, таким образом, атакующего из видимого пути передачи трафика. Для утилит типа traceroute участки пути в сети атакующего просто не попадают в список [6].

*Атаки «червоточины» (wormhole attack).* При таком типе атаки, атакующий перехватывает пакеты от одного узла сети и посредством туннеля передает их в другой отдаленный узел сети [4]. Данная атака препятствует протоколам маршрутизации, использующимся в сети, правильно выстраивать маршруты между узлами, находящимися на расстоянии в один или нескольких узлов.

*Злонамеренное добавление маршрута.* При отсутствии элементов управления безопасностью злоумышленник может послать обновления с информацией о некорректной маршрутизации.

*Добавление незарезервированных маршрутов.*Один из способов злонамеренного искажения маршрутов заключается в добавлении маршрутов на незарезервированные префиксы (не присвоенные какой-либо организации): эти адреса никто не должен использовать, так что никакого трафика на них передаваться не должно. Соответствующая атака предусматривает указание маршрутов в подсетях, которые зарезервированы, но не используются той организацией, которой они выделены.

*Перезагрузка TCP.* Хакеры могут использовать протокол Internet Control Message Protocol (ICMP) для перезагрузки сессий. Существующие спецификации IETF не предусматривают, чтобы маршрутизаторы проверяли номера последовательности в получаемых сообщениях ICMP. Следовательно, хакеры могут имитировать сообщения ICMP об ошибках, которые вызовут перезагрузку TCP-сессии (аппаратные ошибки) или снижение пропускной способности (программные ошибки). Перезагрузка TCP прерывает сессии взаимодействия с другими узлами, заставляя маршрутизаторы перестраивать таблицы маршрутизации.

*Потеря пакетов (starvation).* Трафик, адресованный узлу, пересылается в ту часть сети, которая не может обеспечить его доставку, в результате чего происходит потеря трафика.

*Перегрузка сети (network congestion).*Через какую-либо сеть будет пересылаться больше данных, нежели эта сеть способна обработать. Кроме того, маршрутная информация сама по себе может стать значительной частью передаваемого по сети трафика.

*Задержка (delay).* Данные, адресованные узлу, пересылаются по более длинному пути, чем обычно. Это может привести как к задержкам при передаче данных, что особо заметно при передаче потокового видео- и аудио-контента, так и к потере части трафика, т.к. у некоторых пакетов может истечь значение TTL из-за слишком длинного пути.

К атакам, направленным на нарушение функционирования маршрутизаторов, можно отнести:

*Обнаружение местоположения.* Атаки данного типа пытаются узнать различную информацию о месторасположении узлов или о структуре сети [5].

*Атаки типа «Отказ в обслуживании».* DoS-атака выполняется злоумышленником, у которого есть мотивация на отправку огромного количества пакетов (flooding) маршрутизатору или другим устройствам, влияющим на доступность. Отправка большего количества ICMP-пакетов из нескольких источников делает маршрутизатор неспособным обрабатывать трафик [11].

*Атаки с использованием некорректных пакетов.* Маршрутизатор не может правильно обработать пакеты и создает в сети петли, отказ в обслуживании, перегрузку и т. д.

*Атаки Hit-and-Run (тестовые атаки).* Злоумышленник отправляет вредоносные пакеты маршрутизатору и смотрит на результат. Эта атака может привести к тому, что маршрутизатор будет выполнять необычные действия, которые зависят от кода, введенного злоумышленником [11].

*Изменение таблицы маршрутизации.* Нежелательное или вредоносное изменение в таблице маршрутизации маршрутизатора путем редактирования пакетов обновления информации маршрутизации, которые распространяются устройствами.

*Переполнение таблицы маршрутизации.* При таком способе атаки вредитель пытается создать маршруты к несуществующим узлам. Цель атаки заключается в создании маршрутов, которые бы предотвратили создание новых маршрутов путем переполнения таблицы маршрутизации протокола.

*Атаки на механизм аутентификации.* Направлены на взлом хэша ме[анизма аутентификации (например, MD5 для протокола BGP) [8].

Таким образом, междоменная маршрутизация сегодня недостаточно безопасна, а сложная экономическая ситуация препятствует распространению улучшенных версий протоколов. Устранение уязвимых мест в междоменной маршрутизации – это перспективная задача, требующая незамедлительного решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:


1. RFC 4272 — Анализ уязвимостей протокола BGP.
2. *Стародубцев Ю.И., Чукариков А.Г., Корсунский А.С., Сухорукова Е.В.* Принципы безопасного использования инфраструктуры связи применительно к условиям техносферной войны. // В сборнике: Интегрированные системы управления сборник научных трудов научно-технической конференции. 2016. С. 199-206.
3. *Закалкин П.В., Сагдеев А.К., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В.* Проблема формирования системы динамической защиты государственных информационных систем. // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании Сборник научных статей: в 3-х томах. 2016. С. 239-243.
4. *Гришечкина Т.А.* Анализ атак на сетевые протоколы в мобильных сенсорных сетях AD HOC // Известия ЮФУ. Технические науки. Стр. 68 – 74,
5. *Пряхин В.* Безопасность маршрутизации в беспроводныхAd Hoc сетях. Электронный ресурс http://re.mipt.ru/infsec/2004/essay/2004_Secure_routing_in_wireless_ad_hoc_networks_SRP_ARAN_Protocols__Pryakhin.htm Протоколы SRP, ARAN. Дата обращения 20.03.2018 г.
6. *Робачевский А.* Безопасность системы маршрутизации интернета. Электронный ресурс http://www.ripn.net/articles/secure_routing/. Дата обращения 20.03.2018 г.
7. *Priyanka Goyal, Vinti Parmar, Rahul Rishi.* MANET: Vulnerabilities, Challenges, Attacks, Application, IJCEM International Journal of Computational Engineering & Management. – 2011. – Vol. 11. – P. 32-37.
8. *Бирюков А.А.* Информационная безопасность: защита и нападения. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: LVR Пресс, 2017. – 434 с.
9. *Робачевский А.* Анатомия тотального прослушивания. Электронный ресурс. - http://www.ripn.net/articles/ Strengthening_the_Internet/ Дата обращения 20.03.2018 г.
10. *Джефф Хьюстон.* Еще больше «утечек маршрутов. Электронный ресурс http://internetinside.ru/eshhe-bolshe-utechek-marshrutov/. Дата обращения 20.03.2018 г.
11. *Римский Э.* Маршрутизатор – определяем типы атак. Электронный ресурс https://14bytes.ru/marshrutizator-opredelyaem-tipy-atak/. Дата обращения 20.03.2018 г.

**А.В. Вершенник, П.В. Закалкин, Н.А. Куприянов**

# СПОСОБ ЗАЩИТЫ АБОНЕНТСКИХ ЛИНИЙ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: технический канал утечки, электронное устройство, радиоэлектронное средство.

Аннотация: В статье рассматривается способ обнаружения несанкционированно установленных радиоэлектронных средств на абонентских линиях связи, который может быть использован для выявления технических каналов утечки конфиденциальной информации, образованных с помощью несанкционированно установленных на абонентских линиях радиоэлектронных средств

**A.V. Vershennik, P.V. Zakalkin, N.A. Kupriyanov**

# METHOD OF PROTECTING SUBSCRIBER LINES

Military Telecommunication Academy named after the Soviet Union Marshal
S. M.Budienny, Saint-Petersburg, Russia

Keywords: technical channel leakage, electronic device, electronic means.

Abstract: The article discusses a method for detecting unauthorized radio electronic equipment installed on subscriber lines, which can be used to identify technical channels of leakage of confidential information, formed using unauthorized installed on subscriber lines, electronic means

Современный этап развития российского общества характеризуется существенным возрастанием роли и актуальности проблем обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности. Особенно показателен этот процесс для сферы информационной безопасности (ИБ), которая за последние десятилетия превратилась в мощный сегмент рыночной индустрии современных информационно-телекоммуникационных технологий.

В связи с тем, что информация является предметом собственности, неизбежно возникает проблема угрозы безопасности этой информации, заключающейся в неконтролируемом ее распространении, в хищении, несанкционированном уничтожении, искажении, блокировании доступа к информации. Следовательно, возникает проблема защиты информации (ЗИ) и ее носителей от несанкционированных воздействий, а также предотвращения других форм незаконного вмешательства в информационные ресурсы и информационные системы [1-6].

Одной из важнейших задач ЗИ от ее негласного добывания является контроль защищенности информации, целью которого является выявление потенциальных естественных и искусственных (созданных с помощью средств негласного съема информации) технических каналов утечки информации [1-6].

Для перехвата телефонных разговоров наиболее часто используется электрический канал перехвата информации. Электрический канал перехвата информации, передаваемой по кабельным (проводным) линиям связи, предполагает контактное подключение аппаратуры перехвата к кабельным линиям связи [1].

При этом подключение к абонентским линиям автоматических телефонных станций (АТС) несанкционированно установленных радиоэлектронных средств (НУРЭС) может осуществляться как параллельно, так и последовательно.

При последовательном включении питание НУРЭС осуществляется от автоматических средств коммутации, что обеспечивает неограниченное время ее работы. Однако НУРЭС с последовательным подключением потенциально можно обнаружить за счет изменения параметров линии, в частности, падения напряжения, но при этом необходимо отличать абонентское оборудование. В ряде случаев используется последовательное подключение с компенсацией падения напряжения, но реализация этого способа требует наличия дополнительного источника питания.

НУРЭС с параллельным подключением к линии также могут питаться от абонентской линии. Чем выше входное сопротивление НУРЭС, тем незначительнее изменение параметров линии и тем труднее ее обнаружить.

Перехваченную с абонентской линии информации НУРЭС в большинстве случаев передают по радиоканалу. В качестве антенны может использоваться собственная антенна или абонентская линия. Для передачи информации наиболее часто используются VHF (метровый), UHF (дециметровый), GHz (ГГц) диапазоны длин волн и частотная широкополосная (WFM) или узкополосная (NFM) модуляция сигнала [3]. При этом необходимо отличать сигнал, передаваемый радиозакладкой от общего фона радиозагрузки в диапазоне работы закладок.

Существуют различные способы защиты информации от утечки по техническим каналам [1 – 4, 6 - 8], однако они обладают рядом недостатков, основным из которых является низкая достоверность обнаружения и идентификации НУРЭУ. При этом НУРЭУ может быть не обнаружено в случае совпадения частоты ее радиоизлучения и расписания работы с частотой излучения и расписанием работы санкционированно установленных на объекте электронных установок. Кроме того, в случае обнаружения на объекте радиоизлучения электронной установки неизвестного типа возникает неопределенность еще и относительно назначения указанной установки, т.к. зачастую применяется ограниченная совокупность признакового пространства, и не предусматривается учет данных о спектральных составляющих радиоизлучений санкционированно установленных радиоэлектронных установок и расписании их работы.

Таким образом, возникает необходимость разработки способов обнаружения несанкционированно установленных радиоэлектронных средств на абонентских линиях связи при отсутствии предварительных данных о параметрах устройств [5, 9].

Авторами предлагается способ, который может быть реализован следующим образом (рисунок 1) [9]:

К блоку питания автоматической телефонной станции (АТС) подключают генератор низкочастотного переменного синусоидального напряжения с частотой, не кратной напряжению питающей сети (рисунок 2).

В районе расположения АТС, устанавливают широкополосный сканирующий приёмник, работающий в диапазонах частот, охватывающих потенциально возможный диапазон работы НУРЭС, возможно подключенных к абонентским линиям.

Выбирают абонентскую линию, подключенную к АТС.

К абонентской линии подключают генератор переменного синусоидального напряжения и накладывают на постоянное напряжение питания абонентской линии специализированный сигнал с уникальной частотой и амплитудой, не выходящими за пределы требований документов, регламентирующих возможный диапазон изменения питающих напряжений, т.е. не влияющих на работоспособность абонентской линии и оконечных устройств.

Включают широкополосный сканирующий радиоприемник в режиме сканирования в заданном диапазоне частот.

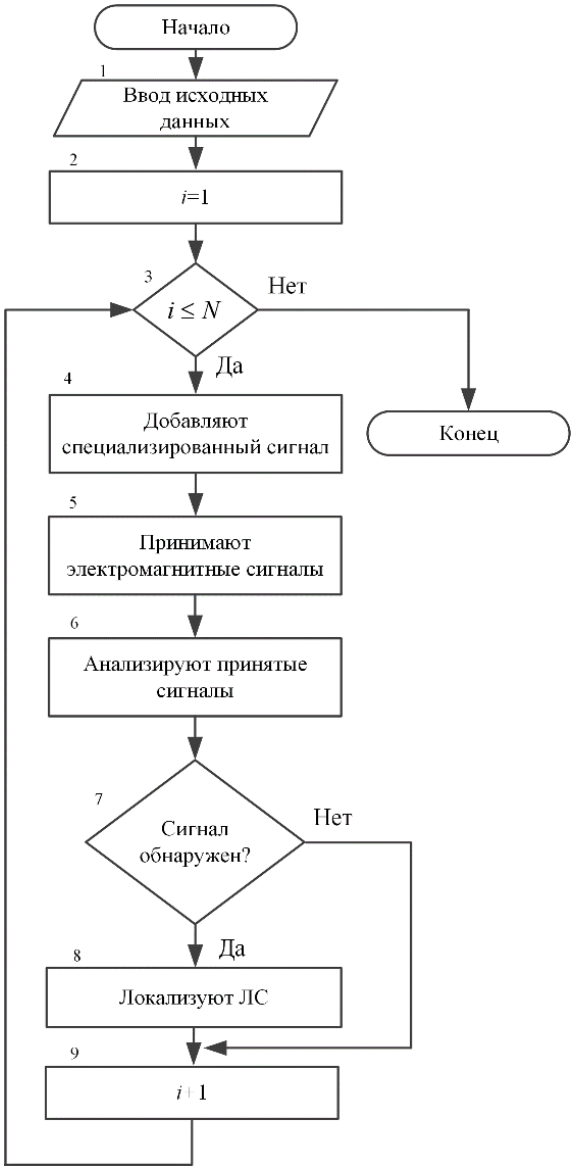



Рисунок 1. Блок-схема алгоритма, реализующая способ обнаружения несанкционированно установленных радиоэлектронных средств на абонентских линиях связи

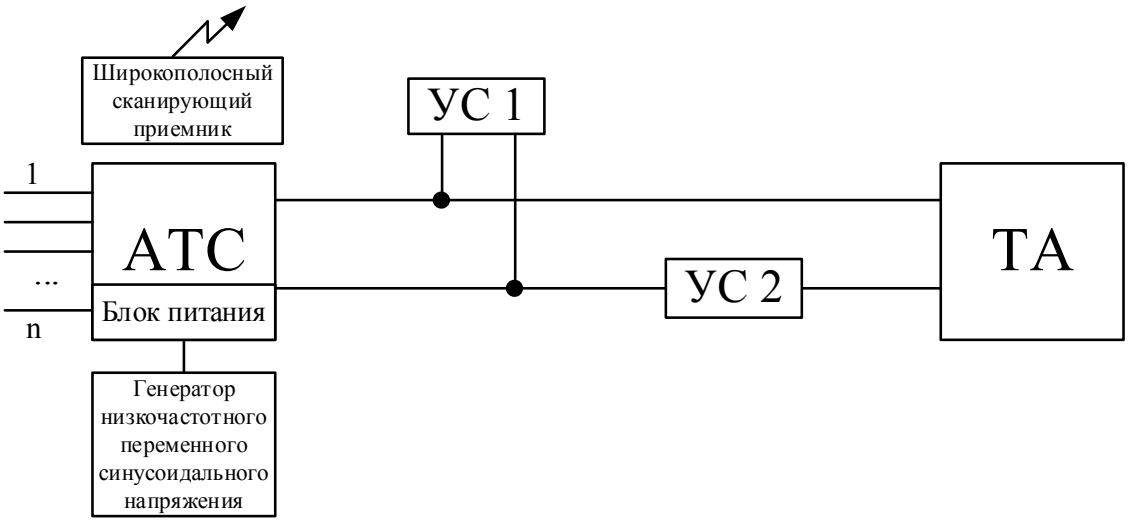



Рисунок 2. Схема установки для мониторинга наличия (отсутствия) НУРЭС на абонентских линиях связи

Принимают все электромагнитные сигналы в полосе частот, заданной для мониторинга. Прием осуществляется до того момента, пока не будет полностью осуществлен анализ всего диапазона частот. Анализируют характеристики принятых электромагнитных сигналов.

Выявляют сигнал, включающий спектральные составляющие с частотой специализированного (наложенного) сигнала. В случае, если сигнал обнаружен, локализуют абонентскую линию. Абонентская линия отключается от АТС до момента обнаружения и снятия НУРЭС. Далее переходят к анализу следующей абонентской линии.

Таким образом, за счет искажения исходного состояния параметров излучения несанкционированно установленных на абонентской линии радиоэлектронных средств, приводящее к появлению демаскирующих признаков в структуре их электромагнитных сигналов, повышается вероятность их определения при заранее неизвестных исходных параметрах электромагнитных сигналов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лобашев, А.К.* Защита информации от утечек по техническим каналам. [Электронный ресурс]: – URL: http/ http://mascom-uc.ru/library/354/. Дата обращения 29.08.2017 г.
2. *Стародубцев, Ю.И.* Управление качеством информационных услуг / А.Н. Бегаев, М.А. Давлятова, Ю.И. Стародубцев// – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2017. – 454 с.
3. *Хорев, А.А.* Техническая защита информации т.1. / А.А. Хорев // – Москва.: НПЦ «Аналитика», 2008.
4. *Беликова И.С., Закалкин П.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В.* Способ обнаружения электронных устройств несанкционированно установленных в контролируемой зоне // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2016. – № 5 (319). – С. 150-156.
5. *Вершенник Е.В., Закалкин П.В., Куприянов Н.А., Стародубцев П.Ю.* Способ обнаружения несанкционированно установленных радиоэлектронных средств на

абонентских линиях связи // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2017. № 5 (325). С. 156-162.
6. *Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Корсунский А.С., Масленникова Т.Н., Вершенник А.В.* Задача обнаружения несанкционированно установленных радиоэлектронных устройств и способ ее решения // Автоматизация процессов управления. 2017. № 2 (48). С. 4-9.
7. Патент 2606634 Российская Федерация, МПК G01S 7/28 (2006.01). Способ обнаружения сверхширокополосных сигналов / Алисевич Е.А., Закалкин П.В., Санин И.Ю., Стародубцев Ю.И., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет» – 2015105312; заявл. 12.02.2015; опубл 10.01.2017, бюлл. № 1. – 14 с.
8. Патент 2558333 Российская Федерация, МПК G01S 3/02. Способ определения местоположения несанкционированно установленных на объекте электронных устройств. /Закалкин П.В., Савченко Ю.Е., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Панкова Н.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет». – 2014112381/07; заявл. 31.03.2014; опубл. 27.07.2015. – 21 с.
9. Патент 2621455 Российская Федерация, МПК G01R 29/08. Способ обнаружения несанкционированно установленных радиоэлектронных средств на абонентских линиях связи. / Закалкин П.В., Куприянов Н.А., Стародубцев П.Ю., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В.; заявитель и патентообладатель Стародубцев Пётр Юрьевич. – 2016119180; заявл. 17.05.2016; опубл 06.06.2017. – 13 с.

**Е.В. Жильникова, И.А. Сахаров, Г.Р. Романов**

## ОБЗОР МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: распознавание лиц, методы распознавания лиц, Eigenfaces, активные модели внешнего вида, локальные бинарные шаблоны (ЛБШ).

В статье будут рассмотрены методы распознавания лиц. Выделены достоинства и недостатки методов. Основное внимание уделено методам Eigenface, активным моделям внешнего вида и локальным бинарным шаблонам.

**E.V. Zhilnikova, I.A. Sakharov, G.R. Romanov**

# REVIEW OF METHODS AND ALGORITHMS OF RECOGNITION OF PERSONS

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: face recognition, face recognition methods, Eigenfaces, active models of appearance, local binary patterns (LBP).

The article will consider methods of face recognition. Advantages and disadvantages of methods are highlighted. The main attention is paid to Eigenface methods, active models of appearance and local binary patterns.

Все больше компаний, работающих с машинным обучением, пытаются повысить эффективность методов распознавания лиц. Обеспечение безопасности и комфорта человеческой жизни в наше время является одним из важных вопросов, не теряющий своей актуальности.

Система идентификации на основе визуальных данных, предназначена для распознавания людей в местах большого скопления людей. Данные системы все более актуальны в наше время.

Распознавание лиц – широко распространенная технология компьютерного зрения, направленная на локализацию и идентификацию человека.

В настоящее время система распознавания лиц имеет практическую значимость. Она применима как для всеми известной технологии разблокировки телефона или компьютера, так и для оплаты товаров, или для определения людей, которые входят в «чёрный список» магазинов или клубов.

Системы распознавания лиц состоят из 3 основных этапов:

- обработка изображения, на данном этапе происходит восстановление, очистка изображения от шумов, изменение изображения (размеры, четкость и др.);
- анализ изображения – выделение лиц, извлечение информации из изображения;
- распознавание – кластеризация вектора признаков, полученного в результате выполнения предыдущего этапа.

При распознавании лиц часто возникают следующие трудности:

- изменение освещения;
- различные повороты лица;
- возрастные изменения;
- перекрытие лица, в результате динамики изображения.

Рассмотрим методы распознавания лиц. Прежде всего методы распознавания делятся на методы, основанные на значениях яркости пикселей и методы, основанные на характерных (антропометрических точках).

Первая группа методов включает в себя метод Eigenfaces, Fisherfaces (фишеровские лица, потомок Eigenfaces) и локальные бинарные шаблоны. Вторая группа методов состоит из двух методов: активные модели форм и активные модели внешнего вида.

Особое внимание уделим методам: Eigenfaces, локальные бинарные шаблоны и активные модели внешнего вида.

Eigenfaces называемый также собственные лица, метод использующий двумерные изображения в градациях серого (отличительные характеристики изображения лица). Алгоритм основан на методе главных компонент, а точнее нахождение главных компонент из нормализированных изображений обучающей выборки [1].

Алгоритм обучения метода Eigenfaces, представлен на рисунке 1:

1. получаем массив фотографий;
2. получение матрицы всех изображений из этого массива;
3. вычисление среднего лица для базы данных;
4. вычисление матрицы разностных изображений;
5. вычисление ковариационной матрицы и её собственных векторов;
6. вычисление собственных векторов матрицы разностных изображений и вектора их весов.

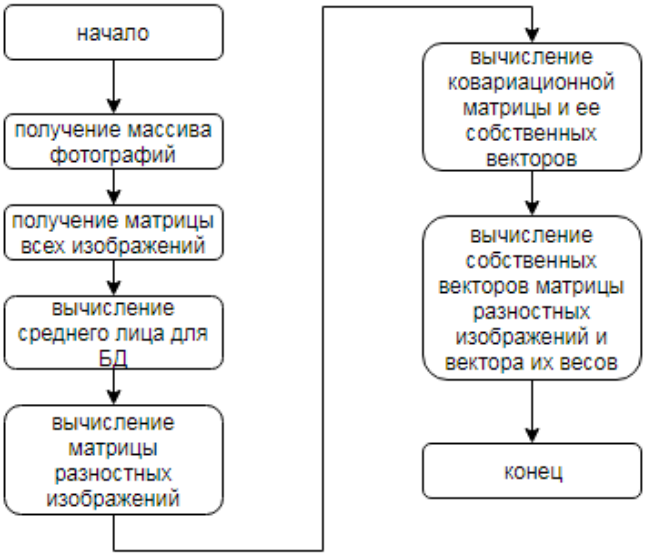



Рисунок 1 –Алгоритм обучения Eigenfaces

Преимущества метода Eigenfaces:

– быстрое распознание;
– база данных изображений занимает мало места.

Недостатки метода:

– чувствителен к освещению;
– чувствителен к смене ракурса;
– отсутствие инвариантности к аффинным преобразованиям;
– обучение происходит только один раз, в дальнейшем если добавляется новое лицо приходится переобучать алгоритм.

Локальные бинарные шаблоны (ЛБШ) – оператор преобразования полутоновых изображений, предложен в 1996 году. В методе ЛБШ описание окрестности пикселя представлено в двоичном представлении. Базовый оператор ЛБШ, применим к пикселю изображения, использует восемь пикселей окрестности, в качестве порога принимается значение интенсивности центрального пикселя. Если значение интенсивности пикселя окрестности больше либо равен значению интенсивности центрального пикселя, то пиксели принимают значения «1», в противном случае принимают значение «0». В итоге получаем двоичный восьмиразрядный код [2].

Алгоритм метода ЛБШ, изображено на рисунке 2:

1. обработка (нормализация) изображения;
2. разбиение на подобласти исходного изображения;
3. вычисление бинарного восьмиразрядного кода, путем применения оператора ЛБШ;
4. построение гистограммы для подобласти;
5. конкатенация гистограмм для получения общей гистограммы;
6. построение решающего правила, подходом взвешенного расстояния Кульбака – Лейблера.

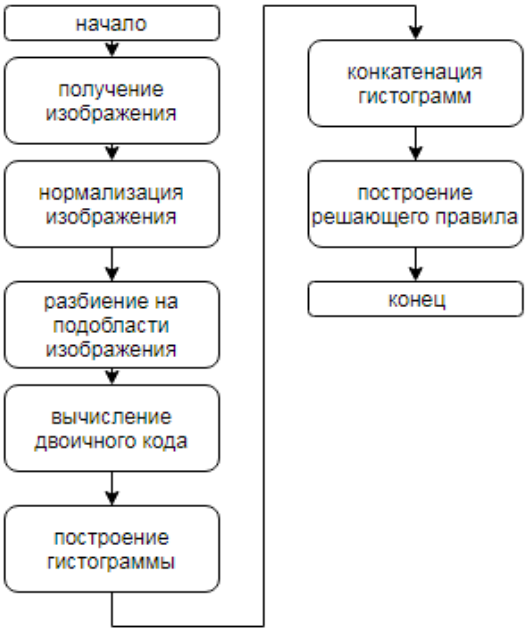



Рисунок 2 – Локальные бинарные шаблоны

Преимущества ЛБШ:

– не чувствителен к смене ракурса;
– высокий процент верного обнаружения лиц;
– высокая скорость работы.

Недостатки метода ЛБШ:

– чувствителен к шумам.

Активные модели внешнего вида (англ. Active Appearance Models) – в основе этого алгоритма используются статистические модели изображений, которые после деформации накладываются на реальное изображение.

Активные модели внешнего вида содержат два вида параметров:

1. связаны с формой (параметры формы);
2. связаны со статистической моделью изображений (параметры внешнего вида).

Данная модель должна быть обучена на вручную размеченных изображениях. Обучение начинается с нормализации форм на размеченных изображениях, для этого используется обобщенный Прокрустов анализ или путем аппроксимации методом главных компонент.

Алгоритм активных моделей внешнего вида изображен на рисунке 3:

1. исходное изображение;
2. вычислить параметры модели;
3. вычислить аффинные преобразования формы;

4. вычислить вектор ошибки;
5. вычислить вектор возмущения;
6. обновить вектор параметров и аффинных преобразований путем суммирования их текущих значений и вектора возмущения;
7. если сходимость достигнута, то обучение окончено, в противном случае повторение алгоритма с пункта 4 [3].

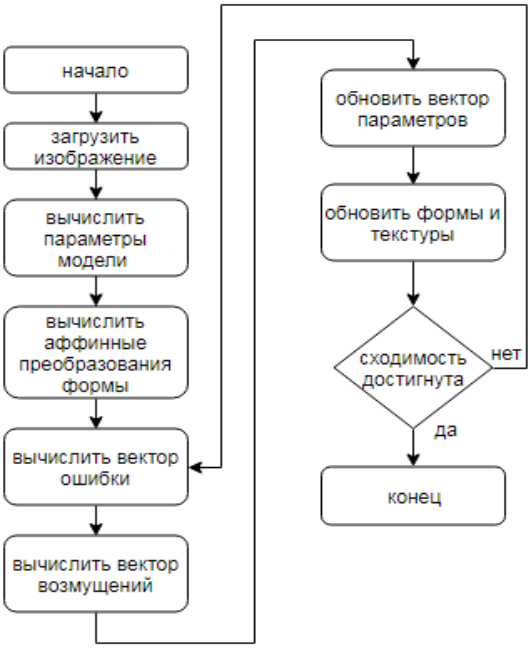



Рисунок 3 – Алгоритм активных моделей внешнего вида

Преимущества активных моделей внешнего вида:

– высокий процент детектирования;
– высокая скорость работы.

Недостатки алгоритма:

– разметка изображений происходит вручную;
– перед обучением необходимо нормализовать изображение.

В статье проведен краткий обзор основных методов распознавания, применяемых в современных системах видеонаблюдения, выделены их преимущества и недостатки. В итоге были выделены два актуальных метода распознавания лиц, локальные бинарные шаблоны и активные модели внешнего вида, обладающие высоким процентом детектирования и скоростью работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Face Recognition with OpenCV* [Электронный ресурс] URL: http://docs.opencv.org/2.4/modules/contrib/doc/facerec/facerec_tutorial.html (дата обращения 12.03.2018)
2. *Петрук В.И., Самородов А.В., Спиридонов И.Н.* Применение локальных бинарных шаблонов к решению задачи распознавания лиц // Вестник Московского

государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение – 2011, № S, с. 58-63.
3. *Д.С. Безыкорнов, А.И. Тюрин, М.А. Степаненко, Э.С. Соколова* Анализ эффективности алгоритмов поиска ключевых точек на лице в условиях недостаточной графической информации // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева – 2015, № 3(110), с. 91 – 97

**А.С. Жук[1], В.А. Головской[2]**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ ИНЪЕКТИВНЫХ РЮКЗАЧНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ НСД

[1]Некоммерческое частное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский институт информзащиты», Краснодар, Россия, *arseniyzhuck@mail.ru*

[2]Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное училище»

Ключевые слова: модель защиты от несанкционированного доступа, иерархическая система защиты, криптографическое распределение ключей, задача о рюкзаке, мультипликативный рюкзачный вектор, инъективность рюкзачного вектора.

Рассматривается возможность применения задач диофантового анализа для проектирования иерархической модели защиты информации от несанкционированного доступа, а также возможность применения задачи об обобщенном мультипликативном рюкзаке. В рамках требований к рюкзачному вектору сформулированы условия, при которых мультипликативный рюкзачный вектор будет обобщенно инъективным. Анализируется возможность разработки алгоритма построения инъективного вектора и производится предварительная оценка сложности указанного алгоритма.

**A.S. Zhuck[1], V.A. Golovskoy[2]**

# INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF GENERALIZED INJECTIVE BACKGROUND VECTORS FOR MODELING THE INFORMATION PROTECTION SYSTEM FROM UNAUTHORIZED ACCESS

[1]Kuban Institute of Informprotection, Krasnodar, Russia

[2]Krasnodar Higher Military School named after S.M. Shtemenko, Krasnodar, Russia

Keywords: model of protection against unauthorized access, hierarchical security system, cryptographic key distribution, the task about a backpack, cartoon backpack vector, injectivity of the backpack vector.

The paper considers the possibility of using Diophantine analysis tasks to design a hierarchical model of information protection against unauthorized access, as well as the possibility of applying the problem of generalized multiplicative backpack. As part of the requirements for the backpack vector formulated the conditions under which the multiplicative backpack vector will be generalized injective. The possibility of developing an algorithm for constructing an injective vector is analyzed and a preliminary assessment of the complexity of this algorithm is made.

В современных распределенных информационных системах с выделенным файловым хранилищем основной проблемой информационной безопасности является реализация защиты данных от несанкционированного доступа. В рамках решения этой проблемы рассматриваются модели защиты от несанкционированного доступа (далее НСД) к иерархическим данным с криптографическим распределением ключей «сверху-вниз». Примерами основных методов распределения ключей, применяемыми в данных системах являются, например, алгоритм J.Yeh, алгоритм хэш-функций, Hwang алгоритм [1-3].

Основной подход для построения таких систем строится на том утверждении, что пользователь с более высоким уровнем иерархии имеет доступ к информации своих потомков [1], в то время как доступ в обратном направлении не возможен. Безопасность подобных систем строится на безопасности применяемых криптоалгоритмов. Но при этом такой подход абсолютно не предусматривает защиту от нерегламентированных действий самих пользователей с высоким уровнем полномочий. В частности, в системах с криптографическим распределением ключей технически возможен несанкционированный информационный поток от родителя к потомку [2, 4]. В работе [5] приведена модель такого информационного потока и формализована математическая постановка задачи совершенствования данной системы в целях предотвращения несанкционированного обмена информацией между пользователями различного уровня иерархии. Отметим, что подобная задача решена в большинстве современных мандатных моделей контроля доступа [6-8]. Тем не менее, в иерархических системах с криптографическим распределением ключей данная проблема остается актуальной.

Предлагается рассмотреть возможность использования задачи об обобщенном мультипликативном рюкзаке для синтеза иерархической мандатной модели контроля доступа. На основании требований к системам защиты от НСД с криптографическим распределением ключей в работе [9] были сформулированы требования, которым должен удовлетворять рюкзачный вектор. В данной работе модифицируем их следующим образом:

рюкзачный вектор должен быть инъективным;

задача о рюкзаке должна предполагать нахождение решение алгоритмом с вычислительной сложностью, не менее экспоненциальной;

алгоритм построения инъективного рюкзака должен обладать вычислительной сложностью не более полиномиальной.

Исследование строится на гипотезе, что существует некоторое множество мультипликативных обобщенных рюкзачных векторов (далее МОРВ), удовлетворяющих этим трем условиям.

Рассмотрим обобщенный мультипликативный рюкзачный вектор $A_{MP} = (a_1, a_2, a_3, ..., a_n)$ с заданным пороговым значением $p$ и множество $Z_p = \{0, 1, ..., p-1\}$. Для заданного натурального числа $V$ требуется установить, существует ли вектор $w = (w_1, w_2, ..., w_n)$, $w_1, w_2, ..., w_n \in Z_p$, такой, что $a_1^{w_1} \cdot a_2^{w_2} \cdot ... \cdot a_n^{w_n} = V$, и найти его. Пара вида $(A_{MP}, V)$ называется входом задачи об обобщенном мультипликативном рюкзаке.

Рюкзачный вектор $A_{MP} = (a_1, a_2, a_3, ..., a_n)$ с заданным пороговым значением $p$ называется обобщенно инъективным, если для любых натуральных чисел $V$ вход задачи об обобщенном мультипликативном рюкзаке $(A_{MP}, V)$ имеет не более одного решения.

Заметим, что, несмотря на обширные исследования в области рюкзачных векторов и результаты [10-13] решения задачи построения инъективных аддитивных рюкзаков, формализация условий инъективности мультипликативных векторов на данный момент не завершена. Тем не менее, в работах [9, 12] уже приведены начальные результаты исследования МОРВ на инъективность.

В рамках данной статьи исследуется задача определения возможности построения инъективных обобщенных мультипликативных рюкзачных векторов, удовлетворяющих введенным выше условиям.

Сформулируем и докажем достаточное условие инъективности МОРВ. Для этого рассмотрим классификацию мультипликативных рюкзаков, впервые приведенную в [14]. В рамках данного исследования интерес представляет следующий класс рюкзачных векторов.

Для заданного значения $p$ рассмотрим рюкзачные векторы размерности $n$ такие, что $A_p = (a_1, a_2, ..., a_n) \forall i, j = 1..n$: НОД$(a_i, a_j)$=1. Обозначим такие векторы $A_p^n$, а множество всех таких векторов через $A_p^{n*}$.

Утверждение 1. Любой вектор $A_p^n \in A_p^{n*}$ инъективен для произвольного значения параметра $p$.

Доказательство.

Пусть это не так, тогда

$$\exists V: \quad \exists w_1 = (\alpha_1, ..., \alpha_n),\ \exists w_2 \neq w_1, w_2 = (\alpha_1', ..., \alpha_n').$$

Не будем рассматривать $\alpha_i = 0,\ \alpha_i' = 0,$ получим

$$V = a_{k_1}^{\alpha_{k_1}} \cdot a_{k_2}^{\alpha_{k_2}} \cdot ... \cdot a_{k_c}^{\alpha_{k_c}} = a_{m_1}^{\alpha_{m_1}} \cdot a_{m_2}^{\alpha_{m_2}} \cdot ... \cdot a_{m_d}^{\alpha_{m_d}},$$
$$\forall i = 1..c : k_i \in \{1,..,n\}, \alpha_{k_i} \neq 0,\ c \in N, c \leq n;$$
$$\forall i = 1..d : m_i \in \{1,..,n\}, \alpha_{m_i} \neq 0, d \in N, d \leq n.$$

Не теряя общности, положим, что

$$\forall i, j, \left(i \in \{1...c\}\right) \& \left(j \in \{1...d\}\right) : a_{k_i} \neq a_{m_j}, \tag{1}$$

если это не так, то рассмотрим равенство

$$a_{k_1}^{\alpha_{k_1}} \cdot a_{k_2}^{\alpha_{k_2}} \cdot ... \cdot a_{k_c}^{\alpha_{k_c}} = a_{m_1}^{\alpha_{m_1}} \cdot a_{m_2}^{\alpha_{m_2}} \cdot ... \cdot a_{m_d}^{\alpha_{m_d}} \tag{2}$$

и будем сокращать повторяющиеся компоненты $a_i$ рюкзачного вектора $A_p^{\ n}$, пока не добьемся выполнения условия (1).

В итоге в левой и правой частях равенства (2) стоят различные компоненты рюкзачного вектора $A_p^n$.

Не теряя общности, выберем простой делитель $q$ числа $a_{k_1}$, тогда

$$q \mid a_{k_1} \quad \Rightarrow \quad q \mid V \quad \Rightarrow \quad q \mid \left(a_{m_1}^{\alpha_{m_1}} \cdot a_{m_2}^{\alpha_{m_2}} \cdot ... \cdot a_{m_d}^{\alpha_{m_d}}\right) \quad \Rightarrow$$
$$\exists j \in \{1,...,d\}:\ q \mid a_{m_j}^{\alpha_{m_j}} \quad \Rightarrow \quad q \mid a_{m_j} \Rightarrow \text{НОД}\left(a_{m_j}, a_{k_1}\right) \neq 1$$

С другой стороны, $A_p^n \in A_p^{n*} \Rightarrow$ зная, что, исходя из формулы (1), $a_{k_1} \neq a_{m_j}$, получаем, что НОД $\left(a_{m_j}, a_{k_1}\right) = 1$.

Полученное противоречие доказывает требуемое.

Таким образом, сформулировано и доказано достаточное условие инъективности обобщенных мультипликативных рюкзачных векторов.

Пример рюкзачного вектора, удовлетворяющего данному условию, приведен в работе [15]. Тем не менее, для такого вектора возможно найти решение задачи с соответствующим входом за линейное время. В общем случае, справедливо утверждение, что множество $A_p^{n*}$ – это множество инъективных векторов таких, что алгоритм поиска решения задачи со входом $\left(A_p^n, V\right)$ имеет линейную сложность. В работах [14, 16]

приведен алгоритм линейной сложности, решающий задачу о рюкзаке рассматриваемого класса за линейной время.

Таким образом, данного вектора недостаточно для моделирования системы защиты от НСД на основании сформулированных выше трех требований. В связи с чем необходимо выработать такое условие инъективности векторов, что удовлетворяющие ему рюкзаки не будут допускать понижение сложности задачи с соответствующим входом.

Для выработки такого условия введем понятия, используемые [10, 12, 13] для построения инъективного аддитивного вектора. Сформулируем эти понятия для задачи со входом $\left(A_{MP}, V\right)$.

Пусть имеются обобщенный мультипликативный рюкзачный вектор $A_{MP} = \left(a_1, a_2, ..., a_n\right)$ и множество $Z_p = \left\{0, 1, ..., p-1\right\}$. Обозначим через $V^*_{A_{MP}}$ следующее множество: $V^*_{A_{MP}} = \left\{ V \mid V \in N, \exists w_p = \left(\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_n\right), \alpha_i \in Z_p, i = 1..n, \prod_{i=1}^{n} a_i^{\alpha_i} = V \right\}$ и назовём его областью покрытия ранцевого вектора $A_{MP} = \left(a_1, a_2, ..., a_n\right)$. Поясним, что область покрытия – это множество всех таких чисел $V$, что задача о рюкзаке $\left(A_{MP}, V\right)$ имеет как минимум одно решение для каждого из этих чисел.

Далее обозначим через $A_{MP\backslash i}$ рюкзачный мультипликативный вектор следующего вида $A_{MP\backslash i} = \left(a_1, a_2, ..., a_{i-1}, a_{i+1}, ..., a_n\right)$, то есть рюкзачный вектор, полученный исключением из исходного *i*-ой компоненты.

Утверждение 2. Мультипликативный обобщенный рюкзачный вектор $A_{MP} = (a_1, a_2, ..., a_n)$, $a_1 \neq 1$, инъективен над $Z_p = \{0, 1, ..., p-1\}, p > 2$, тогда и только тогда, когда $\forall a_i \forall \alpha \in \{1, ..., p-1\}$: $a_i^{\alpha} \notin V^*_{A_{MP\backslash i}}$.

Доказательство.

1) Необходимость.

Пусть $A_{MP} = (a_1, a_2, ..., a_n), a_1 \neq 1,$ инъективен, необходимо доказать, что $\forall a_i \forall \alpha \in \{1, ..., p-1\}$: $a_i^{\alpha} \notin V^*_{A_{MP\backslash i}}$.

Доказательство проведем от противного.

Пусть $\exists a_i \ \exists \alpha \in \{1, ..., p-1\}$: $\alpha_i^{\alpha} \notin V^*_{A_{MP\backslash i}}$, покажем, что в это случае вектор $A_{MP} = (a_1, a_2, ..., a_n), a_1 \neq 1,$ не является инъективным.

По предположению $\exists a_i \ \exists \alpha \in \{1, ..., p-1\}$: $\alpha_i^{\alpha} \notin V^*_{A_{MP\backslash i}}$, тогда обозначим через $i', \alpha'$ соответствующие значения $i, \alpha$. Будем решать задачу о мультипликативном обобщенном ранцевом векторе с входом $(A_{MP}, V)$, где $V = a_{i'}^{\alpha'}$. Согласно предположению $V \in V^*_{A_{MP\backslash i}}$, следовательно $\exists w = (\alpha_1, ..., \alpha_{i'-1}, 0, \alpha_{i'+1}, ..., \alpha_n)$, такое, что $A_{MP} \cdot w = V$. Кроме того, из выбора значения $V$ следует, что $\exists\ w' = (0, ..., 0, a_{i'}, 0, ..., 0)$, такое что $A_{MP} w' = V$, $A_{MP} w = V$, $A_{MP} w' = V$, $w \neq w'$, что противоречит условию инъективности ранцевого вектора.

Противоречие доказывает требуемое.

2) Достаточность.

Пусть $\forall a_i \forall \alpha \in \{1,...,p-1\} \alpha_i^{\alpha} \notin V^*_{A_{MP \setminus i}}$ докажем, что вектор $A_{MP} = (a_1, a_2, ..., a_n), a_1 \neq 1,$ инъективен. Доказательство проведём от противного.

Пусть вектор $A_{MP} = (a_1, a_2, ..., a_n), a_1 \neq 1,$ не является инъективным, покажем тогда, что условие $\forall a_i \forall \alpha \in \{1,...,p-1\} \alpha_i^{\alpha} \notin V^*_{A_{MP \setminus i}}$ не выполняется.

Вектор $A_{MP} = (a_1, a_2, ..., a_n), a_1 \neq 1,$ не является инъективным. Тогда будет существовать два набора $w_1 = (\alpha_{11}, ..., \alpha_{1n})$ и $w_2 = (\alpha_{21}, ..., \alpha_{2n})$, $w_1 \neq w_2$. Каждому из этих наборов будет соответствовать разложение $a_{11}^{\alpha_{11}} * ... * a_{1k}^{\alpha_{1k}} = a_{21}^{\alpha_{21}} * ... * a_{2k}^{\alpha_{2k}}$. Предположим, что в получившимся разложении нет компонент, повторяющихся в левой и правой части, если это не так, то, сократим равенство на повторяющиеся компоненты. Далее, не теряя общности, предположим, что в левой части равенства остался только один компонент рюкзачного вектора. Если это так, получено требуемое утверждение, иначе, будем выражать каждый из оставшихся компонентов через произведение указанных компонентов. То, что такое выражение существует, следует из основной теоремы арифметики и следующего утверждения. В представлении $a_{11}^{\alpha_{11}} * ... * a_{1k}^{\alpha_{1k}} = a_{21}^{\alpha_{21}} * ... * a_{2k}^{\alpha_{2k}}$ без повторяющих компонент существует показатель степени, не равный $p-1$. Умножив левую и правую часть равенства на недостающие компоненты необходимое число раз, получаем разложение одного из элементов $a_i$ через оставшиеся. Получаем противоречие, которое доказывает требуемое.

Доказательство закончено.

Таким образом, сформулировано и доказано необходимое и достаточное условие инъективности обобщенного мультипликативного рюкзачного вектора.

Далее введенными в работах [14, 16] классами МОРВ, позволяющими произвести предварительную оценку сложности решения задачи с соответствующим входом. Рассмотрим множество мультипликативных векторов вида

$$A_p^{0*} = \left\{ A_p{}^0 = \left(a_1, a_2, ..., a_n\right) \mid \forall i \in \{1...n\} \ \exists j \neq i, j \in \{1...n\}, НОД\left(a_i, a_j\right) \neq 1 \right\}.$$

Очевидно, что для данных векторов нет возможности подобрать алгоритм полиномиальной сложности, позволяющий решить задачу о мультипликативном рюкзаке со входом $\left(A_p^0, V\right)$. Кроме того, рюкзаки, удовлетворяющие введенному выше условию необязательно принадлежат рассматриваемому классу, как и наоборот. Это означает, что для разработки алгоритма необходимо строить вектор из введенного класса, осуществляя для каждого нового элемента вектора проверку согласно необходимому и достаточному условию.

Теперь попробуем предварительно оценить асимптотическую сложность такого алгоритма.

Для построения рюкзака воспользуемся алгоритмом, предложенным в работе [10]. Для каждого нового элемента аддитивного рюкзака вместе с вектором модифицируется область его покрытия, далее на основании просмотра этой области выбирается элемент, еще в ней не задействованный. Исследуем сложность такого алгоритма. Как известно из

работ [10, 11] нижнюю границу максимального значения плотного инъективного рюкзака размерности *n* можно оценить следующим образом: $\Delta_{\min} = 1 + 2 + 4 + ... + 2^{n-1} = 2^n$. Заметим, что данная сумма отражает минимальное число элементов области покрытия, которое необходимо проверять на каждом шаге работы введенного в статье [10] алгоритма. Очевидно, что такая сложность работы алгоритма не удовлетворяет требуемым выше условиям. Кроме того, в случае модификации подобного алгоритма для случая МОРВ необходимо выполнять не операцию сложения, а операцию умножения, что существенно влияет на исследуемую сложность.

Эти факторы делают затруднительным применение такого условия для построения реальных векторов, однако на основании этих условий возможно проводить доказательства инъективности рюкзаков, удовлетворяющих нам по оставшимся двум параметрам.

Таким образом, в данной работе сформулированы, доказаны и исследованы на возможность дальнейшего применения два условия инъективности МОРВ.

Утверждение 2 оказалось крайне неудобно для реального построения инъективных мультипликативных рюкзаков. Утверждение 1 позволяет достаточно быстро строить обобщенные инъективные векторы и находить конкретные примеры векторов данного класса [15]. Но алгоритм поиска решения задачи о рюкзаке для векторов данного класса имеет линейную вычислительную сложность относительно размера вектора [16]. Поэтому для разработки алгоритма построения обобщенного инъективного мультипликативного вектора необходимо сформулировать такие условия инъективности, на основании которых за сложность не выше полиномиальной можно построить рюкзак, удовлетворяющий заданным заранее требованиям.

Отметим, что на данный момент не разработаны типовые методы исследования мультипликативных векторов. С другой стороны, существуют исследования [10-13, 17] на тему условия инъективности и вычислительной сложности решения задачи об аддитивных рюкзаках. Кроме того, основным современным методом исследования NP-полных задач является нахождение преобразований, сводящих рассматриваемую проблему к задаче, NP полнота которой уже доказана [2, 4, 13].

На основании этого основным направлением исследования является разработка способа представления задачи о мультипликативном рюкзачном векторе с использованием известной NP-полной задачи, в частности задачи об аддитивном рюкзаке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Лернер В.Д.* Криптографическое распределение ключей для защиты информации в иерархических системах // Информационно-управляющие системы. – 2012, №5 (60), с.37-43.
2. *Chen M., Mao S., Zhang Y., Leung C.M.* Big data. Related technologies, challenges, and future prospects. – Springer, 2014. – 100 p.
3. *Akl S.G., Taylor P.D.* Cryptographic solution to a problem of access control in hierarchy // ACM Transactions on computer systems. – 1983. № 1(3). – p. 239-248.
4. *Лернер В.Д., Беззатеев С.В.* Основные принципы распределения ключей для доступа к информации в облачных хранилищах данных // Информационная безопасность

регионов России (ИБРР-2011): VII Санкт-Петербургская межрегион. конф., Санкт-Петербург, 26-28 октября 2011 г.: материалы конф. – СПОИСУ. СПб., 2011. с. 120.
5. *Жук А.С., Головской В.А.* Синтез иерархической системы защиты информации от несанкционированного доступа на основании модели Белла-ЛаПадулы // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, ч. II – Ростов-на-Дону: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2017, – с. 90-97
6. *Щеглов А.Ю.* Модели, методы и средства контроля доступа к ресурсам вычислительных систем. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 95 с.
7. *Bell D.E.* Looking Back at the Bell-LaPadula Model // 21st Annual Computer Security Applications Conference. Tucson, Arizona, USA. – 2005. p. 337-351.
8. *Усов С.В.* О связи между объектно-ориентированной дискреционной и субъектно-объектной мандатной моделями безопасности // Математические структуры и моделирование. – 2016, №4 (40), с.151-163.
9. *Жук А.С., Осипян В.О.* Условия инъективности мультипликативного обобщенного рюкзачного вектора // Специальная связь и безопасность информации (ССБИ-2016): Сборник трудов. Международная НПК. Краснодар: Краснодарский центр научно-технической информации (ЦНТИ), 2016 г. – С. 92-97.
10. *Подколзин В.В., Осипян В.О.* О свойствах рюкзачных систем защиты информации с открытым ключом в Zp // Вестник СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – 2010. №3. с.51-55.
11. *Мурин Д.М.* О порядке роста числа инъективных и сверхрастущих рюкзачных векторов // Моделирование и анализ информационных систем. – 2012, №19, с. 124–135.
12. *Осипян В.О.* Моделирование систем защиты информации содержащих диофантовы трудности. Разработка методов решений многостепенных систем диофантовых уравнений. Разработка нестандартных рюкзачных криптосистем: монография. – LAP, 2012. – 344 с.
13. *Саломаа А.* Криптография с открытым ключом: Пер с англ. – М.: Мир, 1995. – 318 с.
14. *Жук А.С., Кисленко И.А.* Разработка математических моделей условий снижения вычислительной сложности алгоритмов решения задачи об обобщенном мультипликативном рюкзаке // Сборник статей XVIII военно-научной конференции курсантов и операторов научной роты Краснодарского высшего военного училища имени генерала армии С.М. Штеменко. – Краснодар: КВВУ, 2016. – с. 86-96.
15. *Осипян В.О., Лейман А.В., Чесебиев А.А., Жук А.С., Арутюнян А.Х., Карпенко Ю.А.* Математическое моделирование нестандартных мультипликативных ранцевых криптосистем // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2017, №2. с. 57-64.
16. *Жук А.С., Головской В.А.* Анализ вычислительной сложности решения задачи о мультипликативном рюкзаке // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, ч. II – Ростов-на-Дону: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2017, – с. 81-90.
17. *Осипян В.О., Жук А.С., Арутюнян А.Х., Карпенко Ю.А.* Построение криптосистем с открытым ключом на основе задач о нестандартном рюкзаке // ММиИТС. Труды V Всероссийской НПК, 24 июня 2011 г., Краснодарский Университет МВД России. – 2011, с. 12-15.

**К.А. Краснов, И.П. Корионов, А.А. Хороший, М.Н. Беленькая**

# АНАЛИЗ АТАК ТИПА «ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ» ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОТОКОЛОВ ICMP, UPD, TCP

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: DoS-атака, отказ в обслуживании, протокол, IP-адрес, глубокий анализ пакетов, информационная безопасность,

Обзор DoS-атак. Структура и методы их организации при использовании сетевых протоколов таких как: ICMP, UDP и TCP. Принципиальные различия между DDoS и DoS атаками и меры противодействия им.

**K.A. Krasnov, I.P. Korionov, A.A. Khoroshiy, M.N. Belenkaya**

# ANALYSIS OF ATTACK TYPE "DENIAL OF SERVICE" AT USING ICMP, UPD, TCP PROTOCOLS

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: DoS-attack, denial of service, protocol, IP-address, deep packet inspection, information security.

DoS-attack overview. Dos-attack structure and methods of organization with networks protocols ICMP, UDP and TCP. Fundamental differences between of DDoS and DoS –attacks, countermeasures to them.

DoS-атака (**Denial of Service** - Отказ в обслуживании) - вид компьютерной атаки, при которой, на целевой ресурс воздействуют с помощью легальных средств, например, протоколов TCP/IP, таким образом, чтобы вывести ресурс из нормальной работы. Это достигается путем забивания канала, открытием числа соединений, превышающих возможности атакуемого ресурса, отправлением огромного количества пакетов, которые необходимо обработать и дать ответ, тем самым занять его вычислительные мощности.

Конечной целью атак подобного типа является получение несанкционированного доступа в систему с правами «суперпользователя» или администратора, компрометация обычных пользователей и кража их персональных данных, а также данных компании доступ, к которым имеется у пользователя [4].

Одним из самых популярных видов DoS-атаки является «Наводнение» (Flood). При атаке такого типа практически все вычислительные мощности атакуемой системы расходуются на обработку и ответ на ICMP запросы, или создание TCP-сессий.

В случае использования протокола TCP для создания атаки осуществляется следующий механизм. Атакующий посылает большое количество TCP-пакетов с поднятым флагом SYN для инициирования соединения с сервером. Сервер получая подобный пакет должен отвечает комбинацией флагов SYN+ACK для завершения установки соединения. В очереди появляется полуоткрытое соединение, ждущее ответ, после которого соединение будет установлено, но ответные пакеты не приходят, либо комбинация SYN+ACK посылается на подмененный несуществующий IP-адрес. Согласно RFC тайм-аут соединения составляет три минуты, так же RFC обязывает сервер отвечать на каждый SYN, что в свою очередь ведет к быстрому исчерпанию полуоткрытых соединений и невозможности открывать новые.

Другим способом организации flood-атаки является использование протокола ICMP. В этом случае на IP-адрес целевого ресурса посылается большое количество запросов ICMP-REQUEST. Ресурс или сервер получая подобный пакет должен ответить дейтаграммой ICMP ECHO REPLY. Механизм атаки заключается в наводнении канала ненужными или мусорными дейтаграммами тем самым уменьшая пропускную способность канала и загрузке вычислительных мощностей на генерацию ответных дейтаграмм. Также существует модификация данной атаки. Ее механизм заключается в генерации ICMP-пакетов в поле адреса отправителя, которых указывается случайно сгенерированный IP-адрес отличный от адреса злоумышленника. Тем самым усложняя способы обнаружения злоумышленника и методов противодействия.

Также для осуществления flood-атак очень удобно использовать протокол UDP (RFC-768), поскольку в протоколе отсутствует понятие установления соединения (handshake), как это реализовано в протоколе TCP. Это делает фильтрацию легитимного трафика от фальсифицированного крайне сложной задачей, что и позволяет достаточно просто производить атаки типа DoS [1].

Примером может быть случай, когда злоумышленник, используя UDP-flood атакует сеть пакетами, содержащими случайные IP-адреса. Соответственно во время атаки жертва получает огромное количество поддельных UDP пакетов в единицу времени, от широкого диапазона адресов. В итоге происходит переполнение канала сетевого оборудования жертвы поддельными UDP пакетами. Это и приводит к переполнению буферов интерфейсов сетевого оборудования.

Также можно использовать метод фрагментированного UDP-флуда. В данном методе используются пакеты максимально допустимой длины, чтобы заполнить канал их минимальным количеством. Так как принимаемые дейтаграммы являются фрагментированными и не имеют никакого отношения к реальным данным, жертва, будет резервировать ресурсы для объединения всех фрагментированных дейтаграмм в единое сообщение. Это продолжается до тех пор, пока ресурс жертвы способен принимать подобные дейтаграммы. Огромный поток подобных дейтаграмм привод к переполнению буферов и оперативной памяти жертвы и как следствие, невозможности более принимать любые дейтаграммы.

Первые DoS-атаки проводились по типу «Один к одному» или «Один ко многим», то есть один атакующий проводил атаку на один или несколько ресурсов. Так при реализации атаки ICMP-flood злоумышленник должен был обладать достаточной пропускной способностью канала, большей, чем у атакуемого ресурса, чтобы забить

канал. В противном случае, когда пропускная способность атакующего была меньше чем у атакуемого, то атака становилась неэффективной.

Способом защиты от атак, использующих протокол ICMP была блокировка трафика, исходящего от IP-адреса, атакующего, поскольку она производилась из одной точки. При использовании модифицированной атаки подобного типа требовались более тщательные механизмы анализа активности и поступающего трафика.

При использовании протокола TCP, мерами по противодействию было преждевременный обрыв полуоткрытых соединений для уменьшения их общего числа, выставление ограничений на подключение по определенным портам.

При борьбе с атаками типа UDP-flood провайдеры из-за сложности фильтрации трафика по различным критериям, чаще всего предлагают блокировку отдельных серверов. Более надежным способом борьбы является обработка всего объема входящего трафика и его дальнейший анализ.

Также стоит отметит, что ситуация поменялась кардинальным образом, когда появились средства для создания DDoS-атак, то есть распределенных DoS-атак. DDoS-атаки по своей сути кардинально отличаются от обычных DoS-атак, также изменились механизмы создания таких атак и меры противодействия им.

Первые DDoS-атаки были зафиксированы в 1999 году. В 2000 была проведена крупномасштабная атака на сервера Yahoo.com. Для предотвращения которой был полностью перекрыт ICMP-трафик. В октябре 2002 была совершена крупная атака на 10 из 13 корневых DNS-серверов верхнего уровня.

Самое главное отличие DDoS-атак заключается в проведении атаки множеством атакующих компьютеров, таким образом атаки стали распределенными. Также изменилась их структура, атаки стали многоуровневыми. Так, если DoS проводится напрямую от злоумышленника к жертве, то DDoS проводится с заранее скомпрометированных машин, на которых размещается вредоносное программное обеспечение, скрытое от обычных пользователей машин и не проявляющее себя вплоть до начала атаки. В свою очередь вредоносное программное обеспечение находится под управлением специальных командных центров и ожидает команды от них. Злоумышленник через командные центры дает специальную команду, тем самым начиная атаку. После чего на целевом ресурсе наблюдается резкое лавинообразное снижение производительности системы.

При подобном многоуровневом подходе при организации и проведении атаки значительно затрудняется обнаружение злоумышленника, поскольку атака непосредственно проводиться не с одной машины атакующего, а с множества скомпрометированных. Увеличивается масштаб и сложность методов противодействия таким атакам.

Сложность защиты от DDoS-атак объясняется несколькими причинами [2,3]:

- **Легальные способы создания атаки.** Практически все DDoS-атаки используют сетевые протоколы, описанные в соответствующих RFC. Поскольку целевые ресурсы имеют физические ограничения на количество запросов, обрабатываемых за определенное время, атака будет успешна при их превышении.
- **Масштабы атаки.** DDoS-атаки проводятся одновременно с большого количества устройств, поэтому ее достаточно сложно заблокировать. И для

ее блокировки необходимо временно добавить большое число IP-адресов в черный список. Это очень сложно сделать эффективно и достаточно оперативно. Также при использовании атакующим маскировки, в этом списке могут оказаться невинные устройства.

- **Поиск виновных.** Поскольку все устройства, получающие доступ к ресурсу, создают на него нагрузку, то в момент начала атаки они также в ней участвуют. Достаточно сложно определить какие устройства делают законные запросы, а какие участвуют в DDoS. Поэтому необходим очень тщательный анализ приходящего трафика, требующий больших и сложных вычислений.
- **Сложность анализа.** Стоит учитывать, что в нынешних реалиях объём вредоносного трафика может достигать нескольких сотен Гб/с, а то и нескольких Тб/с. Организация анализа такого количества данных достаточно проблематична, ведь необходимо иметь каналы соответствующей емкости и тем более вычислительные мощности оборудования для его обработки.

Учитывая вышеперечисленные причины сложности защиты от DDoS-атак можно выделить несколько основных направлений для организации защиты:

- Использование современных и быстрых модулей DPI внутри системы;
- Продуманная и глубокая настройка сетевого оборудования, используемого в системе;

В настоящее время, ведется разработка программной реализации модуля DPI, способных анализировать входящий трафик, выявлять и останавливать атаки подобного типа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Официальный сайт RFC. RFC 768, RFC 972, RFC 793 //[Электронный ресурс] URL: https://www.rfc-editor.org/rfc-index.html
2. *Беленькая М. Н., Малиновский С. Т., Яковенко Н. В.* Б43 Администрирование в информационных системах. // Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 400 с.
3. *Прохоров Д.О., Беленькая М. Н.*, Исследование технологии глубокого анализа пакетов dpi для применения в корпоративных сетях. // Научный журнал Телекоммуникации и Информационные Технологии. №2-2017
4. Официальный сайт компании DDoS-GUARD. Типы DDoS-атак. [Электронный ресурс] URL: https://ddos-guard.net/ru/terminology

**В.С. Мамедов, В.А. Головской**

# МОДЕЛЬ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ,ПЕРЕДАВАЕМОЙ ПО РАДИОКАНАЛАМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М. Штеменко», Краснодар, Россия

Ключевые слова: безопасность информации, робототехнический комплекс, радиоканал, модель угроз, модель нарушителя.

Рассмотрены угрозы безопасности информации, передаваемой по радиоканалам робототехнических комплексов. Спроектированы модель нарушителя и модель угроз, рассмотрены наиболее вероятные сценарии нарушения информационной безопасности информации.

**V.S. Mamedov, V.A. Golovskoy**

# MODEL OF INFORMATION SECURITY THREATS TRANSMITTED BY THE RADIO CHANNELS OF ROBOTIC COMPLEXES

Krasnodar Higher Military School named after S.M. Shtemenko, Krasnodar, Russia

Keywords: information security, robotic complex, radio channel, model of information security threats, model of the intruder.

Threats of safety of the information transmitted on radio channels of robotic complexes are considered. The model of the intruder and the model of threats are designed, the most probable scenarios of violation of information security of information are considered.

Применение робототехнических комплексов (РТК) является одним из перспективных направлений военного строительства [1-7]. Применение РТК целесообразно и эффективно не только при ведении боевых действий, но и при выполнении различных специальных задач на значительном удалении от пункта управления.

В настоящее время имеет место тенденция резкого увеличения сфер применения РТК и количества используемых РТК, а также расширение их номенклатуры.

В настоящей работе под РТК понимается система, состоящая из:

- робота или группы роботов, выполняющих боевые или специальные задачи в интересах ВС РФ;
- диспетчерского пункта управления, контроля и обработки информации (пункт управления);
- системы передачи данных РТК, включающей информационные, командные и телеметрические радиоканалы для связи роботов с пунктом управления, а также

радиоканалы для связи между роботами в группировке;
– средств доставки, транспортировки и запуска и др.

Анализ [8-18] показывает, что в условиях антагонистического конфликта с противником, который не применяет поражающую силу в отношении РТК, радиоканалы системы передачи данных РТК являются наиболее уязвимым элементом РТК.

С учетом наличия различных классов РТК, типов управления и видов выполняемых задач [1-6] возможны различные варианты воздействия противника на радиоканалы РТК. С целью детальной проработки возможных воздействий определены структурно-функциональные характеристики используемой информационной системы, приведенные в таблице 1. Указанные характеристики необходимы для построения модели угроз безопасности информации, передаваемой по радиоканалам РТК.

Таблица 1 – Структурно-функциональные характеристики информационной системы

| Категория | Показатель |
|---|---|
| По структуре информационной системы | Распределенная информационная система |
| По используемым информационным технологиям | Системы с технологиями беспроводного доступа |
| По архитектуре информационной системы | Использование выделенных каналов связи |
| По наличию (отсутствию) взаимосвязей с иными информационными системами | Невзаимодействующая с системами |

В соответствии с руководящими документом ФСТЭК России [19], где описаны модели угроз безопасности в информационных системах, была спроектирована модель информационной безопасности с учетом возможных угроз для радиоканалов РТК. Построенная модель представлена таблицей 2. В отличие от классического представления разработанная модель содержит параметры в бинарном виде, при этом в таблицу вынесены наиболее вероятные для реализации угрозы. Это объясняется тем, что для рассматриваемой задачи нужны экспертные знания и статистические данные по результатам исследований в этой области, которые в открытой печати отсутствуют. Однако анализ показал, что данная модель довольно точно согласуется с положениями руководящих документов ФСТЭК России.

Таблица 2 – Модель информационной безопасности радиоканалов РТК

| Наименование угрозы | Реализация угрозы | Возможность нанесения ущерба |
|---|---|---|
| Подавление каналов связи | Возможна | Возможен |
| Угрозы, возникающие вследствие особенностей технических характеристик функционирования технических средств (интенсивности сбоев, отказов) | Возможна | Возможен |

| | | |
|---|---|---|
| Угрозы перехвата и введения ложных команд | Возможна | Возможен |
| Угрозы удаленного запуска приложений | Возможна | Возможен |
| Угрозы внедрения по радиоканалу вредоносных программ | Возможна | Возможен |

Для детального описания и определения требуемого уровня защиты информации, передаваемой по радиоканалам наземных РТК, разработана модель нарушителя информационной безопасности, представленная таблицей 3.

Таблица 3 – Модель нарушителя информационной безопасности применительно к радиоканалам РТК

| Характерис-тика | Подразделения радиоэлектронной борьбы (РЭБ) иностранных государств | Подразделения радиоэлектронной разведки (РЭР) иностранных государств | Террористические организации |
|---|---|---|---|
| Возможности технических средств | Специализированные высокопроизводитель-ные средства РЭБ | Специализированные высокопроизводитель-ные средства РЭР | Неспециализирован-ные средства |
| Финансовые возможности | Неограниченные | Неограниченные | Ограниченные |
| Используемые технологии | Создание вредоносных программ, разработка новых алгоритмов подавления | Разработка новых методов разведки / поиск новых уязвимостей криптографических методов защиты информации | Готовые программы, известные уязвимости |
| Знания о построении системы защиты объекта | Могут получать достаточно полную информацию | Могут получать достаточно полную информацию | Могут предпринимать усилия для получения представления о построении системы защиты объекта |
| Преследуемые цели | Радиоэлектронное подавление | Получение данных для подразделений РЭБ / вскрытие семантической составляющей | Радиоэлектронное подавление / вскрытие семантической составляющей |
| Характер действий | Скрытый | Скрытый | Скрытый или открытый демонстративный |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Глубина проникно-вения | До момента достижения поставленной цели или появления серьезного препятствия | До момента достижения поставленной цели | До момента достижения поставленной цели или появления препятствия |

В литературе отсутствует явное понятие нарушителя безопасности информации, передаваемой по радиоканалу РТК. Вследствие этого на основе общего определения нарушителя информационной безопасности [19] сформулировано определение нарушителя безопасности информации, передаваемой по радиоканалу РТК. Нарушителем является субъект, осуществляющий доступ к информации с нарушением её целостности и конфиденциальности, а также субъект, нарушающий доступность информации, путем нарушения правил функционирования системы передачи данных РТК.

Нарушитель рассматривается как один из источников угроз с возможностью осуществления несанкционированного воздействия на радиоканал. Нарушителем является субъект, реализующий угрозы, которые при реализации являются атаками.

Описание потенциальных нарушителей безопасности информации, передаваемой по радиоканалу РТК, необходимо для формирования перечня источников угроз и является неотъемлемой частью процесса составления полного перечня потенциально реализуемых угроз для рассматриваемых радиоканалов РТК.

Модель нарушителя представляет собой абстрактное описание нарушителей информационной безопасности как источников угроз безопасности, а также предположения об их возможностях, которые необходимы для разработки и реализации мер по снижению эффективности атак, и ограничениях на эти возможности.

Разработанная модель позволяет выделить схожие составляющие элементы для объектов РТК, что позволяет применить классические подходы к обеспечению защиты информации, передаваемой по радиоканалам РТК. Анализ угроз безопасности предполагает оценку эффективности применяемых мер и средств защиты информации, передаваемой по радиоканалам РТК, от различных факторов, оказывающих влияние на её защищенность.

Далее рассмотрим возможные угрозы, которые могут быть реализованы в отношении радиоканала.

Практика показывает [12, 15, 20, 21], что основными угрозами, реализуемыми в отношении радиоканалов РТК с использованием сил и средств РЭБ, являются:

– радиоэлектронная разведка;
– радиоэлектронное подавление.

Указанные угрозы с наибольшей вероятностью могут быть реализованы силами Вооруженных Сил иностранных государств и их коалиций, а также террористическими организациями.

В настоящее время, кроме рассмотренных выше основных угроз возможна реализация и других воздействий в отношении радиоканалов РТК. Таким образом с учетом уже приведенных угроз возможны и следующие основные сценарии активного воздействия противника на радиоканалы РТК:

1) осуществление РЭР радиоканалов РТК и дальнейшее их радиоподавление;

2) осуществление РЭР радиоканалов РТК и дальнейшее внедрение ложных команд в каналы управления РТК [22];
3) осуществление радиотехнической разведки радиоканалов РТК и дальнейшее внедрение в систему управления РТК вредоносного программного обеспечения по радиоканалу [14];
4) проведение радиоразведки и вскрытие семантической составляющей информации, передаваемой по радиоканалу.

Рассмотренные сценарии активного воздействия противника на радиоканалы РТК, при их реализации, смогут нанести серьезный ущерб, если противник сможет нарушить конфиденциальность, целостность и доступность информации [23], передаваемой по радиоканалу РТК.

Соответственно, можно сделать вывод, что имеет место функциональная зависимость защищенности информации, циркулирующей в радиоканалах РТК, от таких параметров системы передачи данных РТК, как скрытность, помехоустойчивость и помехозащищенность:

$$K_{ЗИ} = f(K_{СК}, K_{ПУ}, K_{ПЗ}).$$

Данное выражение позволяет сделать вывод о том, что обеспечить безопасность информации, передаваемой по радиоканалам РТК, возможно только при обеспечении таких параметров как скрытность, помехоустойчивость и помехозащищенность системы передачи данных РТК.

Развитая модель угроз конкретизирует положения общей модели информационной безопасности РТК [24] применительно к особенностям их функционирования в интересах ВС РФ.

Таким образом, полученная модель угроз показывает необходимость рассмотрения вопросов обеспечения безопасности информации, циркулирующей в радиоканалах РТК, только в комплексе с задачами обеспечения скрытности, помехозащищенности и помехоустойчивости системы передачи данных РТК. Указанная модель может быть использована в качестве отправной точки для дальнейших исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Макаренко С.И.* Робототехнические комплексы военного назначения – современное состояние и перспективы развития // Системы управления, связи и безопасности. – 2016, №2, с. 73-132.
2. *Кравченко, А.Ю., Стукало Ю.Е.* Проблемы и перспективы создания робототехнических комплексов военного назначения / Материалы восьмой всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления», г. Таганрог, 2013 г. – Изд-во ТТИ ЮФУ, 2013, с. 22-28.
3. *Крайлюк А.Д., Ивлев А.А., Комченков В.И., Юрин А.Д.* Основы концепции развития робототехники военного назначения до 2030 года // Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления», Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008, с.10-15.

4. Боевые роботы в будущих войнах: выводы экспертов [Электронный ресурс], режим доступа: https://vpk.name/news/150945_boevyie_robotyi_v_budushih_voinah_vyivodyi_ekspertov.html, свободный. – загл. с экрана.
5. *Симонов С.Б., Петров В.Ф., Корольков Д.Н., Беляев В.*В. Методические основы создания тяжелых роботизированных комплексов специального назначения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014, №12, Часть 2, с. 237-243.
6. Русинов В. Состояние и планы развития наземных робототехнических комплексов США // Зарубежное военное обозрение. – 2013, № 3, с. 44-56.
7. *Верба В.С., Меркулов В.И.* Проблемы разработки робототехнических комплексов на базе беспилотных летательных аппаратов // Труды II-й Военно-научной конференции «Роботизация Вооруженных Сил Российской Федерации», Москва, 2017. с. 84-85.
8. Жуков, И. Актуальные вопросы обеспечения кибербезопасности беспилотных летательных аппаратов // Радиоэлектронные технологии. – 2016. – № 1. – С. 56-60.
9. *Жук А.П., Гавришев А.А., Осипов Д.Л.* К вопросу о разработке защищенного устройства управления робототехническим комплексом посредством беспроводного канала связи // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2016, т. 10, №12, с. 4-9.
10. *Жук А.П., Осипов Д.Л., Гавришев А.А., Бурмистров В.А.* Анализ методов защиты от несанкционированного доступа беспроводных каналов связи робототехнических систем // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2016, №2, с.38-42.
11. *Скуратов В.В.* Матричное умножение над полем GF(2) в защите беспроводных каналов систем управления робототехническими комплексами // Информационно-управляющие системы. – 2013. №4 (65), с.88-90.
12. Конфликто-устойчивые радиоэлектронные системы. Методы анализа и синтеза / Под ред. С.В. Ягольникова. – М.: Радиотехника, 2015. – 312 с.
13. *Быстров Р.П., Дмитриев В.Г., Земский Ю.А., Перунов Ю.М., Черепенин Ю.А.* Особенности развития радиотехнических систем радиоэлектронной борьбы // Успехи современной радиоэлектроники. – 2012, №8, с.3-28.
14. *Перунов Ю.М., Фомичев К.И., Юдин Л.М.* Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием / Под. ред. Ю.М. Перунова. Изд. 2-е, испр. и дополн. – М.: Радиотехника, 2008. – 416 с.
15. *Макаренко С.И.* Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетецентрических войнах начала XXI века. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2017. – 546 С.
16. *Брауде-Золотарев Ю.М.* Алгоритмы надежной защиты радиостанций от средств радиоборьбы // Электросвязь. – 2010. - № 11. - С. 42-45.
17. Joint Publication 3-13.1. Electronic Warfare, 25 January 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fas.org/irp/doddir/dod/jp3-13-1.pdf, свободный. – загл. с экрана.
18. *Stein R., Delaney W.* 21-st Century Military Operations in a Complex Electromagnetic Environment. 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1001629.pdf, свободный. – загл. с экрана.
19. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (выписка) [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: https://fstec.ru/component/attachments/download/289, свободный. – загл. с экрана.
20. *Мельников Ю.П.* Воздушная радиотехническая разведка (методы оценки эффективности). – М.: Радиотехника, 2005. – 304 с.
21. *Горбачев Ю.Е.* Зависимость эффективности операций от интеграции РЭБ и электромагнитной деятельности войск // Радиоэлектронная борьба в Вооруженных Силах Российской Федерации–2015. – 2015. – С. 15–21.
22. *Головской В.А.* Критика механизмов обеспечения безопасности информации сети радиосвязи / T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2017, т. 11, №8, С. 9-12.
23. ГОСТ Р 50922. Защита информации. Основные термины и определения. Введенг в действие 2008-02-01.
24. *Коваль Е.Н., Лебедев И.С.* Общая модель информационной безопасности робототехнических систем // Научно-технический вестник информационных технологий. – 2013, №4(86), с.153.

**С.В. Мухачев, Я.О. Калмыкова**

## О РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ УГРОЗ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации», Екатеринбург, Россия.

Ключевые слова: информационная безопасность, информационная угроза, интернет, социальная сеть.

В статье рассмотрены вопросы, связанные с информационной безопасностью и информационными угрозами. Приводится пример реализации информационной угрозы в социальных сетях. Изложены меры, предпринятые для преодоления информационной угрозы.

**S.V. Mukhachev, Ya.O. Kalmykova**

## ON THE IMPLEMENTATION OF INFORMATION THREATS IN SOCIAL NETWORKS

The Federal state public educational institution of higher professional education «Ural Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation», Yekaterinburg, Russia.

Keywords: information security, information risk, Internet, social network.

The article deals with issues related to information security and information threats. An example of the implementation of information threats in social networks. The measures taken to overcome the information threat are described.

В век информационных технологий известное высказывание Н. Ротшильда «Кто владеет информацией, тот владеет миром» звучит еще более убедительно. Но владение информацией всегда сопряжено с так называемыми информационными угрозами. Поэтому вопросы информационной безопасности в сегодняшнем мире актуальны как в теоретическом, так и в практическом плане.

Информационная безопасность значима для отдельной личности, общества, государства.

Система официальных взглядов на обеспечение национальной безопасности Российской Федерации в информационной сфере отражена в «Доктрине информационной безопасности Российской Федерации» (далее - Доктрина) [1]. В этом документе определены стратегические цели и основные направления обеспечения информационной безопасности. Указаны основные направления обеспечения информационной безопасности в различных областях: обороны; государственной и общественной безопасности; экономике; науке, технологиях и образовании.

С научной и практической точки зрения, а также с целью иллюстрации некоторых положений Доктрины, интересно рассмотреть проблемы информационной безопасности в социальных сетях. При этом ставились задачи выявления одной из таких проблем, соотнесения ее с положениями Доктрины, изучение мер, предпринятых для ее преодоления. Для решения поставленных задач анализировались нормативные правовые акты; подбирались и анализировались информационные источники, содержащие фактический материал.

Большое внимание в Доктрине уделено основным информационным угрозам. Определения понятий «информационная угроза» и «информационная безопасность» сформулированы следующим образом: «Угроза информационной безопасности Российской Федерации (далее - информационная угроза) - совокупность действий и факторов, создающих опасность нанесения ущерба национальным интересам в информационной сфере»; «информационная безопасность Российской Федерации (далее - информационная безопасность) - состояние защищенности личности, общества и государства от внутренних и внешних информационных угроз, при котором обеспечиваются реализация конституционных прав и свобод человека и гражданина, достойные качество и уровень жизни граждан, суверенитет, территориальная целостность и устойчивое социально-экономическое развитие Российской Федерации, оборона и безопасность государства».

Согласно Доктрине, практика внедрения информационных технологий без обеспечения информационной безопасности значительно повышает вероятность проявления информационных угроз.

В Доктрине обращено внимание на то, что «наращивается информационное воздействие на население России, в первую очередь на молодежь, в целях размывания традиционных российских духовно-нравственных ценностей».

Формы реализации информационных угроз могут быть различны. Обратимся к одной из них, ставшей известной и широко обсуждавшейся в последнее время.

В сети Интернет, в популярных социальных сетях, в 2016 году сформировалось целое явление, получившее впоследствии название «группы смерти». При их обсуждении упоминаются такие названия: «Разбуди меня в 4:20», «Море китов», «f57», «Тихий дом» и

другие. Смысл состоял в том, что в социальных сетях создавались сообщества суицидальной направленности. В них вовлекались дети и подростки. В социальных сетях с ними «играли в смерть». Организовывалась некая игра-квест с дополненной реальностью, участникам которой давались индивидуальные номера. Они выполняли определенные задания организаторов игры - кураторов. Игра должна была закончиться суицидом. Игрокам давалось 50 дней на принятие решения, по истечении которых они должны были совершить самоубийство. Для усиления воздействия использовались элементы культа - изображение китов и бабочек (киты выбрасываются на берег, бабочки живут всего один день); общение с администраторами чата в 4:20 ночи; имитация повреждения вен, посты, магический знак-анаграмма «ОНО». Подробно излагались практические способы суицида, оказывалось психологическое давление с целью доведения до самоубийства. Считается, что пик популярности «игры» пришёлся на начало 2017 года, когда большое количество пользователей социальных сетей опубликовали условный знак - хэштег #синийкит, ожидая получения инструкций.

Таким образом реализовалась информационная угроза, состоящая в насаждении пренебрежения общечеловеческими ценностями, направленная на создание угрозы личности и обществу.

Названная информационная угроза получила широкое обсуждение в средствах массовой информации в виде публикаций, комментариев и телепрограмм «Человек и закон», «Мужское/Женское» (вышли в эфир в марте 2017 г.).

В дальнейшем были предприняты меры законотворческого и правоохранительного характера для нейтрализации этой информационной угрозы.

Проблема была озвучена и первым лицом государства - Президентом Российской Федерации В.В. Путиным. На расширенном заседании коллегии МВД в марте 2017 года он указал, что создатели «групп смерти», прежде всего, нацелены на подростковую и молодежную аудитории, на детей с неокрепшей психикой или находящихся в трудной жизненной ситуации. В своем выступлении он поддержал инициативу депутатов Госдумы о дополнении законодательства нормой, расширяющей перечень действий, при которых наступает уголовная ответственность за доведение до самоубийства [3].

В июне 2017 года министр внутренних дел России В.А. Колокольцев на заседании Правительственной комиссии по профилактике правонарушений вновь обратился к данной тематике и сообщил о закрытии подобных групп в сети Интернет [4]. Лица, активно участвовавшие в «группах смерти», были привлечены к уголовной ответственности. По версии обвинения, установлены 15 потерпевших - несовершеннолетних, которые состояли в «группах смерти» и совершили суициды в разных регионах России, а самоубийства еще 5 человек не состоялись [5].

Таким образом, в приведенном материале можно видеть одну из форм реализации информационной угрозы личности и обществу. Этот пример является яркой иллюстрацией положений Доктрины об информационной безопасности и информационных угрозах. Президент Российской Федерации, правоохранительные органы, общество согласованно и достаточно эффективно преодолели эту форму информационной угрозы, направленной на молодежь и направленной на подрыв духовных ценностей и нравственных ориентиров, представлявшей угрозу жизни и здоровью детей и подростков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 5 декабря 2016 г. № 646 «Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации». //СПС «Гарант».
2. *Мурсалиева Г.* Группы смерти (18+). URL: https://www.novayagazeta.ru/articles/2016/05/16/68604-gruppy-smerti-18 (дата обращения: 16.03.2018).
3. *Федотова Д.* Путин вынес приговор подростковым «группам смерти». URL: http://www.mk.ru/politics/2017/03/09/putin-vynes-prigovor-podrostkovym-gruppam-smerti.html (дата обращения: 16.03.2018).
4. В России с начала 2017 года заблокировали более 16 тысяч «групп смерти». URL: tass.ru/obschestvo/4365653 (дата обращения: 16.03.2018).
5. Будейкин признал вину в создании «групп смерти» в сети «ВКонтакте». URL: https://ria.ru/incidents/20170511/1494079056.html (дата обращения: 16.03.2018).

**А.В. Перепечаев**

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN В АВТОМАТИЗАЦИИ И ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: Blockchain, защита информации, сеть, автоматизация.

В статье рассматриваются проблемы, связанные с автоматизацией современной индустриии и защитой информации в современном обществе, а также возможные пути решения проблемы автоматизации и защиты с помощью технологии Blockchain.

**A.V. Perepechaev**

## APPLICATION OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN AUTOMATION AND PROTECTION OF INFORMATION

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: Blockchain, information protection, network, automation.

The article deals with the problems associated with automation of modern industry and information protection in modern society, as well as possible solutions to the problem of automation and protection using Blockchain technology.

Ни для кого уже не секрет, что наш мир очень быстро движется в цифровую индустрию. Развитие сетей интернета вещей, которые направлены на то, чтобы сделать вашу жизнь проще и лучше. Новые финансовые технологии дающие возможность улучшить финансовую деятельность многим компаниям и получить более высокую прибыль. Нас окружают телефоны, планшеты, ноутбуки объединённые в одну большую информационную сеть. Мир переходит на цифровую экономику, а вся информация о гражданах и их собственности хранится в сети. И перед многими специалистами из ИТ индустрии встает очень важный вопрос. А как автоматизировать процессы хранения и внесения информации, а также защитить все это от кражи, потери или изменения?

Имеющиеся в данный момент методы и средства защиты цифровых сетей не дают должной гарантии защиты. Сегодня одним из перспективных направлений является технология Blockchain. И я считаю, что она действительно может помочь.

Что же такое Blockchain? Blockchain - выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков, содержащих определенную информацию. Обычно копии цепочки блоков хранятся у всех пользователей данной сети. [1]

Блок транзакций – это специальная структура, хранящая в себе проведенные определённые транзакции, причем под транзакцией понимается что угодно: финансовая транзакция, записи о недвижимости, заявки на регистрацию и т.п.. Достоверность содержимого блока в любой момент можно проверить, так как каждый блок содержит информацию о предыдущем блоке и все они выстроены в одну цепочку. Блок состоит из заголовка и списка транзакций. Заголовок блока включает в себя свой хеш, хеш предыдущего блока, хеши транзакций и дополнительную служебную информацию. Созданный блок будет принят остальными пользователями, если числовое значение хеша заголовка равно или меньше определённого целевого числа, величина которого периодически корректируется. Так как результат хеширования функции SHA-256 считается необратимым, на данный момент нет алгоритма получения желаемого результата, кроме случайного перебора.

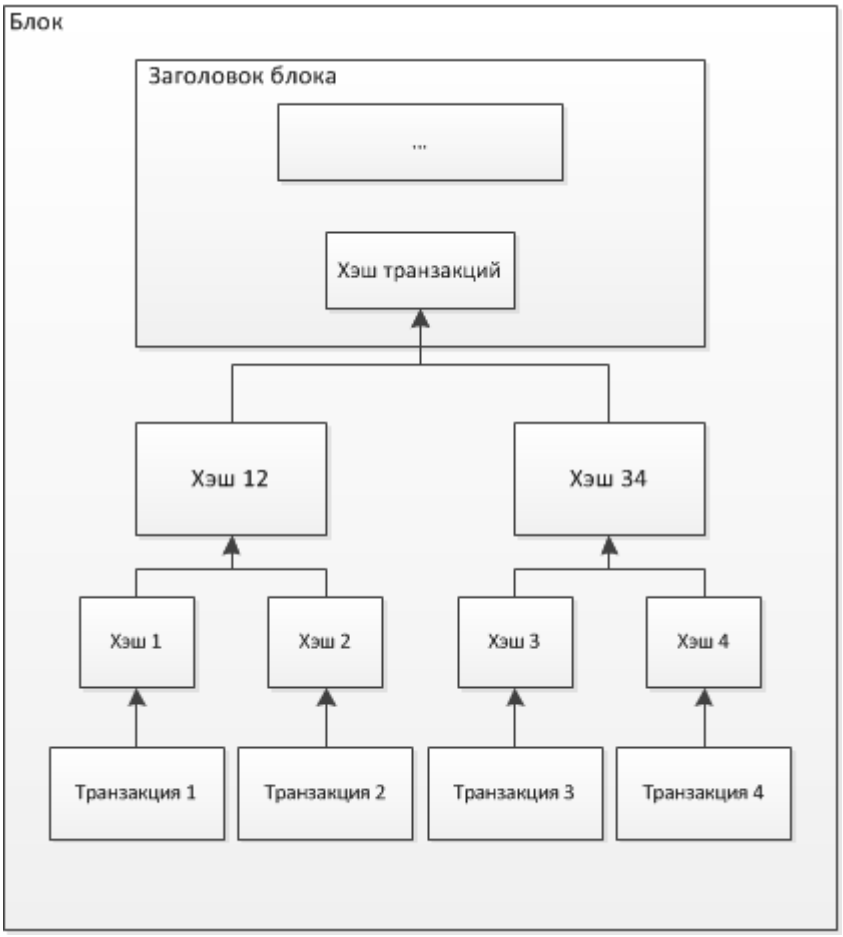


Схема получения хеша транзакции

Не маловажным дополнением к технологии Blockchain являются смарт-контракты. Смарт-контракт (англ. Smart contract — умный контракт) — компьютерный алгоритм, предназначенный для заключения и поддержания коммерческих контрактов в технологии блокчейн. Первое применение на практике смарт-контрактов в проекте Ethereum.

Например по аналогии с IPO с помощью смарт-контрактов вводится первичное размещение монет. ICO, Initial coin offering, (с англ. — «первичное предложение монет, первичное размещение монет»). Инвесторы отправляют средства на счет умного-контракта, получая взамен монеты данного проекта.

«Первая большая и перспективная область развития блокчейна — финансовая. Это и криптовалюта, и смарт-контракты, и госреестры. Например, сейчас, чтобы продать дом, нужно несколько недель, а это может занимать всего 3 минуты.»

Виталик Бутерин, Москва, 30 августа 2017 [2]

Основными областями применения технологии Blockchain являются: банковский сектор, удостоверение личности, земельный реестр и регистрация недвижимости. Уже сейчас можем наблюдать, как применяется данная технология в защите информации и автоматизации информационных процессов.

Уже известно, что земельный кадастр Украины перешел на использование технологии Blockchain. Что уже сделало сеть земельного кадастра прозрачнее и безопаснее в использовании.

Отмечается, что внедрение технологии Blockchain позволит обеспечить надежную синхронизацию данных, сделает невозможным их подмену в результате внешнего

вмешательства, а также даст возможность осуществлять общественный контроль за системой. [3]

К 2019 году Швеция планирует ввести регистрацию права собственности на землю через блокчейн. В данный момент проходит тестирование данной системы и результаты пока радуют.

Первая фаза эксперимента продемонстрировала потенциал технологии, а вторая показала, как составление смарт-контрактов автоматизирует процессы кадастровых операций. Чтобы заключить сделку купли-продажи, покупателю и продавцу не приходится обращаться к услугам нотариуса. Достаточно предоставить цифровые подписи, которые проверяются автоматически. [4]

В 2017 году Бразилия начала тестирование блокчейн-системы удостоверения личности. По словам главы ИТ-отдела министерства Адриана Медейрос Мело, нынешние испытания позволят определить потенциал блокчейн-технологий, а также «создать новую модель доверия между правительством и обществом».

«Технология позволяет проводить децентрализованные, прозрачные и безопасные транзакции в Интернете. Потенциально это может стать совершенно новым каналом обмена информацией. Эта децентрализация не только снижает риски с точки зрения безопасности, но и уменьшает затраты и время, необходимые для операций», — добавил Мело. [5]

В заключении статьи можно сделать вывод, что использование технологии Blockchain действительно может помочь в решении проблемы защиты информации, а также упростить и удешевить некоторые информационные процессы за счет смарт-контрактов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Блокчейн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Блокчейн
2. Смарт-контракт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Смарт-контракт
3. Статья “Государственный земельный кадастр Украины перешел на технологию Blockchain” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://itc.ua/news/gosudarstvennyiy-zemelnyiy-kadastr-ukrainyi-pereshel-na-tehnologiyu-blockchain/
4. Статья “Швеция введет регистрацию права на землю через блокчейн к 2019 году” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hightech.fm/2017/04/04/land_registry
5. Статья “Правительство Бразилии тестирует блокчейн-систему удостоверений личности” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://coinmarket.news/2017/08/24/pravitelstvo-brazilii-testiruet-blokchejn-sistemu-udostoverenij-lichnosti/

**И.А. Сосновский, А.А. Манин, Н.В. Болдырихин, *С.В. Коробенко**

## ПОДХОД К ОЦЕНКЕ IT-РИСКА В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

*Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Ростовской области «Ростовский-на-Дону колледж радиоэлектроники, информационных и промышленных технологий», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: инфокоммуникационные сети, it-риск, ущерб, безопасность функционирования инфокоммуникационной сети.

В статье рассматривается подход к оценке безопасности данных в инфокоммуникационных сетях, основанный на том, что центральным элементом возможных угроз безопасности информации является текущее функциональное состояние человека, имеющего доступ к её обработке. Для определения опасности, возникающей при работе человека в инфокоммуникационных сетях, предложено использовать новое выражение для оценки it-риска, основанное на определении текущей эффективности деятельности.

**I.A. Sosnovsky, A.A. Manin, N.V. Boldyrikhin, * S.V. Korobenko**

## APPROACH TO IT-RISK ASSESSMENT IN INFOCOMMUNICATION NETWORKS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

* State Budgetary Professional Educational Institution of the Rostov Region "Rostov-on-Don College of Radioelectronics, Information and Industrial Technologies", Rostov-on-Don, Russia

Key words: infocommunication networks, it-risk, damage, safety of functioning of infocommunication network.

The article considers the approach to assessing the security of data in infocommunication networks, based on the fact that the central element of possible threats to information security is the current functional state of a person who has access to its processing. To determine the danger that arises when a person works in infocommunication networks, it is suggested to use a new expression for assessing it-risk, based on determining the current performance of the activity.

Безопасность информации при эксплуатации инфокоммуникационных сетей (ИКС) напрямую связана с функциональным состоянием (ФС) персонала, под которым понимается совокупность умений и навыков выполнения профессиональных обязанностей и текущих возможностей организма их реализовать. Именно функциональное состояние персонала, производящего настройку и обработку информации в ИКС, является одной из основных причин изменения безопасной технологии работ, что приводит к разглашению конфиденциальных данных. Поскольку раскрытие информации может привести к определённому уровню ущерба, то эксплуатация ИКС, как правило, сопряжена с определённой долей технологического it-риска.

На современном этапе существует достаточно большое количество подходов к оценке безопасности информации, однако большинство из них ориентированы на определение *P* вероятности (возможности) реализации угрозы, отнесённой к *Y* степени ущерба при её реализации [1].

$$R = P \cdot Y \,. \tag{1}$$

Однако такой подход к оценке риска обладает рядом недостатков, основным из которых является вычисление вероятности реализации угрозы, что может получиться путём обработки статистического материала, полученного за определённую выборку, а это не позволяет оценить риск в текущий момент времени при совершении какого-либо действия конкретным сотрудником.

С учётом сказанного возникает необходимость разработки новых подходов к оценке безопасности функционирования ИКС, способных незамедлительно предоставлять данные об изменении уровня безопасности в инфокоммуникационной сети.

В общем случае ИКС можно представить как человеко-машинную систему, в которой в качестве системы выступает оборудование ИКС, находящееся под управлением оператора (пользователя). Далее будем придерживаться этой терминологии.

При эксплуатации ИСК величина технологического it-риска может быть обусловлена наличием рассогласования между динамикой ФС операторов и состоянием информационного пространства, представляемого им посредством ИКС. Это обстоятельство позволяет рассматривать величину технологического it-риска как величину, пропорциональную интегралу отклонения ФС оператора от требуемого по времени функционирования и зависящую от реализуемого в системе управления состоянием оператора [2,3,4]

$$R(\delta) = \frac{C}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} \left[ W^* - w(t,\delta) \right] dt \tag{2}$$

где $W^*$ – максимальное значение показателя эффективности действий оператора;

$w(t,\delta)$ – мгновенная оценка эффективности действий оператора;

$[t_0,t_1]$ – период функционирования ТК;

C – максимальная стоимость ущерба от происшествия;

$\delta$ – реализуемое в системе управление состоянием оператора.

Определение величины технологического it-риска возможно на основе мгновенной

оценки эффективности. При построении показателя эффективности действий оператора, предположим, что поле операторской деятельности может быть представлено в виде конечной совокупности последовательностей действий, реализуемых оператором в ответ на изменение информационного пространства. В этом случае эффективное управление оператором ИКС возможно только при наличии у него устойчивых навыков выполнения конечного числа типовых алгоритмов S, каждый из которых может быть представлен в виде последовательности $p_j = \{ i_1, i_2, ..., i_l, ..., i_{k_j} \}$ $(j = \overline{1, S})$ типовых действий, набранной из *M* множества типовых действий ($i = \overline{1, m}$), где m - его мощность. При этом любое типовое действие в последовательности $p_j$ характеризуется:

$\tau_{ji}$ – максимально допустимой продолжительностью выполнения;

$c_{ji}$ – коэффициентом, запрещающим пропуск и изменение очередности выполнения;

$b_{ji}$ – коэффициентом запрета пропуска при произвольном размещении в очередности;

$u_{ji}$ – коэффициентом, отражающим возможность перестановки или пропуска действия в очередности.

Назначение вышеуказанных коэффициентов позволяет при реализации оператором последовательности $p_j$ выявлять отклонения фактических действий от модели оптимальных действий и на этой основе проводить оценку эффективности действий оператора в реальном масштабе времени по выражениям приведённым ниже [3,4]:

$$w(t, \delta) = W^* - \Delta w(t, \delta), \tag{3}$$

где

$$\Delta w(t, \delta) = \max\left[\Delta w_{c_{ji}}, \Delta w_{b_{ji}}, \Delta w_{u_{ji}}\right]. \tag{4}$$

$$\Delta w_{c_{ji}} = \begin{cases} 0, \ при \ n_{c_{ji}} = 0 \ ; \\ h_{c_{ji}} W^{\max}, \ при \ n_{c_{ji}} = 1 \ ; \end{cases}$$

$$\Delta w_{b_{ji}} = \begin{cases} 0, \ при \ n_{b_{ji}} = 0 \ ; \\ h_{b_{ji}} W^{\max}, \ при \ n_{b_{ji}} = 1 \ ; \end{cases}$$

$$\Delta w_{u_{ji}} = \begin{cases} 0, \ при \ n_{u_{ji}} = 0 \ ; \\ h_{u_{ji}} W^{\max}, \ при \ n_{u_{ji}} = 1 \ . \end{cases}$$

При этом коэффициенты $h_{c_{ji}}$, $h_{b_{ji}}$, $h_{u_{ji}}$ являются значениями штрафов за допущенные оператором отклонения и назначаются с учетом важности *i*-го действия в последовательности $p_j$, а коэффициенты $n_{c_{ji}}$, $n_{b_{ji}}$, $n_{u_{ji}}$ указывают количество отклонений оператора от модели оптимальных действий.

Однако предложенный показатель $w(t, \delta)$ не может быть определен без наличия эталона – оптимальной последовательности действий оператора при выполнении им каждой вводной. В качестве оптимальной последовательности действий будем рассматривать такую последовательность, которая определена технологией проведения работ.

На рисунке 1 представлена оптимальная последовательность действий оператора в виде сетевой модели (см. рис.1) со следующими характеристиками [2, 3]:

$n_i^q$ – номер события в $j$-ой последовательности, где ( $n = \overline{1, k_j}$ );

$q_{ji}$ – код события из множества $Q_j$ ;

$t_{n_i^q}$ – время наступления события.

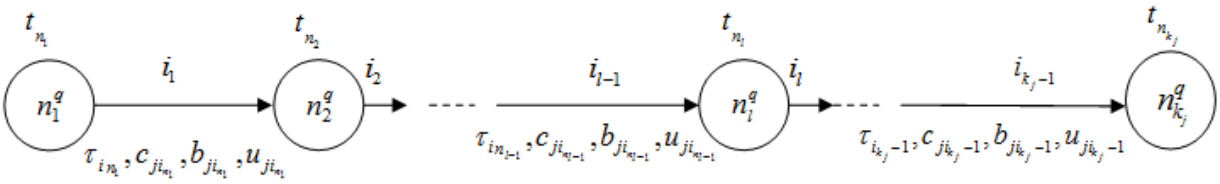



Рисунок 1 – Модель оптимальных действий оператора в виде сетевого графа

Модель оптимальных действий оператора может быть сформирована при известных исходных данных о последовательностях $p_j$ действий оператора, путем присвоения каждому действию коэффициентов $c_{ji}, b_{ji}, u_{ji}$ и назначения максимально допустимых величин времени на их выполнение $\tau_{in}$, с учетом средней скорости рабочих движений, совершаемых оператором и удовлетворяющих сложившимся требованиям к общему времени выполнения учебной задачи [2,3].

Таким образом, наличие модели оптимальных действий делает возможным автоматический расчет мгновенной оценки эффективности каждого действия оператора по выражению (2), подсчет числа отклонений в действиях оператора при реализации одной вводной, а также расчет величины технологического it-риска (1) при ее выполнении.

Полученные значения риска будут отражать текущий уровень опасности при работе оператора с определённой информацией, посредством доступа к ней через инфокоммуникационную сеть. При этом появляется возможность приступить к построению автоматизированных систем, позволяющих на основе заданных правил принимать решение о прекращении доступа к запрашиваемой оператором информации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Астахов А.М.* Искусство управления информационными рисками. Москва: ДМК Пресс, 2010. 312 с., ил.
2. *Гутников В.Н., Коробенко С.В., Сосновский И.А.* Антропоцентрический подход к автоматизации подготовки операторов технических комплексов // Автоматика и вычислительная техника. 2005. №2. С. 12-21.
3. *Коробенко С.В., Сосновский И.А., Собко В.П.* Методика адаптации автоматизированных обучающих систем к индивидуальным особенностям операторов минимуму эксплуатационного технологического риска. // Известия Волгоградского государственного технического университета. / Серия Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. Выпуск №8. 2010 г. №6. С. 56-61.

4. *А.А. Манин, Н.В. Болдырихин, *С.В. Коробенко, И.А. Сосновский.* Минимизация технологического риска при эксплуатации комплексов связи на основе разработки информационной системы контроля и управления подготовкой сотрудников. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. // «ИНФОКОМ-2017». - 2017. - № 1. - С. 328-335.

**И.Ф. Файсханов**

## АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ УСТОЙЧИВОГО КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА

Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации (ФГКОУ ВО УрЮИ МВД России), Екатеринбург, Российская Федерация
f_irek@mail.ru

Ключевые слова: информационная безопасность, аутентификация, клавиатурный почерк, биометрия.

В данной статье рассматривается анализ процесса аутентификации при помощи устойчивого клавиатурного почерка. Приводится пример типа ввода текста, анализируется процесс идентификации клавиатурного почерка, приводятся первые экспериментальные результаты.

**I.F.Fayskhanov**

## AUTHENTICATION OF USERS WITH A STABLE KEYBOARD HANDWRITING

Keywords: information security, authentication, keyboard handwriting, biometry.

This article describes the analysis of the authentication process using a stable keyboard handwriting. The article gives an example of the type of text input, analyzes the process of identifying the keyboard handwriting, gives the first experimental results.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечается высокий интерес к области безопасности информации. Что является вполне логичным, поскольку век информатизации характеризует обилие информации, средств ее обработки, передачи и хранения. При всем многообразии операций важным фактором была и остается безопасность информации.

Безопасность информации характеризуется тремя факторами: конфиденциальность, целостность, доступность. Все три составляющие является важным условием успешного и продуктивного функционирования любой информационной системы.

Данная работа раскрывает один из факторов безопасности – конфиденциальность. Федеральный закон от 27.07.2006 №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и ГОСТ Р 52653-2006 раскрывают это понятие примерно следующим образом [1, 2]: обязательное для выполнения лицом, получившим доступ к определенной информации, требование не передавать такую информацию третьим лицам без согласия ее обладателя. Если требование «не передавать», например, информацию на бумажном носителе можно обеспечить организационными мерами, то встает вопрос о том, как защитить информацию на электронной вычислительной машине. Для этих целей предусмотрены масса вариантов: начиная от элементарной авторизации при помощи пароля перед входом в операционную систему, заканчивая электронно-вычислительными машинами в защищенном исполнении.

Средства аутентификации при помощи пароля, какого-либо ключа (USB-ключ, смарт-карта и т.д.), которые успешно функционируют и по сей день, постепенно вытесняют средства биометрической аутентификации (при помощи голоса, отпечатка пальца, радужной оболочки глаза и т.д.) в виду ряда преимуществ: такие средства всегда находятся при пользователе, их невозможно потерять или украсть. При этом биометрический идентификатор у каждого уникальный.

Существует множество способов биометрической аутентификации, но большинство из них имеет существенный недостаток – высокая стоимость реализации. Одним из перспективных способов аутентификации является с помощью клавиатурного почерка. Преимущества данного решения: имеет все достоинства биометрической аутентификации, не требуется дополнительных устройств для считывания, необходимо лишь программное обеспечение.

Аутентификация, основанная на принципе клавиатурного почерка, имеет следующий принцип. Каждый человек имеет набор характеристик, присущих только ему, также это касается ввода с клавиатуры: длительность между нажатиями, скорость ввода, привычки использования клавиш – это далеко не весь перечень, который может содержать индивидуальные свойства пользователя.

В данной работе рассматривается принцип аутентификации с помощью клавиатурного почерка, описывается процесс разработки приложения, анализируются полученные данные.

## Исходные данные

Прежде чем начинать процесс разработки, необходимо проанализировать каким образом осуществляется ввод данных пользователем.

В статье «Слепой метод печати: способы его освоения» автора Е.М.Каменевой [3] отражается десятипальцевый метод набора. Автор приводит несколько способов для овладения навыками «слепой» печати.

Главным принципом данного метода является определение зоны работы пальцев:

- левый указательный палец нажимает на клавиши: а, п, м, и, к, е, 5, 6;
- правый указательный палец нажимает на клавиши: о, р, т, ь, н, г, 7, 8;
- левый средний палец нажимает на клавиши: в, с, у, 4;

– правый средний палец нажимает на клавиши: л, б, ш, 9;
– левый безымянный палец нажимает на клавиши: ы, ч, ц, 3;
– правый безымянный палец нажимает на клавиши: д, ю, щ, 0;
– левый мизинец нажимает на клавиши: ф, я, й, ё, 1, 2;
– правый мизинец нажимает на клавиши: ж, э, з, х, ъ, ., -, +, \;
– большие пальцы обеих рук нажимают на пробел.

Клавиши Backspace, Delete, Enter нажимают мизинцем правой руки. Левую клавишу Shift нажимают левым мизинцем, а правую – соответственно правым

Также немаловажным является основная позиция на клавишах ф, ы, в, а, о, л, д, ж, причем указательный палец левой руки должен лежать на клавише а, а указательный палец правой руки на клавише о, для удобства поиска этих клавиш они имеют специальную выемку. В основной позиции средний палец левой руки занимает клавишу в, правый – л, безымянные пальцы – ы и д, мизинцы – ф и ж, большие пальцы обеих рук располагаются на клавише пробел [3].

Преимуществами данной методики, по мнению автора, является большая скорость, минимум опечаток и меньшая утомляемость.

Как следует из обучающего пособия [3], ввод данных рекомендуют производить десятью пальцами обоих рук. Существует множество методик обучения и тренировки. Однако стоит отметить тот факт, что далеко не все пользователи освоили данный метод и осуществляют ввод данных именно таким образом. На практике имеются операторы, которые могут осуществлять ввод и вовсе одним или двумя пальцами.

Следовательно, каждый метод ввода, используемый оператором,имеет свои индивидуальные особенности, которые позволяют сформировать индивидуальные особенности почерка.

Таким образом, исходя из этого, справедливо будет предположение, что при детальном анализе данных о клавиатурном вводе пользователей, есть вероятность идентифицировать оператора, осуществляющего ввод текста.

Для успешного функционирования работы системы аутентификации в первую очередь необходимо разработать систему идентификации, которая с большим процентом вероятности и минимуме ошибок позволит определять оператора.

Принцип работы модели системы аутентификации, ответственной за сбор данных о пользователе, имеет следующий вид, представленный на Рисунке 1[4].

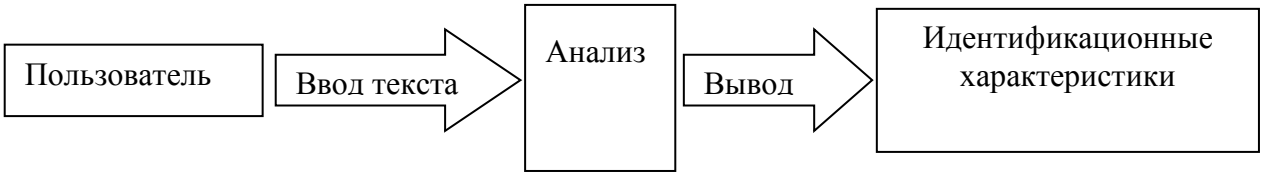



Рисунок 1. Принцип работы модели системы аутентификации.

Признаками, позволяющими идентифицировать оператора, при вводе текста с клавиатуры являются:
– длительность ввода всего текста;
– временной промежуток между нажатиями на клавишу;

– длительность печати знаков препинания;

В ходе данной работы будет рассмотрен признак, характеризующий временной промежуток между нажатиями на клавиши. Данный выбор обусловлен тем, что, на основе вышеприведенных сведений о возможностях ввода текста, справедливо предположение, что длительность между нажатиями на клавиши у разных операторов будет разная. Остальные характеристики могут лишь являться дополнениями данного признака: длительность ввода всего текста может быть схож у разных операторов и без иных характеристик не информативен. Аналогичные соображения относятся к длительности печати знаков препинания: при усовершенствовании системы идентификации данные признаки позволят повысить эффективность системы.

Таким образом, на вход системы поступает последовательность данных о длительности между парами клавиш.

Данные сведения имеют следующий вид:

$$A = \begin{pmatrix} t_{\text{аа}}, & \dots & t_{\text{ая}} \\ & \dots & \\ t_{\text{яа}}, & \dots & t_{\text{яя}} \\ t_{\text{Аа}}, & \dots & t_{\text{Яа}} \\ & \dots & \\ t_{\text{Яа}}, & \dots & t_{\text{Яя}} \\ t_{\text{аА}}, & \dots & t_{\text{яА}} \\ t_{\text{АА}}, & \dots & t_{\text{ЯЯ}} \\ t_{\text{а.}}, & \dots & t_{\text{я.}} \\ t_{\text{а,}}, & \dots & t_{\text{я,}} \\ t_{\text{а:}}, & \dots & t_{\text{я:}} \\ t_{\text{а"}}, & \dots & t_{\text{я"}} \\ t_{\text{а_}}, & \dots & t_{\text{я_}} \\ t_{\text{_а}}, & \dots & t_{\text{_я}} \\ t_{\text{_А}}, & \dots & t_{\text{_Я}} \end{pmatrix}$$

где $t_{NM}$ – длительность нажатия между клавишами Nи M в мс,
нижнее подчеркивание – пробел.

Данная матрица имеет размерность 33x75, таким образом, 2475 результатов. Однако в данную матрицу не включены следующие элементы: знаки препинания и последовательное нажатие на пробел. Учитывая данный факт, можно добавить: точка и нажатие на пробел, запятая и нажатие на пробел, двоеточие и нажатие на пробел, точка с запятой и нажатие на пробел, пробел и тире, тире и пробел, пробел и открытая кавычка, закрытая кавычка и пробел, а также точка и точка, если осуществляется ввод многоточия. Таким образом, сумма элементов матрицы составит 2484 элемента.

Однако данный результат учитывает лишь ввод по правилам правописания. Тем не менее, при наборе существуют ситуации, когда осуществляется ввод не по правилам, например, при опечатке. Данные пары не будут учитываться в связи с тем, что опечатки, ввод не по правилам, события не частые, следовательно, смысловую нагрузку несут невысокую.

Для дальнейшей работы от данной матрицы необходимо перейти к матрице типаB:

$$B = \begin{pmatrix} F_{t0} \\ \dots \\ F_{tn} \end{pmatrix}$$

Данная матрица содержит частоту попаданий той или иной длительности в определенный диапазон $t_i+\Delta t$. Частота равна:

$$F_{ti} = \frac{n_i}{l},$$

где $n_i$ – количество попаданий в диапазон $t_i+\Delta t$, l –общее количество пар NM.

На основании полученных данных возможно построение гистограммы статистического распределения.

Таким образом, происходит работа с последовательностью, имеющей определенный закон распределения. Анализируя данные последовательности, полученные у различных операторов, необходимо извлечь статистические характеристики, которые позволят идентифицировать операторов.

**Статистические характеристики**

*Гипотеза 1*. Пусть рассматриваемая последовательность имеет нормальное распределение.

**Нормальное распределение**

Итак, нормальное распределение имеет вид:

плотность вероятности: $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$

функция распределения: $F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$

Гистограмма нормального распределения имеет следующий вид (Рисунок 2).

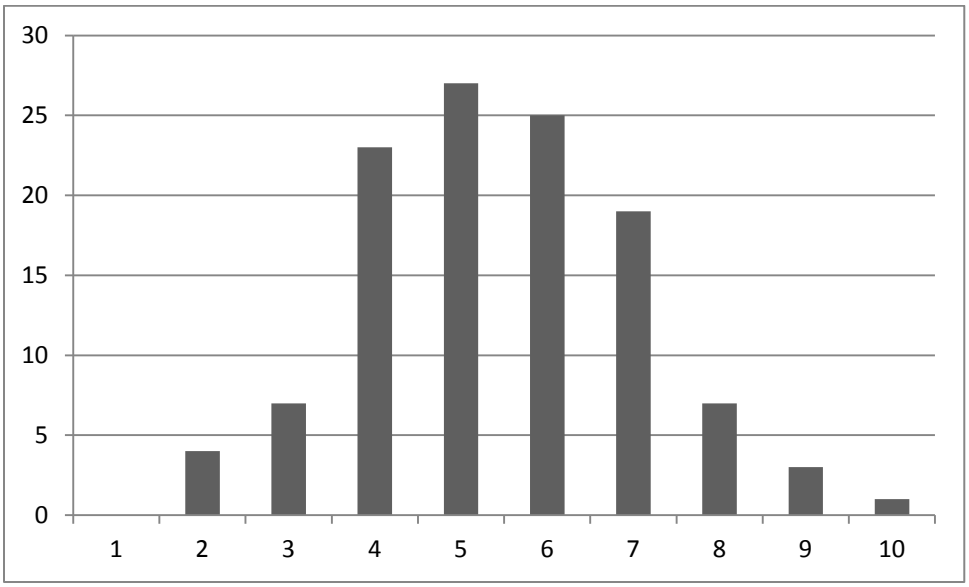



Рисунок 2. График нормального распределения

Принимая гипотезу 1, необходимо перейти к следующей задаче. Для идентификации и дальнейшей аутентификации необходимо из данных статистических характеристик выделить признаки, по которым можно будет выделять пользователей.

В качестве таких признаков рассматривается математическое ожидание и дисперсия. Соответственно, дальнейшая задача заключается в том, чтобы на основании данных признаков определить, какой из операторов осуществил ввод данных.

Например, гистограмма распределения длительностей оператора 1 и оператора 2 будет иметь вид, приведенный на Рисунке 14.

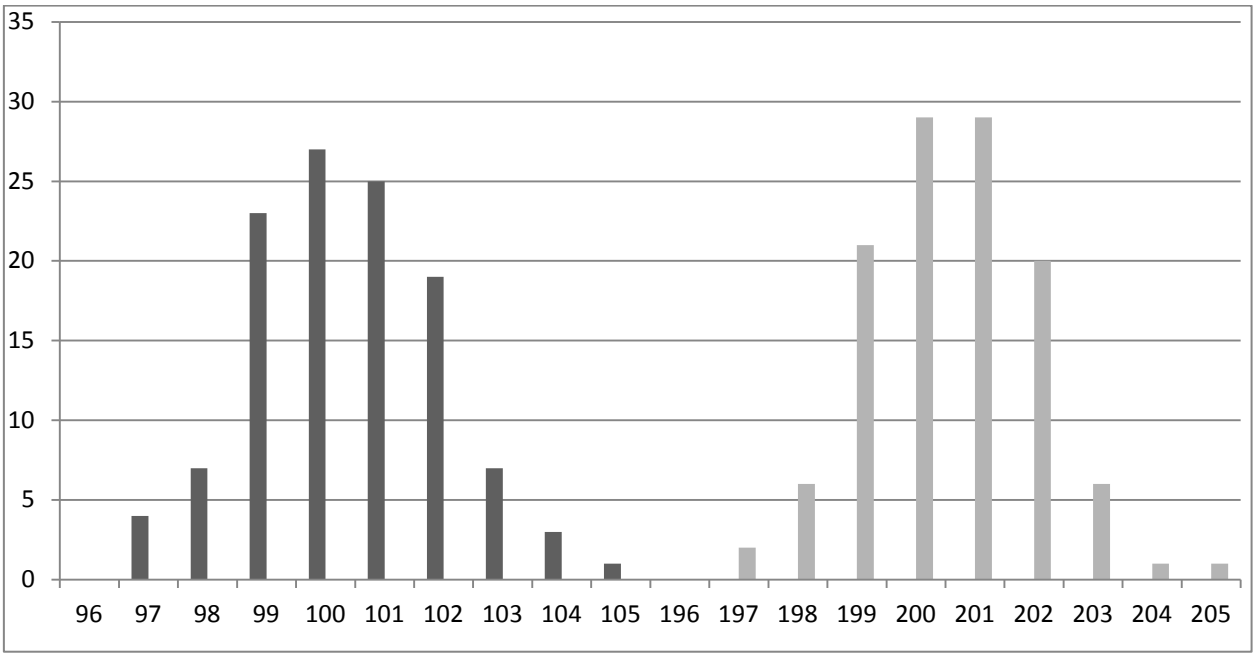



Рисунок 3. Примерный вид гистограммы статистических характеристик

В данной ситуации необходимо выполнять проверку последовательности на соответствие нормальному распределению, поскольку возможна ситуация, когда такая проверка будет давать отрицательный результат вследствие умышленных действий оператора или из-за его неопытности: длительность между нажатиями на все клавиши у неопытного оператора или пользователя, который намерен ввести в заблуждение систему, будет примерно одинаковой.

Для этих целей в работе использован критерий согласия Пирсона (или критерий хи-квадрат). С помощью данного критерия, возможно оценить уровень разброса эмпирических и теоретических частот попадания в тот или иной диапазон $t_i$.

Критерий хи-квадрат Пирсона представлен следующим образом:

$$\chi_n^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(F_{iэ} - F_{io})^2}{F_{io}}, \text{ где}$$

$F_{iэ} -$ частота экспериментальная,

$F_{io} -$ частота ожидаемая.

Для текущей задачи решение выглядит следующим образом.

1. Вычисляются частоты попадания в тот или иной диапазон $t_i+\Delta t$.
2. Вычисляются ожидаемые частоты.
3. Вычисляется хи-квадрат.
4. Рассматривается полученное значение с допустимыми при заданном числе свободы ki уровне значимости принятым 0,05.

Таким образом, при выполнении данного условия гипотеза подтверждается.

Стоит отметить, что сбор данных следует осуществлять регулярно, уточняя данные о пользователе следующим образом: после аутентификации пользователя в системе, система должна реагировать на ввод данных, фиксируя статистические характеристики и обновляя базу данных.

**Экспериментальные результаты**

На данный момент разработано приложение, позволяющее получить следующие характеристики:

– длительность между нажатиями клавиш;

– частота попадания в диапазон t+Δt;

На основании данных характеристик вычисляется математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратичное отклонение.

В экспериментальных исследованиях приняло участие 5 операторов. Задача операторов была ввести следующий текст: «В чащах леса жил бы цитрус? Да, но фальшивый экземпляр!». Данный текст содержит все символы кириллицы, однако все требуемые пары матрицы А в нем не содержатся. Следовательно, одна из приоритетных задач данной работы: найти текст, содержащий все возможные пары букв из матрицы А.

Для достоверности результатов данный текст операторам необходимо было ввести пять раз. Результаты приведены ниже. На графике: ось абсцисс – длительность, ось ординат – частота попадания.

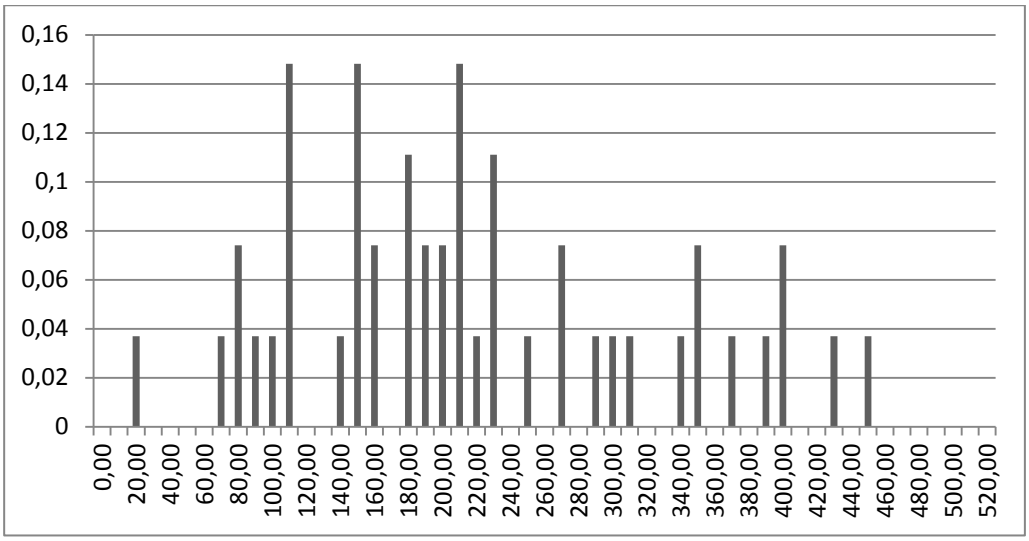



Рисунок 4. Статистические характеристики оператора 1

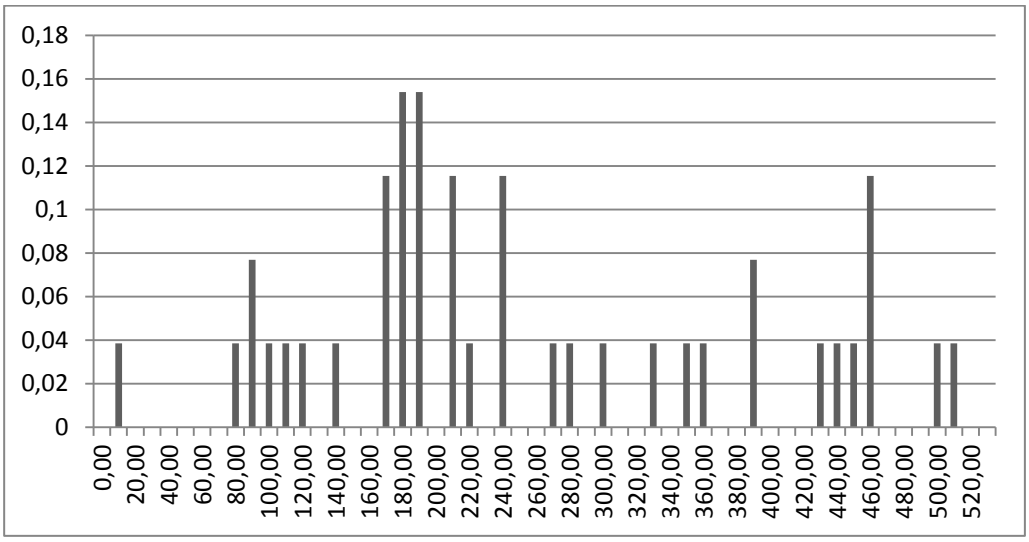



Рисунок 5. Статистические характеристики оператора 2

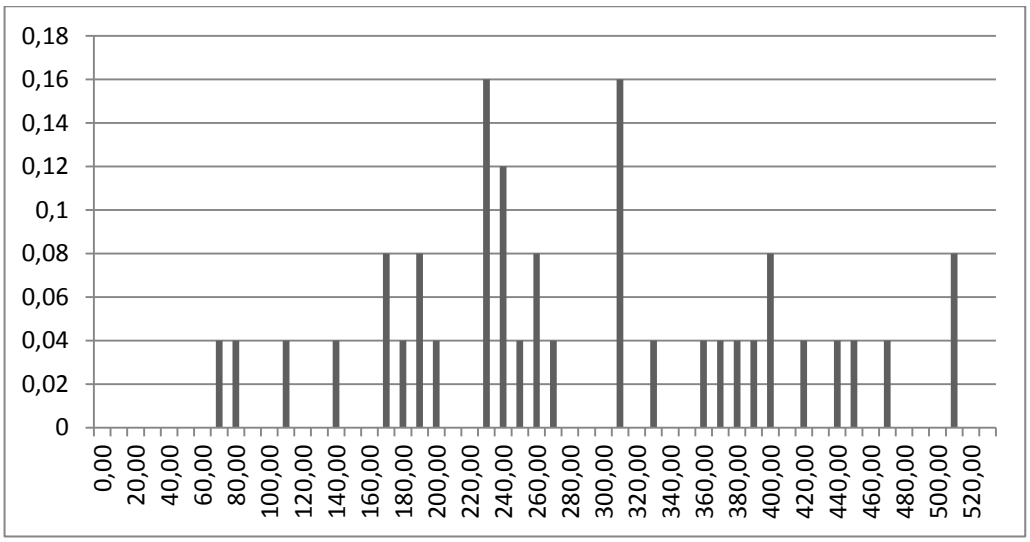



Рисунок 6. Статистические характеристики оператора 3

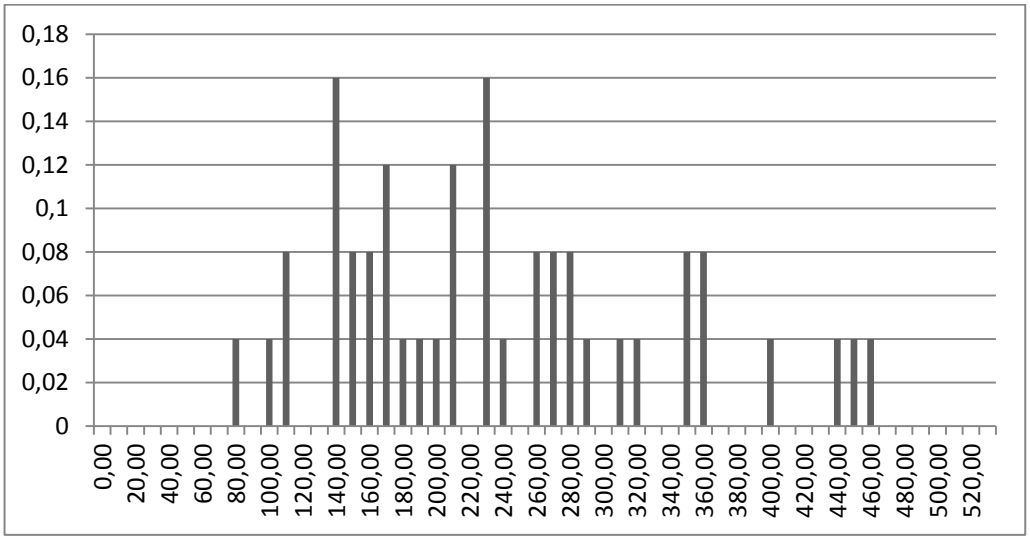



Рисунок 7. Статистические характеристики оператора 4

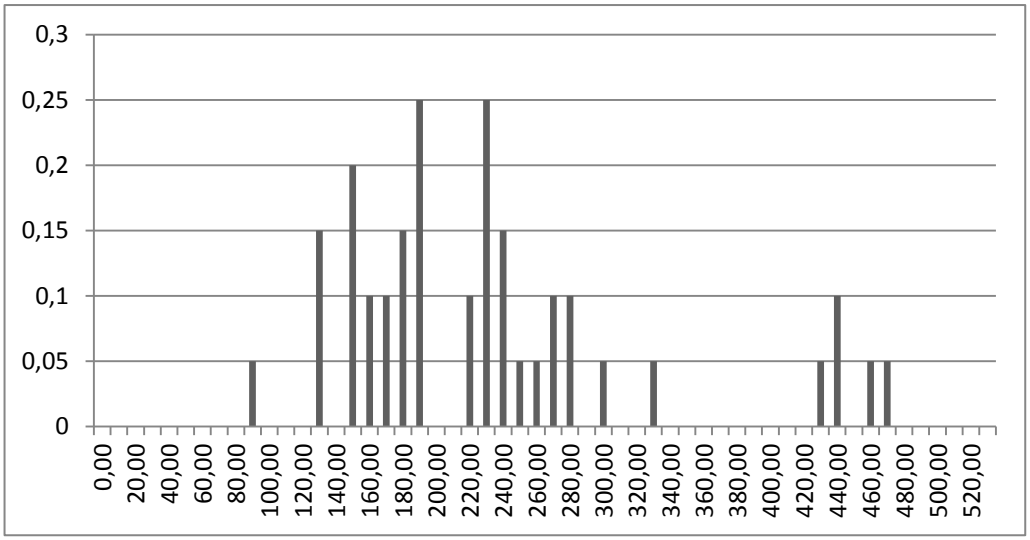



Рисунок 7. Статистические характеристики оператора 5

Над результатами ввода была выполнена проверка по критерию хи-квадрат, которая подтвердила, что распределение соответствует нормальному распределению.

Проанализировав результаты, можно отметить, что корреляция между пятью попытками была обнаружена. Отличия в характеристиках между операторами – имеется.

## ВЫВОД

Таким образом, в данной работе рассмотрена проблематика аутентификации на основе клавиатурного почерка, приведены доводы в преимущества данного метода, раскрыт принцип и логика аутентификации, также проанализирован «слепой метод ввода», отмечена важность и актуальность исследований.

В данный момент имеются следующие результаты:

1. разработана система получения статистических характеристик оператора;
2. получены экспериментальные результаты с 5 испытуемыми;
3. экспериментальные результаты проверены по критерию хи-квадрат, гипотеза согласно которой рассматриваемая последовательность имеет нормальное распределение, подтверждена;
4. составлены гистограммы статистических характеристик;
5. подтверждена гипотеза, о возможности получения различных статистических характеристик у различных операторов.

Дальнейшие задачи данной работы следующие:

1. проанализировать методику идентификации рукописного почерка, выделить корреляционные моменты;
2. проанализировать методики аутентификации биометрических систем, проанализировать модель;
3. усовершенствовать имеющуюся систему получения статистических характеристик;
4. провести экспериментальные исследования с 10, 20, 30 испытуемыми;
5. сделать выводы относительно полученного процесса аутентификации;
6. исследовать влияние типов темперамента испытуемых на процесс ввода данных

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Федеральный закон от 27.07.2006 №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
2. ГОСТ Р 52653-2006. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения. – 2006. – 11 с.
3. *Е.М.Каменева,* «Слепой» метод печати: способы его освоения, издательство «Бизнес-Арсенал», журнал «Делопроизводство и документооборот на предприятии», г.Москва, 2007 г.
4. *Файсханов И.Ф.* Основы управления процессом аутентификации пользователей в социальных и экономических системах // Российские регионы в фокусе перемен. Сборник докладов X Международной конференции. – 2016. – С. 1108-1112.

**К.Д. Бадыштова, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский**

# ЭЛЕКТРОННОЕ МОДУЛЬНОЕ ОБУЧАЮЩЕЕ ПОСОБИЕ С ВЫБОРОМ КОНТРОЛЬНО-ОБУЧАЮЩЕГО КОНТЕНТА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: обучающая программа, интерактивность, информационные технологии, дистанционное обучение.

Представлена разработка электронного пособия в интерактивной среде разработки Delphi. Характерной, отличительной чертой исследования считается возможность оперативной подготовки и замены контента неспециалистом в IT технологиях.

**K.D. Badyshtova, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky**

# ELECTRONIC MODULAR TRAINING MANUAL WITH SELECTION OF CONTROL-TRAINING CONTENT

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: training program, interactivity, information technologies, distance learning.

The development of an electronic manual in the interactive development environment of Delphi is presented. A characteristic, distinctive feature of the study is the possibility of operational preparation and replacement of content by a non-specialist in IT technologies.

В наше время количество систем, предназначенных для обучения с использованием электронных форм передачи материала, неизменно увеличивается. Таким образом, в силу вступает новая тенденция обучения, основанная на развитии открытого, дистанционного образования, технологической основой которого являются информационные и телекоммуникационные технологии [1, 2]. Дистанционное обучение позволяет обучаться

в своем темпе, исходя из личных потребностей в образовании. При этом, обучающий контент подготовить и разместить в электронной оболочке под силу только их разработчикам. Однако, составителями обучающих материалов, как правило, являются именно преподаватели – простые пользователя ПК и зачастую им трудно использовать электронные средства обучения, даже уже разработанные, по причине неудобства в предварительной обработке контента, чтобы его разместить в электронном обучающем средстве. Поэтому, представленная разработка модульного обучающего пособия с выбором контрольно-обучающего контента является актуальной и востребованной.

В качестве языка программирования был выбран универсальный язык высокого уровня (ЯВУ) Delphi [3]. Он имеет возможность решения широкого класса задач, возможность работы с базами данных, простоту изучения.

Приложение построено на основе Delphi-Forms, или их еще называют «Windows-Forms». При создании графического интерфейса пользователя (ГИП) происходит наследование класса TForm с обширным набором шаблонов создания ГИП. Далее, основная форма приложения наполняется необходимыми средствами управления и отображения материала (листинг 1).

Листинг 1- Фрагмент заполнения основной формы приложения

```
TForm1 = class(TForm)
   GroupBox1: TGroupBox;
   TreeView1: TTreeView;
   WebBrowser1: TWebBrowser;
   MainMenu1: TMainMenu;
   N1: TMenuItem;
   N2: TMenuItem;
   N3: TMenuItem;
   Splitter1: TSplitter;
```

Контент, наполняющий приложение, представляет файлы в формате html, в которых организовано ссылочное связывания блоков изучаемого материала. Это является очень удобным, т.к. материалы для изучения хранятся в отдельной директории и могут быть легко модифицированы, при необходимости.

Одним из главных достоинств обучающей программы является большое количество гиперссылок, которые позволяют после изучения теоретических основ перейти к практическим работам и при необходимости вернуться в необходимую часть лекции (рис. 1).

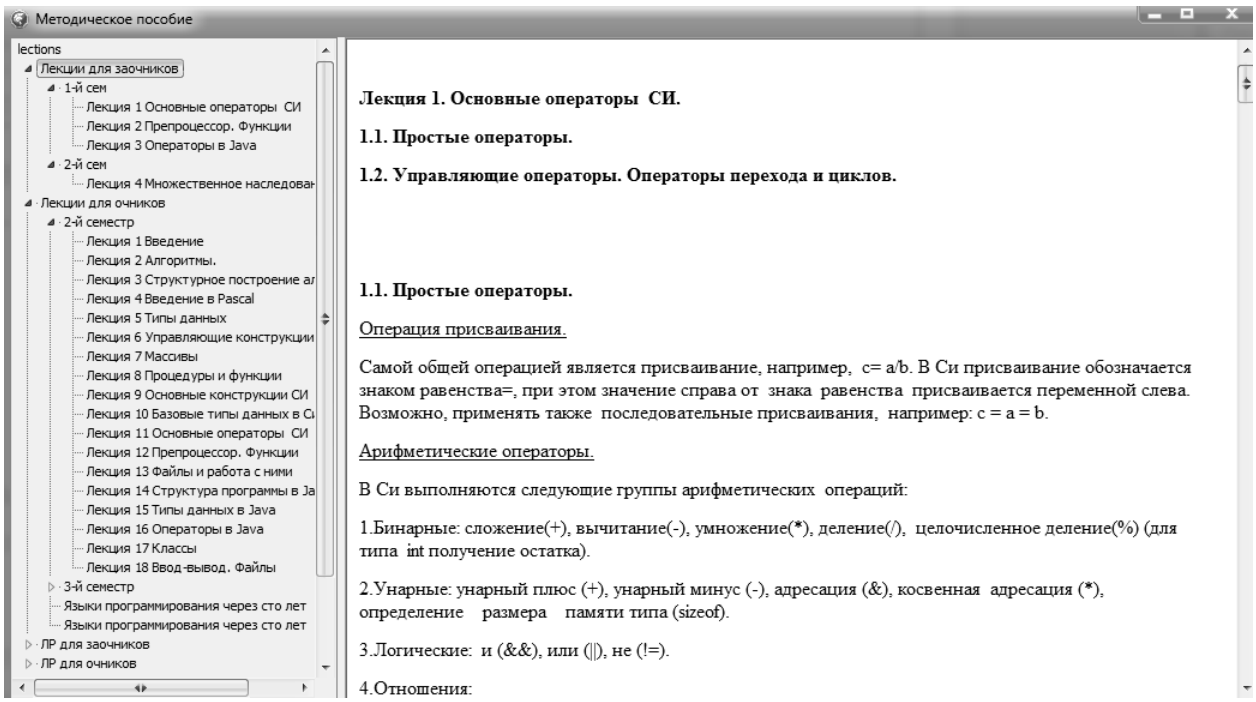



Рисунок 1- Пример перехода по гиперссылкам

В практической части приложения имеются тестовые варианты выполнения заданий. Они снабжены текстом программы, блок-схемой ее алгоритма и действующим ресурсом, куда можно ввести данные и получить результат решения задачи (рис.2).

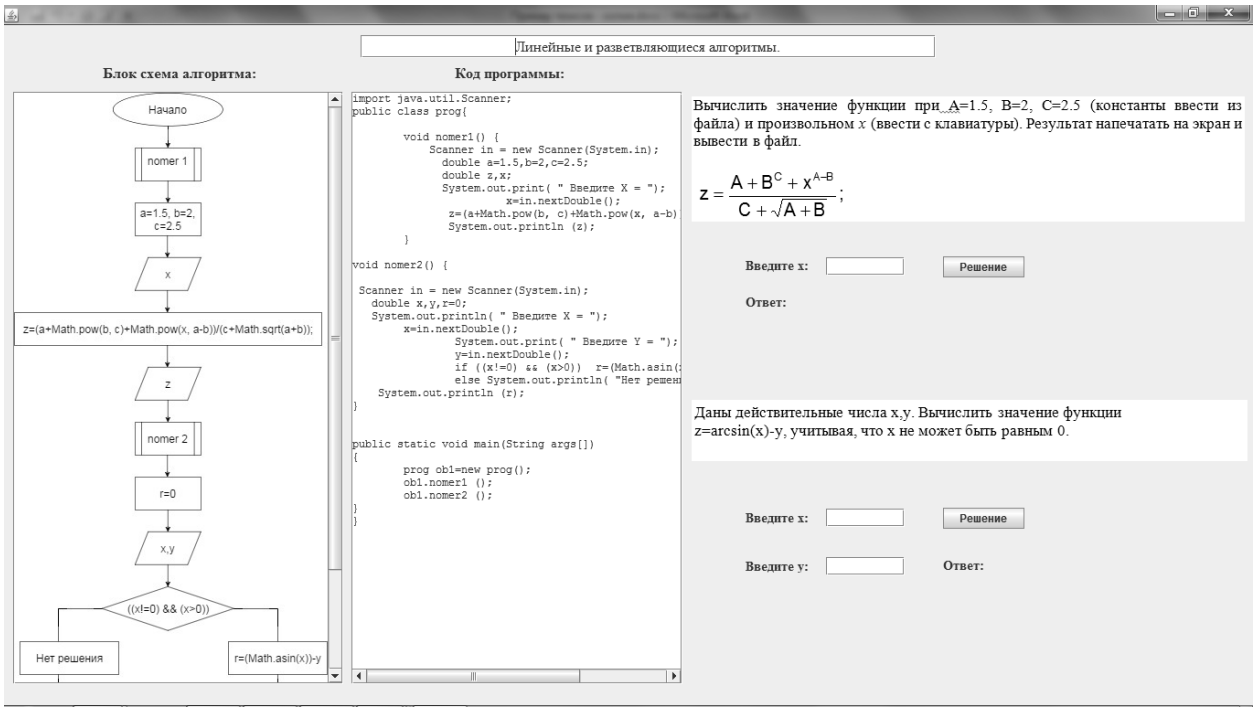



Рисунок 2- Интерфейс расчетного окна практической части приложения

В дополнение ко всему, имеется модуль тестирования, позволяющий проверить остаточные знания, а результаты проверки хранятся в базе данных и ими можно воспользоваться для определения материалов, требующих углубленной проработки.

Таким образом, разработка имеет следующие преимущества:

1. Имеет свободно заменяемый контент.
2. Имеет макрос для автоматического преобразования контента в mht формат.
3. Является интерактивной, что дает возможность обучающимся контролировать скорость прохождения учебного материала.
4. Имеет понятный, информативный, удобный интерфейс, не требующий отдельного обучения использованию.
5. Есть встроенная система тестирования обеспечивает возможность обучающимся проверить уровень своих знаний и тем самым следить за изучением материала.
6. Является простой в использовании и сопровождении (не требует затрат на ее создание и сопровождение).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Grand Class. Дистанционное обучение. [Электронный ресурс] URL: http://grandclass.net/
2. Дистанционные образовательные технологии. Филиал ВГУЮ. [Электронный ресурс] URL: https://rostov.rpa-mu.ru/distancionnoe-obuchenie.
3. *Фаронов В.*, Delphi 7. Учебный курс – С.-Пб.: Питер, 2012.



**Э.А. Бинеев, В.П. Попова**


## ОПЫТ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКАХ РЕМОНТНО-МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ


Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

ф-л МГУТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия



**Ключевые слова:** условия труда, вредные производственные факторы.



**Аннотация:** Проанализированы условия труда на рабочих местах различных ремонтно-механических мастерских. Предложены технические и организационные решения, улучшающие условия труда работников.

**E.A. Bineev, V.P. Popova**

# EXPERIENCE OF ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS ON PRODUCTION SITES OF REPAIR-MECHANICAL WORKSHOPS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

**Key words:** working conditions, harmful production factors.

**Abstract:** Work conditions at workplaces of various repair and mechanical workshops are analyzed. Technical and organizational solutions are proposed that improve the working conditions of workers.

В настоящей работе обобщены результаты многолетних исследований состояния безопасности и условий труда на рабочих местах ремонтно-механических мастерских (РММ). Для оценки санитарно-технического состояния условий труда сотрудниками отраслевой лаборатории охраны труда проведена оценка условий труда на рабочих местах более тридцати производственных участков ремонтно-механических мастерских (РММ). Измерение параметров производственной среды проводилось по разработанным с учётом стандартов безопасности труда методикам в разные периоды года. Кроме того, проводилось обследование состояния техники безопасности при выполнении основных видов работ.

Анализ условий труда, проведённый на основе полученных данных, позволил выявить производственные участки и рабочие места, не соответствующие санитарным нормам по вредным производственным факторам. Эти данные использовались при аттестации рабочих мест по условиям труда [1-4].

Помимо этого, в результате проведённых исследований, установлены основные причины неудовлетворительного санитарно- технического состояния на этих участках. Некоторые из этих причин обусловлены недостаточным вниманием администрации к не основным видам работ и могут быть устранены организационными мероприятиями.

Так, в большинстве РММ в осенний и весенний периоды года температура воздуха на 3-7 °С ниже допустимой санитарными нормами [2]. Требуемая температура не обеспечивается в связи с тем, что жёсткий график работы котельных не корректируется в соответствии с погодными условиями этих периодов года. При этом, как сами работники, так и администрация не придают особого значения тому, что повышенная влажность усугубляет отрицательное воздействие пониженных температур, а всё это в итоге приводит к увеличению простудных заболеваний.

Недостаточное естественное освещение на многих производственных участках дополняется искусственным освещением рабочих мест. В то же время проведённые нами исследования показали, что после очистки оконных стёкол на некоторых из них коэффициент естественной освещенности увеличился на 15-20% и достиг санитарных норм [3]. Следовательно, регулярная чистка окон (не реже одного раза в квартал) позволяет поддерживать необходимый уровень естественного освещения.

Концентрация вредных веществ в рабочих зонах на некоторых участках превышает ПДК. На деревообрабатывающих участках это связано с отсутствием необходимых кожухов для отвода древесной пыли. В сварочных - отсутствием или недостаточной эффективностью действующих вытяжных устройств. На ремонтных участках РММ это связано с постоянным запуском и работой ремонтируемых двигателей. Устройство на этих участках естественной вентиляции в сочетании с организованным отводом выхлопных газов позволяет снизить концентрацию вредных веществ до предельно допустимых значений. Для снижения концентрации вредных веществ на сварочных участках нами предложена конструкция сварочного стола с нижней вытяжкой.

Превышение санитарных норм по шуму и вибрации наблюдается на токарных, деревообрабатывающих, кузнечных участках РММ [1]. На многих токарных участках это связано с большими люфтами, возникающими вследствие изношенности станков. Периодическая переналадка станочного оборудования позволяет снизить уровень шума и вибрации на этих участках до санитарных норм. Для снижения уровня шума при работе круглопильных станков, основного источника шума в деревообрабатывающих цехах, рекомендуются различные устройства, уменьшающие поперечные колебания круглых пил. Все деревообрабатывающие станки для снижения шума и вибрации рекомендуется устанавливать на виброизолирующие опоры.

Помимо этого сотрудниками лаборатории разработаны некоторые технические решения, уменьшающие степень опасности при выполнении тех или иных видов работ. Некоторые из них защищены авторскими свидетельствами. Это, например, опрокидывающаяся траншейная крепь, которая предназначена для работающих в траншеях с вертикальными стенками от опасности обрушения грунта и может быть использована для строительства подземных коммуникаций. Крепь состоит из двух щитов ограждения с криволинейной в плане поверхностью и четырех распорок. Выполнение торцов щитов в форме поверхности качения и наличие четырёх жёстких распорок позволяет крепи работать по принципу жёстко связанной колесной пары.

Грунтовый анкер предназначен для закрепления тросовых растяжек различного назначения, для фиксации станин лебёдок, блоков и других механизмов. В комплекте с другими вспомогательными средствами может использоваться также для крепления откосов земляных плотин и земляных выемок. Анкер состоит из стержня, к которому эксцентрично (но соосно по отношению друг к другу) приварены несколько дисковых ножей, эксцентричной опорной втулки, связанной со стержнем шарнирно. Количество дисковых ножей определяется в зависимости от требуемой величины удерживающего усилия анкера.

Анализ причин несоответствия показателей вредности санитарным нормам позволяет объединить их в несколько характерных групп: износ оборудования, неправильная организация рабочих мест, отсутствие средств нормализации параметров воздушной среды или их низкая эффективность, конструктивные недостатки отдельных машин и механизмов.

Улучшения условий труда можно добиться в некоторых случаях организационными и простыми инженерными решениями. Например, на растворобетонных узлах герметизация всех пневмоприводов цемента, бункера для цемента, размещение местного отсоса воздуха над бункерами и смесителями может уменьшить концентрацию пыли до санитарных норм. Воздушные завесы на въездных и

выездных воротах ремонтно-механических мастерских позволит поднять температуру в холодное время года. Устройство на ремонтных участках естественной вентиляции в сочетании с организованным отводом выхлопных газов позволяет снизить концентрацию вредных газов до предельно-допустимых значений. Регулярная чистка оконных стёкол увеличивает коэффициент естественной освещённости на 20-25 % и доводит его до санитарных норм.

Учитывая, что типовые ремонтно-механические мастерские характерны для предприятий любых отраслей, накопленный лабораторией опыт может оказать помощь таким предприятиям при специальной оценке условий труда на рабочих местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Батраков Н.Ф., Бинеев Э.А., Кольва Н.А.* Обеспечение вибробезопасности на формовочных площадках заводов ЖБИ. Мелиорация и водное хоз-во, Э-И./ЦБНТИ, сер. 5, 1985, вып. 6.
2. *Батраков Н.Ф., Бинеев Э.А.* Улучшение условий труда на ремонтных участках гидромелиоративного строительства. Сб. «Совершенствование организации и технологии ГМР», НИМИ, Новочеркасск, 1989, с. 101-105.
3. *Бинеев Э.А., Зотов В.М.* и др. Аттестация рабочих мест на предприятиях строительных материалов. Мат-лы VI Всероссийской научн.-метод. конференции «БЖД человека». С-Пб, 1994, с 45-49.
4. *Бинеев Э.А.* Проблемы безопасности на предприятиях водохозяйственного комплекса. Проблемы геологии, полез. иск. и экологии Юга России и Кавказа: Мат-лы III Межд. научной конф. – Т.3. Без-ть жизн-ти и экология. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002, с. 160-163.

**А.Э. Боярчук, В.И. Юхнов**

## МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ТЕХНОЛОГИЯМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: средства защиты от несанкционированного доступа, технологии защиты информации, информационный ресурс, модель разграничения доступа.

В статье рассмотрены направления совершенствования методической составляющей учебных занятий по технологиям защиты информации и в частности, технологиям защиты информационных ресурсов автоматизированных систем от

несанкционированного доступа с целью повышения эффективности процесса подготовки и переподготовки кадрового состава организаций эксплуатирующих эти системы.

**E. A. Boyarchuk, V.I. Yukhnov**

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF IMPROVING PREPARATION OF SPECIALISTS ON TECHNOLOGIES OF PROTECTION INFORMATIONS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: means of protection against unauthorized access, information security technologies, information resource, access control model.

In the article the directions of improvement of methodical component of training sessions on technologies of information security and in particular, technologies of protection of information resources of automated systems from unauthorized access for the purpose of increase of efficiency of process of preparation and retraining of personnel of the organizations operating these systems are considered.

В настоящее время имеют особую актуальность вопросы защиты информационных ресурсов автоматизированных систем [1]. При этом особую роль приобретают задачи подготовки специалистов по информационным технологиям защиты информации, подготовки и повышения квалификации по вопросам защиты информации, должностных лиц и работников организаций, предоставляющих услуги телекоммуникаций. Требования к уровню подготовки обучаемых постоянно повышаются, а время, выделенное на их подготовку, в лучшем случае не увеличивается. Кроме того постоянно совершенствуются аппаратные и программные составляющие ЭВМ и компьютерных сетей, инфокоммуникационные технологии. В этих условиях с целью повышения эффективности подготовки специалистов можно шире совершенствовать методику преподавания вопросов эффективного использования средств защиты информационных ресурсов в контуре инфокоммуникационных систем в учебном процессе.

Одно из направлений совершенствования компьютерной подготовки в области средств защиты информационных ресурсов инфокоммуникационных систем – изучение программных комплексов средств защиты информации в ОС семейства Windows. Одни из них занимают достойное место среди такого рода программ, другие явно не дотягивают до профессионального уровня. Программы, ориентированные на пользователей с высокой подготовкой и применяемые в государственных органах и службах, находят наибольшее применение в учебном процессе. Одной из таких программ является программа Dallas Lock (продукт компании «Конфидент»), предназначенная для защиты информации в процессе её хранения и обработки, от несанкционированного доступа [2]. Эта программа может применяться как для защиты конфиденциальной информации, а также для защиты информации, содержащей сведения, составляющие государственную тайну до уровня «совершенно секретно» включительно.

Направления совершенствования подготовки с учетом имеющихся ресурсов лабораторной базы МТУСИ и возможных режимов дистанционной подготовки специалистов по использованию программы Dallas Lock предлагается осуществлять с использованием ее версии для защиты конфиденциальной информации и с установкой программы в среду виртуальных машин. Пример предлагаемой модели функционирования системы защиты информации в этом случае представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Изучаемая модель функционирования системы защиты информации

Предлагается рассматривать в учебном процессе не всю функциональную базу программного средства, а наиболее значимые (с учетом реальных угроз информационным банкам инфокоммуникационных систем) актуальные направления выполнения мер по обеспечению информационной безопасности с помощью Dallas Lock. Рассмотрим эти направления и их содержание.

Изучение усиленной авторизации в ОС по логину, паролю и аппаратному идентификатору осуществляется в первую очередь. В этом случае невозможно изучение в среде виртуальных машин вопросов использования USB-Flash-накопителей, ключей Touch Memory, смарт-карт eToken и USB-ключей eToken, ruToken, JaCarta.

Предлагается рассмотреть и исследовать вопросы настройки наборов парольных политик и работы с генератором паролей.

Изучение вопросов управления доступом и событиями должно осуществляться с учетом расширенных настроек доступа пользователей к каталогам, файлам, наиболее глубоко на основе ролевой, дискреционной и мандатной модели доступа. В полной версии программы возможна одновременная работа по трем моделям, однако версия «К» позволяет отработать только дискреционную модель разграничения [3].

Рассмотрение мандатной и ролевой моделей разграничения доступа в СЗИ Dallas Lock версии «К» невозможно и не является необходимым. Надо учесть, что мандатная модель реализована посредством назначения защищаемым ресурсам и каждому пользователю системы меток конфиденциальности и сравнения их при запросах на доступ. В качестве меток конфиденциальности выступают: для защищаемых ресурсов - классификационная метка мандатного доступа; для пользователей - уровень допуска. Такие примеры настроек должны включать возможные настройки меток. Для ролевой модели создаются роли внутри организации для различных рабочих функций. Определенным ролям присваиваются полномочия для выполнения тех или иных операций. Штатным сотрудникам (или другим пользователям системы) назначаются фиксированные роли, через которые они получают соответствующие привилегии для выполнения фиксированных системных функций. В отличие от контроля доступа на основе контекста, эта модель не принимает во внимание текущую ситуацию. Есть возможность переименование имеющихся меток конфиденциальности и использования ролевой модели только в Dallas Lock 8.0 редакции «С».

Изучение примеров работы дискреционной модели разграничения доступа можно рассмотреть с учетом реализации в Dallas Lock стандартных списков доступа. При этом надо учесть, что основным отличием данного средства является то, что списки доступа выполнены не средствами ОС Windows, а собственным механизмом. Следствием этого является, во-первых, то, что списки доступа можно реализовать на разделах с файловой системой FAT (а не только NTFS). Во-вторых, вводится собственный, отличный от принятого в ОС Windows, алгоритм определения права доступа пользователя к ресурсу.

Рассмотрение процессов управления событиями предлагается осуществлять с изучением настроек сигнализации событий несанкционированного доступа и ведения журнала событий НСД.

Изучение вопроса обеспечения целостности информации должно предполагать рассмотрение примеров контроля целостности программных средств СЗИ НСД и отдельно назначенных объектов функциональной системы, программно-аппаратной среды и веток реестра.

Решение вопросов обеспечения гарантированного уничтожения информации должно рассматриваться с помощью автоматической очистки освобождаемого дискового пространства при удалении, перемещении или уменьшении размеров файлов. Можно рассмотреть примеры принудительной зачистки конкретной папки/файла и полной зачистки остаточных данных всего диска или его разделов. Активация функций удаления приводит к зачистке выбранного объекта путем однократной перезаписи файла. После цикла перезаписи восстановить хоть сколько-нибудь значимый фрагмент файла становится невозможно, успешное удаление объектов система защиты подтверждает сообщением.

Наибольшую сложность в освоении основных функций продукта представляет собой система обнаружения и предотвращения вторжений Dallas Lock (рисунок 2). Эта

система является модулем СЗИ НСД Dallas Lock 8.0-К, расширяющим функционал модуля «Межсетевой экран». Она обеспечивает обнаружение и блокирование основных угроз безопасности, выполняя одновременно функции и сетевой, и хостовой системы обнаружения вторжений, дополнительно детально анализируя некоторые отдельные сетевые протоколы. Модуль этой может быть установлен без активного модуля межсетевого экрана. В случае неактивного модуля экрана модуль системы работает независимо.

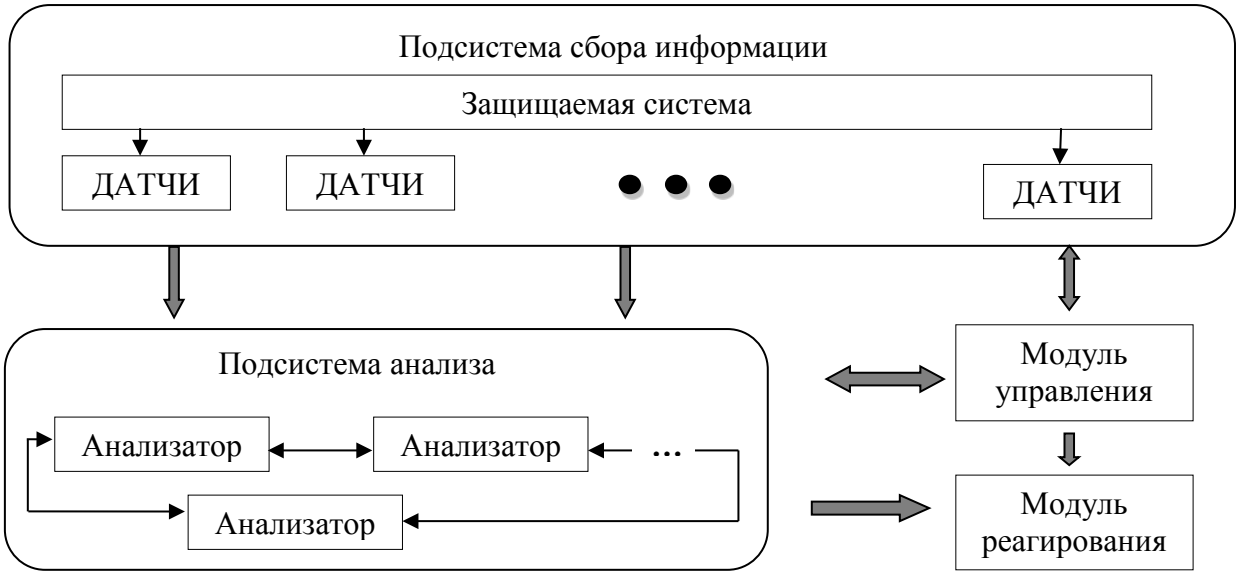



Рис. 2 - Общая структура системы обнаружения вторжений

Практические задания по исследованию этой системы должны включать примеры изучения использования сигнатурных и эвристических методов для анализа сетевого трафика, журналов ОС и приложений на предмет нештатных ситуаций, а также попыток проведения вторжений. В ходе изучения системы особое внимание должно быть уделено обеспечению защиты от атак на сетевые протоколы на различных уровнях модели OSI. Ряд исследовательских заданий должны предусматривать осуществление перехвата вызова функций ОС сторонними приложениями с возможностью гибкой настройки ограничения доступа к системным функциям для недоверенных приложений и возможность анализа аномалий в поведении ОС и пользователей для выявления нештатных ситуаций. Для отработки документального оформления реакций системы необходимо рассмотреть возможность анализа собранных ею данных о сетевом трафике в режиме, близкому к реальному масштабу времени.

Таким образом, совершенствуя методическую составляющую занятий по изучению технологий защиты информации и в частности, технологий защиты информационных ресурсов телекоммуникационных систем в рамках предложенных направлений можно повысить эффективность процесса подготовки и переподготовки кадрового состава организаций состава эксплуатирующих такие системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Булдакова Т.И., Джалолов А.Ш.* Выбор технологий Data Mining для систем обнаружения вторжений в корпоративную сеть. //Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 11. URL: http://engjournal.ru/catalog/it/security/987.html
2. *Квинт В. Л.* Разработка стратегии: мониторинг и прогнозирование внутренней и внешней среды // Управленческое консультирование. 2015. № 7(79). С. 6-11.
3. *Макаров В. Л., Бахтизин А. Р.* Современные методы прогнозирования последствий управленческих решений // Управленческое консультирование. 2015. № 7(79). С. 12-24.

**А.Э. Боярчук, В.И. Юхнов**

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЗАЩИЩЕННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ПО КОМПЛЕКСУ SECRET NET

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: средства защиты от несанкционированного доступа, компоненты защиты, информационный ресурс, средство обнаружения вторжений.

В статье рассмотрены направления совершенствования методической составляющей процесса изучения одного из средств защиты от несанкционированного доступа и в частности, технологии защиты информационных ресурсов инфокоммуникационных систем с целью повышения эффективности процесса подготовки и переподготовки кадрового состава организаций занимающихся их эксплуатацией и поддержкой.

**E. A. Boyarchuk, I. V. Yukhnov**

## IMPROVING THE AREAS OF TRAINING OF PROTECTED COMMUNICATION SYSTEMS AT THE COMPLEX SECRET NET

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: means of protection against unauthorized access, security components, information resource, a means of intrusion detection.

The article describes the directions of improving the methodological the component of the process of studying one of the means of protection against unauthorized access and in particular, the technology of information resources protection of infocommunication systems in order to improve the efficiency of the process of training and retraining of personnel of organizations engaged in their operation and support.

В настоящее время вопросы защиты информационных ресурсов инфокоммуникационных систем приобретают все большую актуальность [1]. При этом особую роль имеют направления подготовки и переподготовки специалистов по задачам защиты информации от несанкционированного доступа (НСД). Постоянно растут требования к уровню подготовки специалистов по вопросам защиты информации, а время, выделенное на их подготовку, в лучшем случае не увеличивается. Кроме того, постоянно совершенствуются технологии проникновения в автоматизированные системы и сами инфокоммуникационные технологии и системы. В этих условиях с целью формирования теоретических знаний и практических навыков сотрудников занимающихся эксплуатацией и поддержкой таких систем, необходимых для инсталляции компонентов средств от НСД, настройки защитных подсистем этих средств, управления политиками безопасности, аудита и мониторинга состояний рабочих станций необходимо шире совершенствовать методику преподавания вопросов использования средств защиты информационных ресурсов.

Одно из направлений совершенствования компьютерной подготовки в области средств защиты информационных ресурсов от НСД – изучение программного комплекса Secret Net (продукт компании «Код безопасности»). Этот комплекс предназначен для защиты информации в процессе её хранения и обработки от несанкционированного доступа [2]. Комплекс может применяться как для защиты конфиденциальной информации, а также для защиты информации, содержащей сведения, составляющие государственную тайну до уровня «совершенно секретно» включительно и является сертифицированным средством защиты информации (СЗИ) от несанкционированного доступа. Применение этого средства позволяет привести автоматизированные системы в соответствие требованиям руководящих и нормативных документов регуляторов: №152-ФЗ ("О персональных данных"); №98-ФЗ ("О коммерческой тайне"); №5485-1-ФЗ ("О государственной тайне"); СТО БР ИББС (Стандарт Банка России).

Направления совершенствования подготовки по этому комплексу с учетом имеющихся ресурсов лабораторной базы РТА и возможных режимов дистанционной подготовки специалистов по его использованию предлагается осуществлять путем обучения специалистов квалифицированной установке, настройке и администрированию средств защиты, контроля и управления этим комплексом. Процесс подготовки предлагается осуществлять с рассмотрением защитных механизмов, реализованных в системе Secret Net, и возможностей централизованного и децентрализованного управления системой.

В процессе обучения предлагается проводить дополнительные демонстрации не только с настройками Secret Net, а также демонстрацию атак на информационную систему [3], для углубленного изучения компонентов защиты, которые предотвращают различные методы (техники) несанкционированного доступа к системе и для понимания от каких угроз нужно защищаться.

Процесс обучения предлагается построить таким образом, что каждый новый блок информации должен сопровождаться практикумом, позволяющим обучаемым лучше усвоить новый материал и получить навыки его применения в своей деятельности по использованию информационных таможенных технологий. Детальный групповой анализ полученных решений при участии преподавателя позволит обучаемым выявить допущенные ошибки и избежать их в будущем при построении современной защиты информационной системы. Это позволит увеличить эффективность работы специалистов, спланировать защиту ведомственных или территориально распределенных сетей и снизить риск возникновения инцидентов безопасности.

Значительная часть занятий предполагается проводить на специальных рабочих местах в среде виртуальных машин, моделирующих фрагменты ведомственной автоматизированной системы.

Предлагается следующая структура информационных блоков учебного процесса.

Блок 1. Принципы построения системы защиты от НСД и способы ее развертывания. Предлагается рассмотреть назначение, примеры использования и преимущества системы защиты программной системы.

Лекционный материал темы должен базироваться на вопросах архитектуры и механизмов защиты системы, принципов работы этих механизмов, способов развертывания ее компонентов.

Лабораторные работы темы должны предусматривать изучение вопросов инсталляции компонентов системы защиты и автономной установки среды.

В качестве семинарского занятия, учитывая ограниченные возможности среды виртуальных машин, предлагается рассмотреть вопрос установки компонентов Secret Net в сетевом варианте.

Блок 2. Настройка и применение компонентов базовой защиты Secret Net. В этом блоке в качестве лекционного материала предлагается рассмотреть вопросы организации управления системой защиты, настройки и применения локальной аутентификации, настройки аппаратной поддержки, контроля целостности ресурсов и настройки аудита в системе.

В системе реализован механизм контроля целостности, который позволяет поставить на контроль изменения параметров ресурсов компьютера, директорий и файлов, составляющих реестра операционной системы. Для контроля элементов Secret Net и Windows в системе есть шаблоны, которые включены по умолчанию. Администратору предоставлено право разработки своих заданий и шаблонов реакций на изменения, а также он может менять методы контроля.

Этот контроль может осуществляться как по содержимому файлов, так и по атрибутам, правам доступа, дате и времени последнего изменения. При обнаружении несоответствия программа может игнорировать инцидент, блокировать компьютер или автоматически восстанавливать измененные файлы.

Лабораторные работы по этой теме должны предусматривать изучение настроек и применения компонентов базовой защиты, локальной настройки среды в соответствии с заданными параметрами, настройки механизма контроля целостности и отдельные настройки механизмов базовой защиты среды.

Secret Net записывает все события безопасности на локальную рабочую станцию. Централизованно доступен сбор журналов. В программе управления настраиваются

журналы и периодичность сбора, определяется какие журналы нужно собирать и что делать при заполнении.

Работать с событиями несанкционированного доступа могут сразу несколько администраторов системы Secret Net. Эти события - критичные события безопасности, помимо журналов они попадают в отдельную вкладку, и собираются не по расписанию, а моментально приходят как сигнал тревоги сотрудникам безопасности, отслеживаются и фильтруются на всех вышестоящих серверах безопасности в реальном времени. Для информирования об обработке события реализован механизм квитирования - можно отмечать их как рассмотренные или требующие дополнительного разбирательства, добавлять комментарии и т.д.

Наряду с такими событиями, в Secret Net ведется фиксация всех событий и действий пользователей.

В качестве семинарских занятий предлагается рассмотреть централизованное ведение журналов в Secret Net и работу с электронными идентификаторами.

Блок 3. Настройка и применение компонентов локальной защиты Secret Net. В этом блоке в качестве лекционного материала предлагается рассмотреть вопросы полномочного управление доступом, дискреционного управление доступом к каталогам и файлам, контроля устройств, контроля печати, замкнутой программной среды, затирания данных, защиты информации на локальных дисках и шифрования данных в криптоконтейнерах.

Дискреционный принцип доступа в системе подразумевает задание каждому пользователю «своих» папок. Механизм полномочного разграничения доступа обеспечивает контроль подключения и использования устройств с назначенными категориями конфиденциальности, контроль сетевых интерфейсов и печати конфиденциальных документов. Secret Net позволяет задать до 16 уровней конфиденциальности с именами, соответствующими стандартам конкретной организации. Обеспечение строгого соответствия принципам полномочного доступа осуществляется включением контроля потоков конфиденциальной информации в системе. Работая с системой, пользователь может самостоятельно выбрать категорию конфиденциальной информации, которую он обрабатывает. Пользователь при установке соответствующих прав доступа может сам задавать уровень конфиденциальности своих файлов и папок.

Организация замкнутой программной среды позволяет ограничить список запускаемых пользователем приложений. Запуск приложений может осуществляться с автоматической проверкой его целостности. Этот механизм не позволяет пользователю подменить приложения простым переименованием программ.

Лабораторные работы по этой теме должны предусматривать настройку компонентов локальной защиты среды, механизмов полномочного и дискреционного управления доступом, механизма замкнутой программной среды, теневого копирования и маркировки при контроле печати, изучение управления доступом к съемным носителям информации, защиты локальных дисков и использования криптоконтейнеров, формирования отчетов в среде.

Блок 4. Персональный межсетевой экран. В этом блоке в качестве лекционного материала предлагается рассмотреть вопросы организации персонального межсетевого экрана и авторизации сетевых соединений.

Лабораторная работа по этой теме должна предусматривать изучение настроек персонального межсетевого экрана.

Блок 5. Защита от вирусов и вредоносного программного обеспечения. В этом блоке в качестве лекционного материала предлагается рассмотреть вопросы организации антивируса среды и средство обнаружения вторжений.

Лабораторная работа по этой теме должна предусматривать изучение настроек антивируса и системы обнаружения вторжений.

Предлагаемое направление подготовки по средствам НСД предназначено для студентов специальности «Таможенное дело» и специалистов таможенных органов проходящих повышение квалификации и работающих с ЕАИС ТО.

По окончании подготовки обучаемый должен уметь:

- устанавливать, администрировать и эксплуатировать систему Secret Net (автономный вариант);
- настраивать режим полномочий на изменение настроек системы, привилегий на использование защитных механизмов;
- настраивать защитные механизмы избирательного и полномочного разграничения доступа, замкнутой программной среды, контроля целостности ресурсов;
- конфигурировать политики безопасности и разбираться в управлении ими и аудите и мониторинге состояния рабочих станций;
- действовать в различных ситуациях, возникающих в ходе эксплуатации системы Secret Net.

Специалисты, обладающие этими навыками, в настоящее время крайне востребованы. Для подготовки по этому направлению желательны базовые знания сетевых технологий, умение работать с Windows 8 и Server 2008. Обучаемый должен обладать пониманием основ информационной безопасности и принципов функционирования Microsoft AD.

Таким образом, совершенствуя методическую составляющую занятий по изучению информационных таможенных технологий и в частности, технологий защиты информационных ресурсов ЕАИС ТО в рамках предложенных направлений можно повысить эффективность процесса подготовки студентов и переподготовки кадрового состава таможенных органов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Булдакова Т.И., Джалолов А.Ш.* Анализ информационных процессов и выбор технологий обработки и защиты данных в ситуационных центрах. //Научно-техническая информация. Серия 1, 2012, № 6, с. 16–22.
2. *Квинт В. Л.* Разработка стратегии: мониторинг и прогнозирование внутренней и внешней среды // Управленческое консультирование. 2015. № 7(79). С. 6-11.
3. *Макаров В. Л., Бахтизин А. Р.* Современные методы прогнозирования последствий управленческих решений // Управленческое консультирование. 2015. № 7(79). С. 12-24.

**С.А. Винокуров**

# ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: программа для тестирования, новый вид выбора вопросов, критерий оценивания, программу можно использовать для различных дисциплин.

Программа тестирования проста в применении и удобна как для преподавателей, так и для тестируемых студентов. Ее редактор позволяет преподавателю производить выбор тем, количество вопросов или задач, проводить настройку порогового уровня и критерия оценки. В итоге тестирования можно создать текстовый файл, в который будут автоматически занесены данные тестируемых студентов и их результаты. Произведя замену базы данных её можно использовать для оценки промежуточных знаний практически любой дисциплины.

**S.A. Vinokurov**

# ASSESSMENT OF KNOWLEDGE STUDENTS' ON THE SUBJECT «COMPUTATIONAL MODELS» USING TESTING PROGRAMS

Moscow Technical University
of Communications and Informatics,
Moscow, Russia

Keywords: the program for testing, a new type of choice of questions, evaluation criteria, the program can be used for various disciplines.

This program is easy to use, convenient for teachers. It includes a new kind of question selection. There is an editor for teachers that allows you to configure the threshold level, the evaluation criterion, the choice of topics and the number of questions and tasks. If desired, the teacher can create a text file (just enter a name), which will automatically enter the data of the test (students) and their results. This program allows the expansion of the database to use it not only for the discipline computational models, but also for other subjects.

Данная статья посвящена разработке и использованию программы для промежуточного или итогового тестирования знаний студентов. Код программы был написан на языке Pascal.

При запуске программы открывается стартовое окно (рисунок 1). Цветовая гамма выбрана в спокойных тонах. В центре - символика нашего университета и строки ввода.

Сверху расположены вкладки. Внизу Вы видите кнопки для запуска теста и для выхода из программы.

Рисунок 1. Стартовое окно.

Перед запуском теста, преподаватель должен его настроить, а именно: выбрать тему (одну или несколько), а также количество вопросов или задач по данным темам. Также задается время на прохождения теста и пороговый процент правильных ответов.

Программа имеет дополнительные функции, которые можно подключить, когда они необходимы преподавателю:

– оценивание пройденного теста автоматическое (по параметрам установленными по умолчанию) и ручной (параметры оценивания задает сам преподаватель);
– запись результатов пройденного теста в определенный файл (для этого надо написать имя файла и нажать на кнопку «создать файл с результатами пройденного теста»).

Настройка сохраниться до полного закрытия программы. Для настройки теста нужно войти в меню настроек, активизацией вкладки **«для преподавателя».** Для защиты от несанкционированных входов в меню настроек следует ввести пароль (рисунок 2).

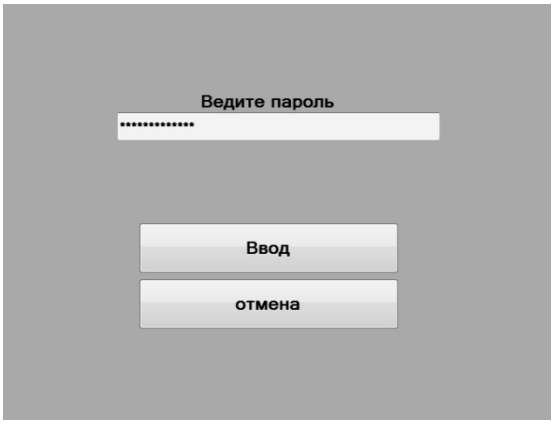



Рисунок 2. Защитное окно.

При нажатии кнопки «отмена», нас вернет на стартовое окно. Чтобы пройти в меню настроек, нужно вести пароль, который при воде скрыт. После ввода пароля, нужно нажать кнопку **«ввод».** Если пароль веден правильно, то защитное окно исчезнет, и вы перейдете в меню настроек (рисунок 3).

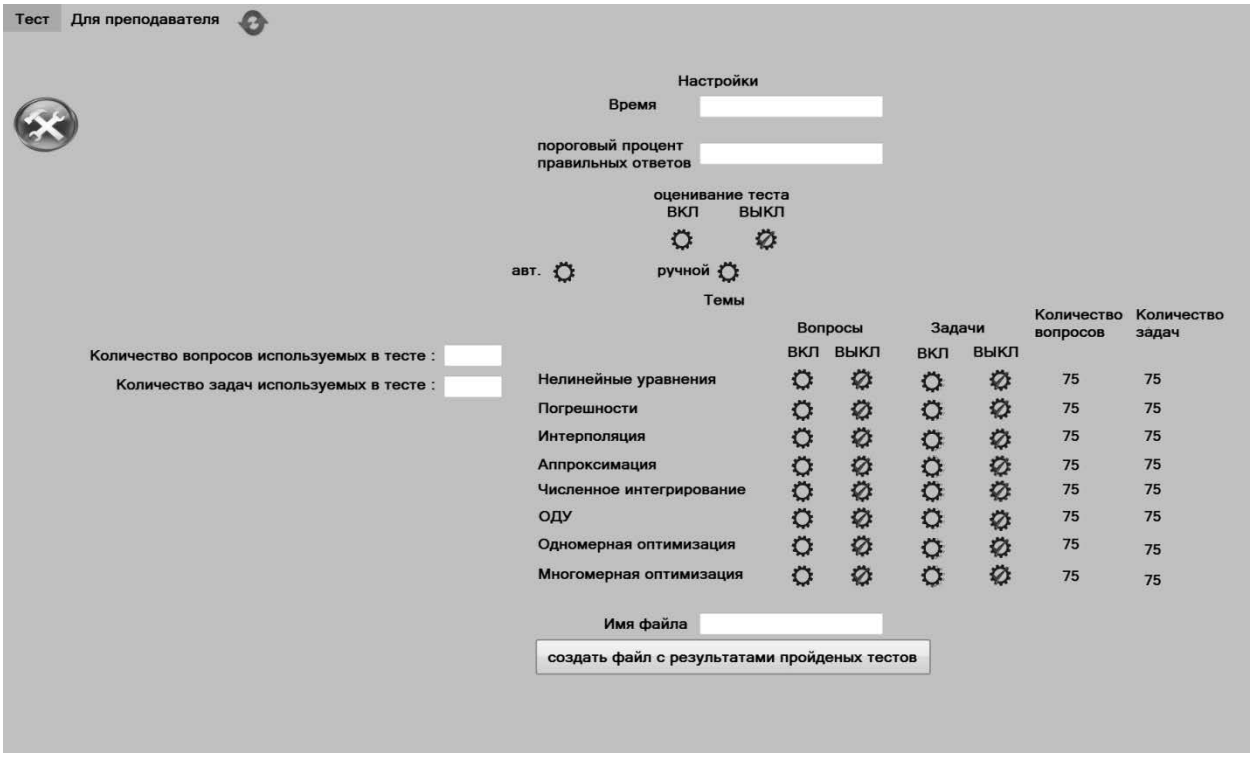



Рисунок 3. Меню настроек.

Здесь Вы видите сверху по центру настройки времени и порогового процента правильных ответов. Ниже располагается дополнительная функция: оценивание пройденного теста. Еще ниже располагается  название тем. Слева -  количества задач и вопросов. Справа расположена настройка включения вопросов или задач для каждой темы.

В низу расположена еще одна дополнительная функция: запись результатов тестирования. В самой левой части располагается значок глобальных настроек. При нажатии на него появится окно настройки самой программы. Можно изменить количество тем, названия тем, количество вопросов и задач для каждой темы (рисунок 4). Благодаря этому при расширении библиотеки вопросов и задач, данную программу можно использовать не только по дисциплине вычислительные модели, но и для других дисциплин.

Для демонстрации программы я выбрал несколько тем с вопросами и задачами. Также я воспользуюсь дополнительными функциями. После выбора для сохранения подготовки достаточно просто перейти на вкладку **«тест».** Вернувшись в стартовое окно, мы вводим группу, фамилию и имя, а после нажимаем кнопку **«начать тест».**

Перед вами откроется окно с самим тестом (рисунок 5). Тут по центру расположится окно, где будут появляться вопросы и задачи. Слева от окна находится крупный таймер, который всегда напомнит об оставшемся времени. Ниже располагается строка, в которой можно пролистывать варианты ответов при помощи стрелок, находящихся по бокам

строки. Ниже расположены кнопки с номерами вариантов ответа, а в самом низу указано количество оставшихся заданий. В нижнем левом углу находится калькулятор.

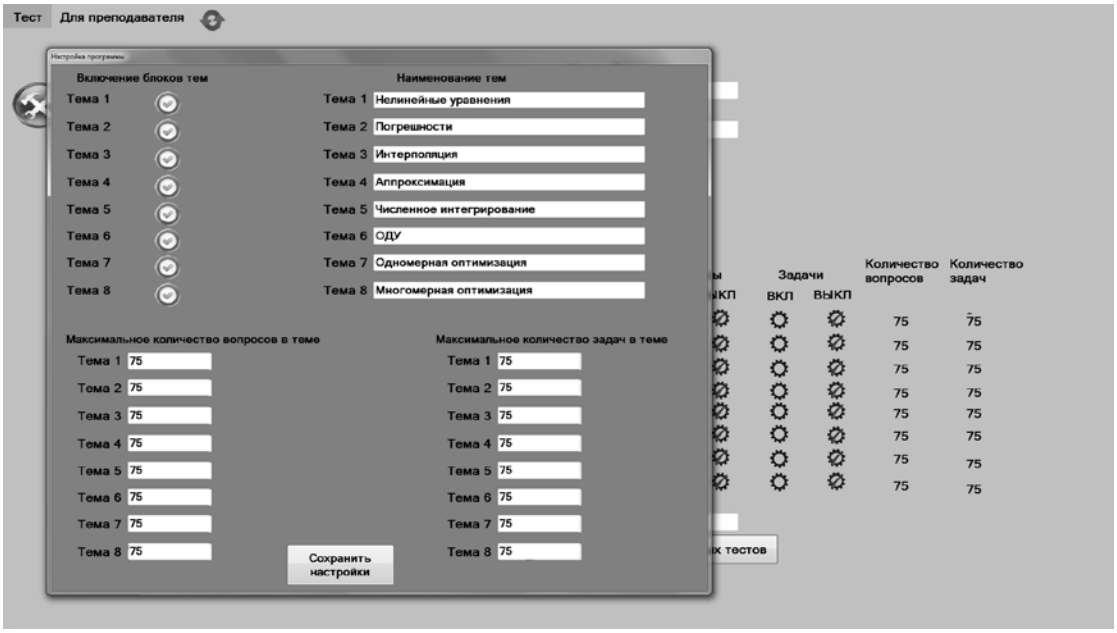



Рисунок 4. Глобальные настройки.

При выборе ответа нужно нажать на кнопку с его номером, после чего она загорится зеленым цветом (кстати, можно выбрать как 1 вариант ответа, так и несколько), после чего нужно нажать кнопку **«выбрать ответ».** Если необходимо пропустить вопрос или задачу, то нужно нажать кнопку **«пропустить»** и тогда загрузиться следующий вопрос или задача.

Если необходимо раньше времени завершить тест, то просто нужно нажать кнопку **«выход».** Тест завершится, если ответят на все вопросы и задачи, либо закончится таймер, либо будет нажата кнопку **«выход».** После теста перед вами появиться окно вывода результатов (рисунок 6).

Рисунок 5. Окно теста.

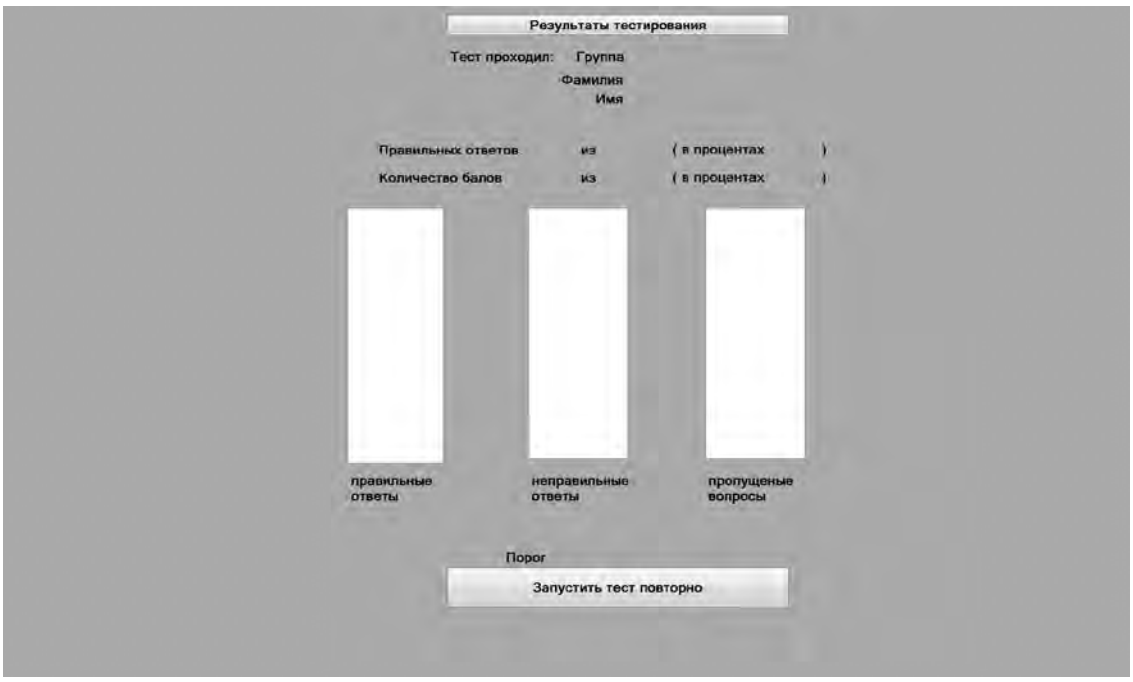



Рисунок 6. Окно вывода результатов

Чтобы увидеть результаты необходимо нажать кнопку **«результаты тестирования».** После этого перед нами появиться: группа, имя и фамилия того, кто проходил тест, количество правильных ответов из возможных и их процентное соотношение. Количество полученных баллов из возможных и их процентное соотношение. Графики, визуально демонстрирующие соотношение правильных и неправильных ответов. Также предусмотрен график для вопросов и задач, на которые не успели дать ответ. Внизу будет указана оценка, если функция оценивания была включена и будет указан, прошел пороговый процент правильных ответов студент или нет (рисунок 7).

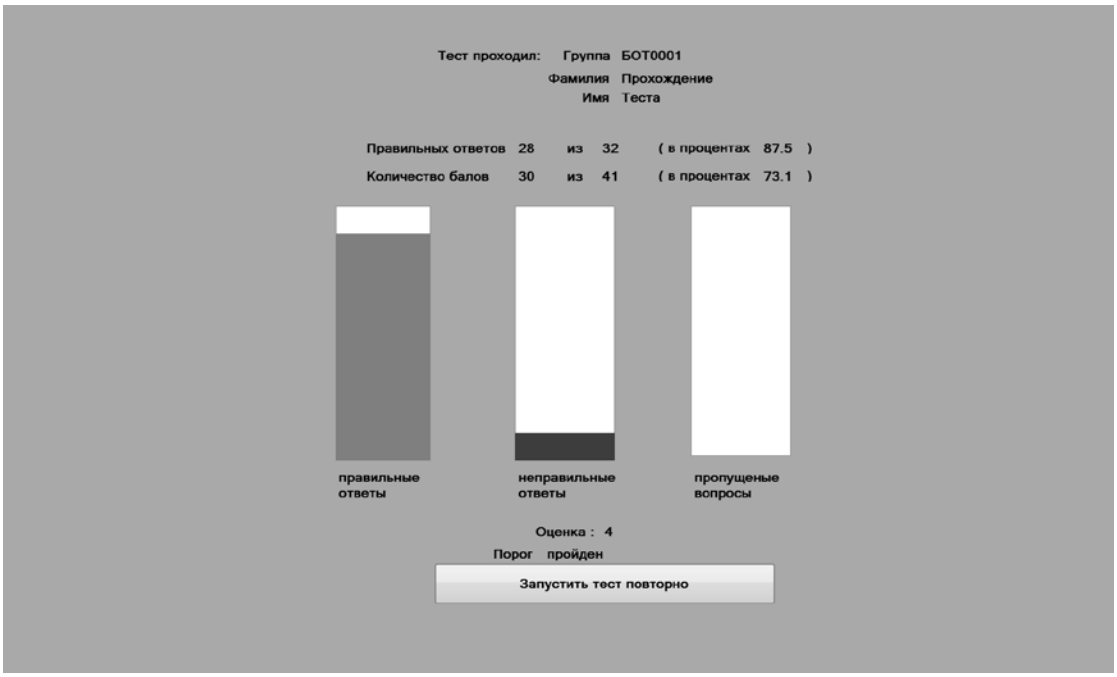



Рисунок 7. Окно вывода результатов с результатами

При включении функции записи результатов тестирования в файл, то результаты автоматически уже были записаны файл. Для того, чтобы следующий студент мог пройти данный тест, достаточно просто нажать на кнопку **«запустить тест снова».** Тогда мы снова окажемся на стартовом окне, где следующий студент должен написать свою группу, имя и фамилию, а после нажать кнопку **«начать тест».** Если программа будет уже ненужно, то просто на стартовом окне нажимаем кнопку **«выйти»** и программа закроется.

Из сказанного выше следует, что программа очень проста, эффективна и многофункциональна. Надеюсь, она найдет широкое применение в учебном процессе и получит положительные отзывы тех, кто с ней будет работать.

This article is devoted to the development and use of the program for intermediate or final testing of students ' knowledge. The program code was written in Pascal.

When you start the program, a start window opens (figure 1). The color scheme is chosen in calm tones. In the center - the symbolism of our University and the input line. Tabs are located on the top. At the bottom you can see the buttons to start the test and exit the program.

Figure 1. Launch window.

Before starting the test, the teacher should configure it, namely: choose a topic (one or more), as well as the number of questions or tasks on these topics.

Also set the time for passing the test and the threshold percentage of correct answers.

The program has additional features that can be connected when needed by the teacher:

assessment passed test automatic (settings default) and manual (parameter estimation asks the teacher);

- record the results of the passed test in a specific file (you need to write the name of the file and click on the "create a file with the results of the passed test").

The setting is saved until the program is completely closed.

To configure the test, you need to enter the settings menu by activating the tab «for teachers.» To protect against unauthorized access to the settings menu, enter the password (figure 2).

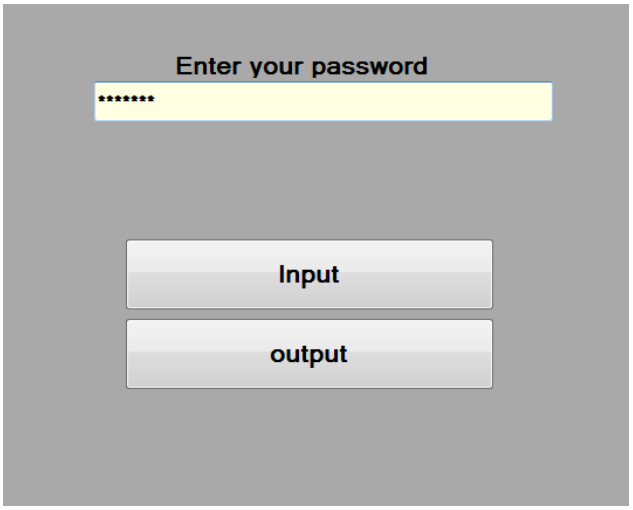



Figure 2. Protective window.

When you click "cancel", we will return to the start window. To go to the settings menu, you need to keep the password that is hidden when the water. After entering the password, you need to press the "enter" button. If the password is correct, the protective window disappears, and you will go to the settings menu (figure 3).

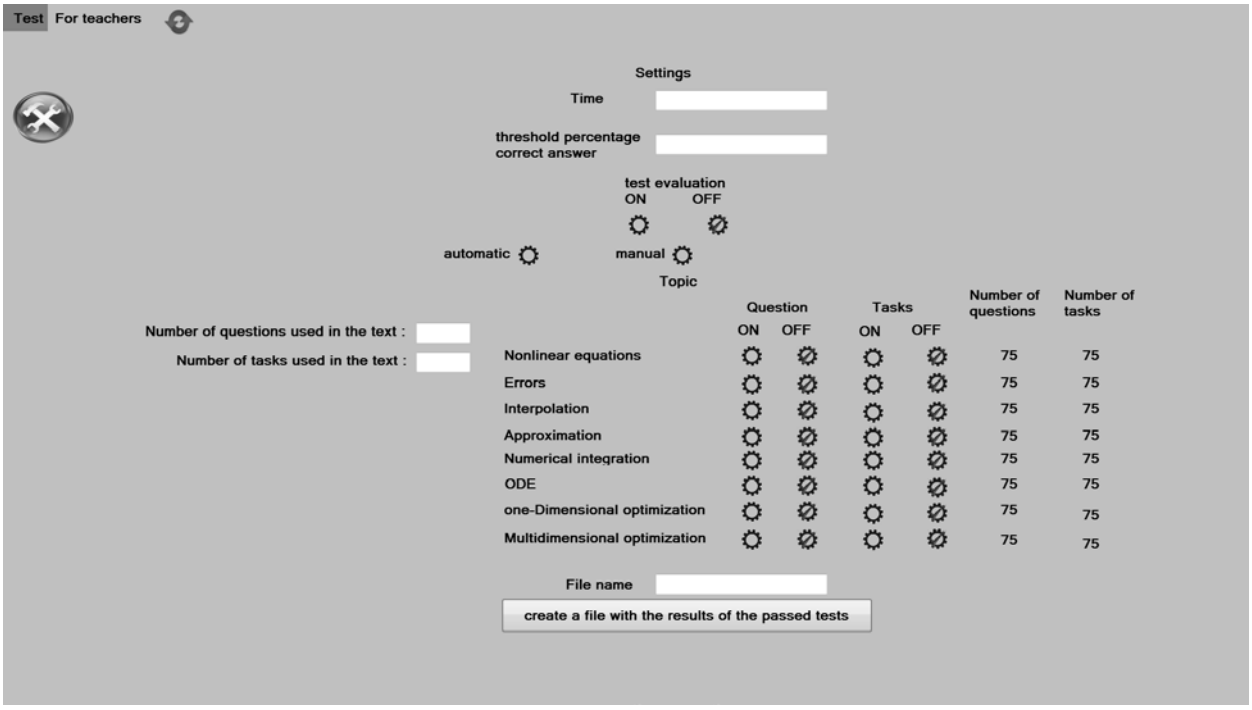



Figure 3. Settings menu.

Here you can see the upper center of the time setting and the threshold percentage of correct answers. Below is an additional function: evaluation of the passed test. Even lower is the

name. Left-number of tasks and questions. On the right is the setting to include questions or tasks for each topic.

At the bottom there is another additional function: recording test results. In the leftmost part is the icon for global settings.

When you click on it, a window will appear to configure the program itself. You can change the number of topics, theme names, questions, and tasks for each topic (figure 4). Due to this, when expanding the library of questions and tasks, this program can be used not only in the discipline of computational models, but also for other disciplines.

To demonstrate the program, I selected several topics with questions and tasks. I will also take advantage of additional features. After you select to save the preparation, simply go to the "test" tab. After returning to the start screen, we enter the group, surname and name, and then click "start test".

Before you open a window with the test itself (figure 5). Here at the center of the window will appear issues and challenges. To the left of the window is a large timer that will always remind you of the remaining time. Below is a line in which you can scroll through the answer options using the arrows on the sides of the line. Below are the buttons with the answer options, and at the bottom shows the number of remaining jobs. In the lower left corner is the calculator.

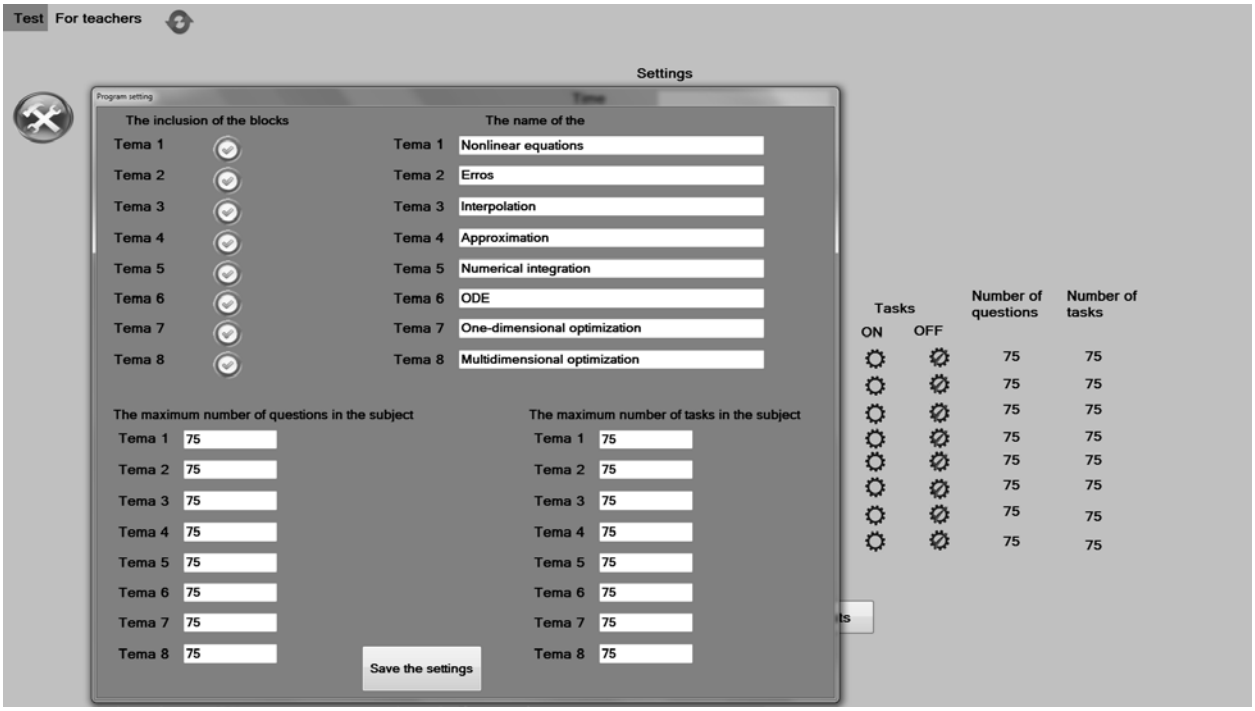



Figure 4. Global setting.

When you select an answer, you need to click on the button with its number, after which it will turn green (by the way, you can choose as 1 answer, and several), then click "choose".

If you want to skip a question or a task, click the skip button» and then boot the next question or task.

If you need to complete the test before the time, you just need to press the "exit" button. The test will be completed if all the questions and tasks are answered, either the timer runs out or the exit button is pressed. After the test, you will see a window displaying the results (figure 6).

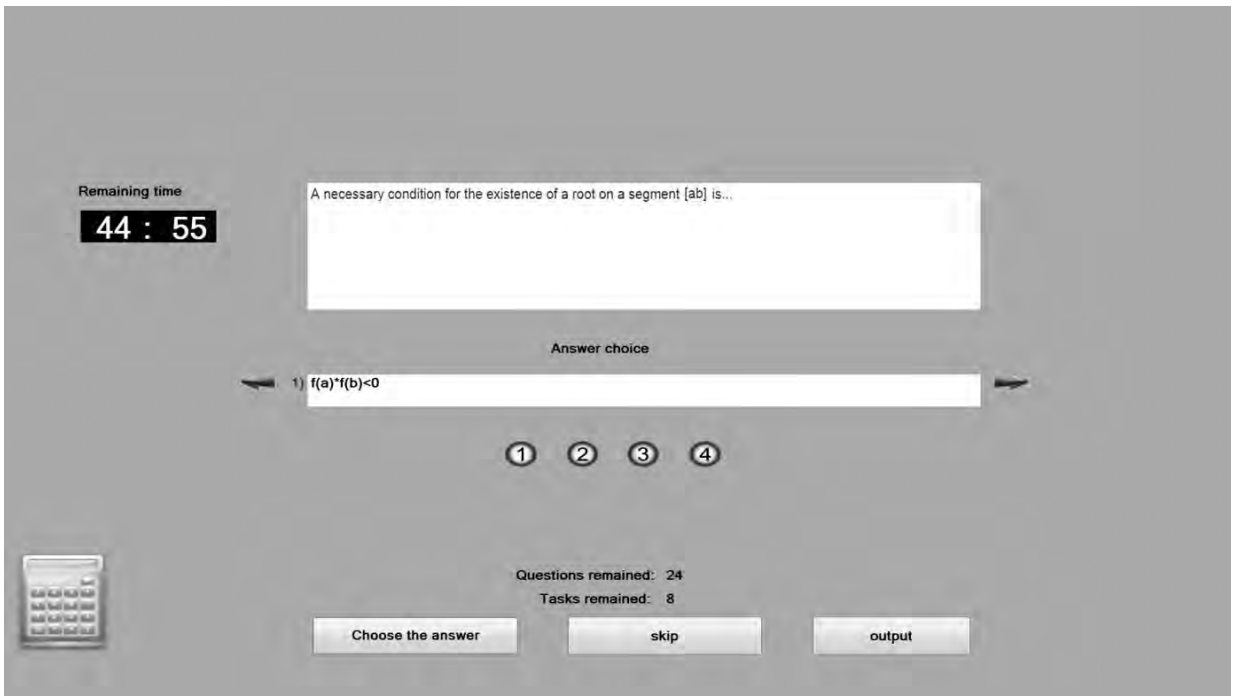



Figure 5. Test window.

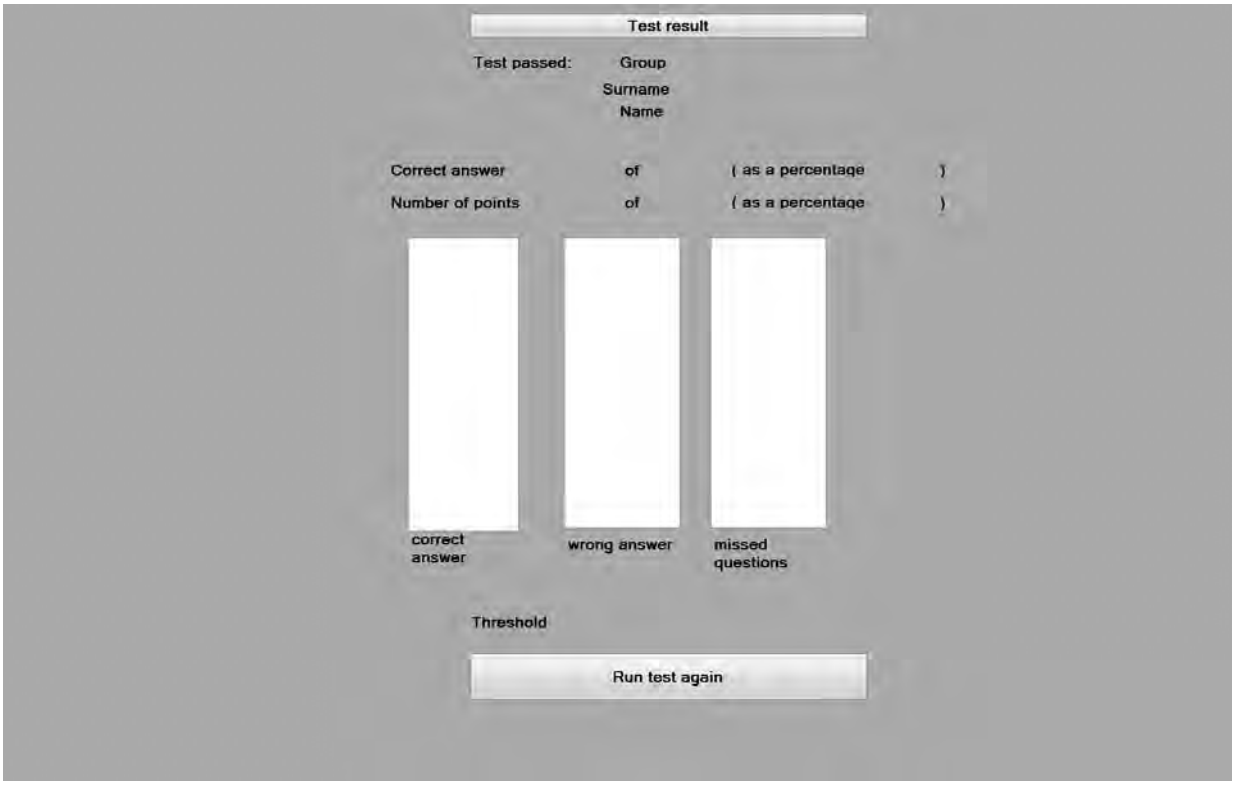



Figure 6. The output window

To see the results you need to click "test results". After that, we will see: the group, the name and surname of the person who passed the test, the number of correct answers from the possible and their percentage. The number of points obtained from the possible and their percentage ratio. Graphics that visually demonstrate the relationship between the right and wrong answers. There is also a schedule for questions and tasks for which did not have time to answer.

Listed below is the evaluation function if the evaluation has been included and will be specified, has passed a threshold percentage of correct answers the student or not (figure 7).

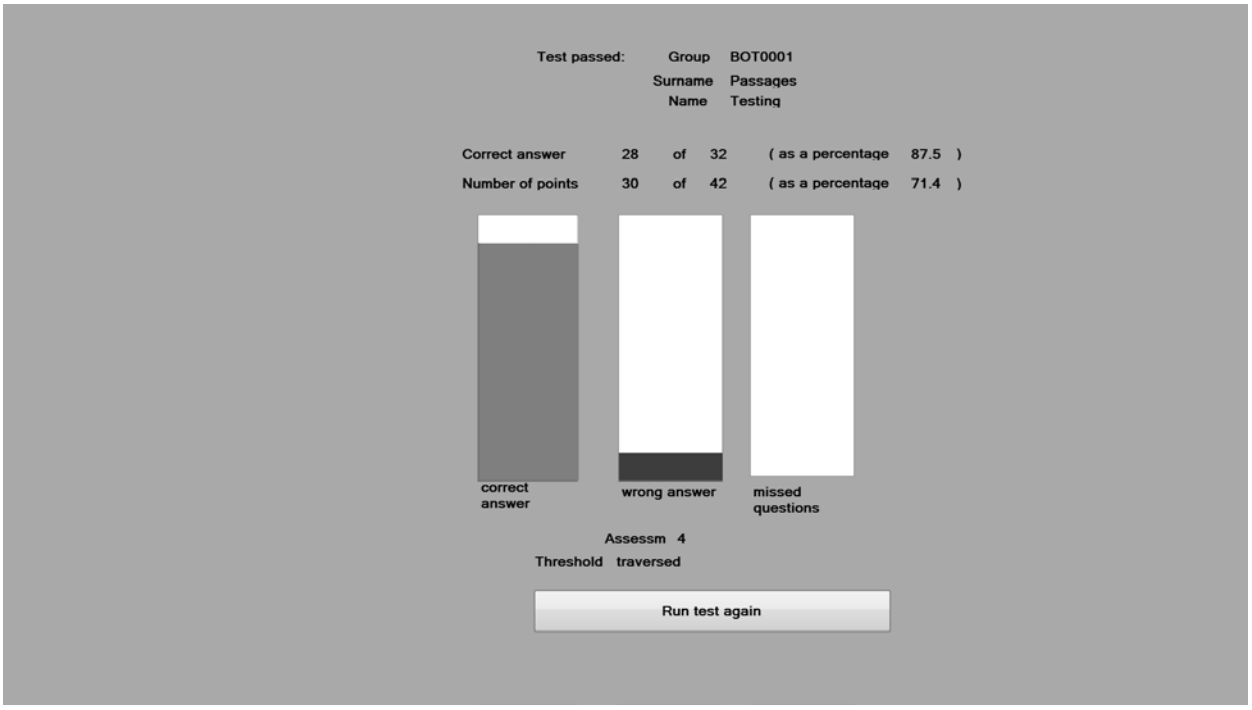



Figure 7. The output window with the results

When you enable the write test results to a file, the results automatically was already recorded file. In order for the next student to pass the test, simply click on the button "run the test again". Then we will be back on the start screen, where the next student has to write his / her group, first and last name, and then click "start test". If the program is already unnecessary, just click on the start window "exit" and the program closes.

From the above it follows that the program is very simple, effective and multi-functional. I hope it will be widely used in the educational process and will receive positive feedback from those who will work with it.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов В.Г., Трифонов Н.П., Трифонова Г.Н.* Введение в язык Паскаль. // Учебное пособие. – М.: КноРус, 2017, с. 380.
2. *Касторнова В.А.* Структуры данных и алгоритмы их обработки на языке программирования Паскаль. // Учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016, с. 304.

**М.Г. Гизатуллин, А.Д. Воротынцева**

# НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ МВД РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: образовательная организация высшего образования, основная образовательная программа высшего образования, образовательный процесс, учебная дисциплина, инфокоммуникационные технологии, компетенции, обучающиеся.

В статье рассматриваются некоторые особенности организации практического занятия по теме «Технические аспекты реализации информационных технологий» учебной дисциплины «Информатика и информационные технологии в профессиональной деятельности» в образовательной организации высшего образования системы МВД России – Уральском юридическом институте МВД России с использованием инфокоммуникационных технологий (аппаратных и программных средств, информационных ресурсов), направленного на формирование у обучающихся знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности (компетенций) в области инфокоммуникационных технологий.

**M.G. Gizatullin, A.D. Vorotyntseva**

# SOME ASPECTS OF REALIZATION OF EDUCATIONAL PROCESS IN THE EDUCATIONAL ORGANIZATION OF THE HIGHER EDUCATION OF SYSTEM OF THE MINISTRY OF THE INTERIOR OF RUSSIA WITH USE OF INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

Ural Law Institute of the Ministry of the Interior of Russia, Yekaterinburg, Russia

Keywords: the educational organization of the higher education, the main educational program of the higher education, educational process, a subject matter, infocommunication technologies, competences studying.

In article some features of the organization of practical class in the subject «Technical aspects of realization of information technologies» of a subject matter «Informatics and information technologies in professional activity» in the educational organization of the higher education of system of the Ministry of the Interior of Russia – the Ural Law Institute of the Ministry of the Interior of Russia with use of infocommunication technologies (hardware and software, information resources) directed to formation at the studying knowledge, abilities, skills and (or) experience of activity (competences) in infocommunication technologies are considered.

В соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года [1], стратегической целью государственной политики в области образования является повышение доступности качественного образования, соответствующего требованиям инновационного развития экономики, современным потребностям общества и каждого гражданина.

В соответствии с федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» [2], экспериментальная и инновационная деятельность в сфере образования осуществляется в целях обеспечения модернизации и развития системы образования. Экспериментальная деятельность направлена на разработку, апробацию и внедрение новых образовательных технологий, образовательных ресурсов. Инновационная деятельность, в частности ориентирована на совершенствование материально-технического обеспечения системы образования.

Экспериментальная и инновационная деятельность в рамках осуществления образовательного процесса в образовательных организациях высшего образования, в большей степени, реализуется на кафедрах – профессорско-преподавательским составом соответствующих кафедр.

Во многих образовательных организациях высшего образования различных Федеральных министерств и подведомственных им агентств осуществляется «бурное» развитие инфокоммуникационных технологий в рамках организации образовательного процесса по реализуемым как основным, так и дополнительным образовательным программам высшего образования.

В рамках исследуемой проблематики, рассмотрим реализацию образовательного процесса на примере основной образовательной программы высшего образования.

Внедрение инфокоммуникационных технологий в образовательный процесс образовательных организаций высшего образования обусловлено многими факторами – требованиями к характеристике профессиональной деятельности обучающихся, результатам освоения основной образовательной программы высшего образования подготовки обучающихся, структуре основной образовательной программы высшего образования, условиям реализации основной образовательной программы высшего образования, оценке качества освоения основной образовательной программы высшего образования [2].

В образовательных организациях высшего образования, реализующих, например, основные образовательные программы высшего образования по специальностям «Правоохранительная деятельность», «Правовое обеспечение национальной безопасности» в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по указанным специальностям [3], [4], обучающиеся осваивают учебную дисциплину «Информатика и информационные технологии в профессиональной деятельности».

В рамках осуществления образовательного процесса в образовательной организации высшего образования системы МВД России – Уральском юридическом институте МВД России, при организации практического занятия по теме «Технические аспекты реализации информационных технологий» в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Информатика и информационные технологии в профессиональной деятельности», обучающиеся указанных специальностей рассматривают общие вопросы, касающиеся технических аспектов реализации информационных технологий.

Практическое занятие по теме «Технические аспекты реализации информационных технологий» проводится в компьютерных классах в объеме двух академических часов. Практическое занятие проводится в интерактивной форме. На занятии, как правило, применяются частично-поисковый и исследовательский методы. Учебная группа делится на две подгруппы. Каждая подгруппа занимается в отдельном компьютерном классе и делится на рабочие группы. Количество обучающихся одной рабочей группы определяется непосредственно преподавателем. Каждая рабочая группа обеспечивается необходимым и достаточным аппаратным и программным обеспечением (рабочая станция с базовыми характеристиками согласно текущему варианту обучающихся) и соответствующими инструментами.

Преподаватель ставит перед обучающимися каждой рабочей группы следующие задачи:

1. В соответствии с имеющимся в наличии аппаратным и программным обеспечением (исследуемый образец – собранная рабочая станция с базовыми характеристиками согласно варианту обучающихся рабочей группы) и инструментами, необходимо реализовать полную разборку исследуемого образца.
2. По завершении разборки исследуемого образца необходимо проконтролировать правильность разборки.
3. Представить элементы исследуемого образца для проверки преподавателю.
4. Поменяться исследуемыми образцами с обучающимися рабочей группы другого варианта (необходимо увеличить номер варианта на единицу, для крайнего варианта обмен исследуемыми образцами необходимо осуществить с первым вариантом).
5. В соответствии с имеющимся в наличии аппаратным и программным обеспечением (исследуемый образец – разобранная рабочая станция с базовыми характеристиками согласно варианту в соответствии с п. 4) и инструментами, необходимо реализовать сборку исследуемого образца после полной разборки.
6. По завершении сборки исследуемого образца после полной разборки, необходимо проконтролировать правильность сборки.
7. Представить исследуемый образец, реализованный в результате сборки для проверки преподавателю.
8. Подключить к исследуемому образцу – монитор, клавиатуру, мышь.
9. Представить исследуемый образец с подключенными к нему устройствами для проверки преподавателю.
10. Под непосредственным контролем преподавателя, в соответствии с техникой безопасности, подключить исследуемый образец с иными устройствами к сети питания и локальной сети.
11. Под непосредственным контролем преподавателя, запустить исследуемый образец (загрузить операционную систему), проконтролировав при этом правильность сборки.
12. При успешной сборке исследуемого образца и загрузке операционной системы ввести соответствующие учетные данные согласно варианту.
13. На базе исследуемого образца (готового к работе), используя информационные ресурсы сети Интернет, ознакомиться с программным продуктом, предложенным преподавателем. В таблице 1 представлен типовой перечень программных продуктов.

Таблица 1 – Типовой перечень программных продуктов

| № п/п | Программный продукт |
|---|---|
| 1 | Adobe Photoshop CC (2017) |
| 2 | AutoCAD 2016 |
| 3 | CorelDRAW Graphics Suite X8 |
| 4 | Corel VideoStudio X9 |
| 5 | ESET NOD32 Antivirus Smart Security 10.0.390.0 |
| 6 | Kaspersky Total Security 2018 |
| 7 | Maplesoft Maple 2017.1a Build 1238644 |
| 8 | Mathworks Matlab R2016a |
| 9 | Microsoft Office 2007 |
| 10 | Microsoft Office 2010 |
| 11 | Microsoft Office 2013 |
| 12 | Microsoft Office 2016 |
| 13 | Microsoft Visual C#(Sharp) Express 2010 10.0 Web installer |
| 14 | PTC Mathcad v.15.0 M045 x86 Portable |
| 15 | 3d max 2017 |

14. Используя информационные ресурсы сети Интернет (http://www.ironbook.ru/constructor либо иные, предложенные преподавателем), осуществить конфигурирование виртуального исследуемого образца (рабочей станции) согласно программному продукту, указанному в п. 13, а именно предусмотреть следующие обязательные компоненты рабочей станции:
   - процессор;
   - охлаждение;
   - материнская плата;
   - оперативная память;
   - жесткий диск;
   - видеокарта;
   - оптический привод;
   - корпус;
   - блок питания;
   - операционная система.

   При осуществлении процесса конфигурирования рабочей станции, необходимо минимизировать бюджет денежных средств.
15. Сведения по сконфигурированной рабочей станции представить для проверки преподавателю.

После выдачи преподавателем задач, обучающиеся в составе рабочих групп приступают к их выполнению. При выполнении задач, обучающиеся взаимодействуют между собой как в рамках своей рабочей группы, так и с обучающимися других рабочих групп. В рамках выполнения обучающимися задач, преподаватель контролирует процесс их выполнения путем непосредственного контакта с обучающимися подгруппы. Обучающимися осуществляется активный поиск решения выдвинутых задач с использованием имеющихся у них в наличии аппаратных и программных средств,

инструментов и информационных ресурсов. В рамках выполнения задач, обучающиеся самостоятельно выбирают необходимые алгоритмы и варианты их решения. Как уже отмечалось, после выполнения задач обучающимися, преподаватель проверяет выполненные задачи. Далее, результаты, полученные в ходе работы, обсуждаются преподавателем и обучающимися.

В завершении занятия, преподаватель:

- разъясняет вопросы, вызывающие затруднения у обучающихся;
- делает соответствующие выводы по занятию в целом;
- осуществляет аргументированное выставление оценок обучающимся;
- выдает задания обучающимся на самостоятельную подготовку;
- формулирует тему следующего занятия.

Организация проведения практического занятия по теме «Технические аспекты реализации информационных технологий» учебной дисциплины «Информатика и информационные технологии в профессиональной деятельности» в интерактивной форме на базе инфокоммуникационных технологий, позволит обучающимся Уральского юридического института МВД России получить и (или) закрепить знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности (компетенции) в области инфокоммуникационных технологий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 № 1662-р [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 12.03.2018).
2. Об образовании в Российской Федерации: федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 12.03.2018).
3. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 40.05.02 Правоохранительная деятельность (уровень специалитета): приказ Министерства образования и науки РФ от 16.11.2016 № 1424 [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 12.03.2018).
4. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 40.05.01 Правовое обеспечение национальной безопасности (уровень специалитета): приказ Министерства образования и науки РФ от 19.12.2016 № 1614 [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 12.03.2018).

**М.Г. Гизатуллин, М.М. Першин**

# ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА БАЗЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: образование, образовательная организация высшего образования, основная образовательная программа высшего образования, образовательный процесс, рабочая программа учебной дисциплины, рецензирование, инфокоммуникационные технологии.

В статье рассматриваются некоторые особенности организации процесса рецензирования учебно-методических материалов, а именно рабочих программ учебных дисциплин, профессорско-преподавательским составом образовательных организаций высшего образования с использованием инфокоммуникационных технологий.

**M.G. Gizatullin, M.M. Pershin**

# ABOUT FEATURES OF REVIEWING OF EDUCATIONAL AND METHODICAL MATERIALS IN THE EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF THE HIGHER EDUCATION ON THE BASIS OF INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

Ural Law Institute of the Ministry of the Interior of Russia, Yekaterinburg, Russia

Keywords: education, educational organization of the higher education, main educational program of the higher education, educational process, working program of a subject matter, reviewing, infocommunication technologies.

In article some features of the organization of process of reviewing of educational and methodical materials, namely working programs of subject matters, with use of infocommunication technologies are considered by the faculty of the educational organizations of the higher education.

В соответствии с федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [1], образование – единый целенаправленный процесс воспитания и обучения, являющийся общественно значимым благом и осуществляемый в интересах человека, семьи, общества и государства, а также совокупность приобретаемых знаний, умений, навыков, ценностных установок, опыта деятельности и компетенции определенных объема и сложности в целях интеллектуального, духовно-нравственного, творческого, физического и (или) профессионального развития человека, удовлетворения его образовательных потребностей и интересов.

Повышение качества образовательного процесса в образовательных организациях высшего образования (далее – образовательная организация) является одной из

актуальных проблем для Российской Федерации. Решение данного рода проблемы, в большей степени, связано с реализацией процесса модернизации содержания непосредственно образования, оптимизацией способов и технологий организации образовательного процесса в образовательной организации, переосмыслением цели и результата образования.

Качество реализации образовательного процесса в образовательной организации можно представить в виде некоего интегрального свойства, обусловливающего способность образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность, удовлетворять существующим и потенциальным потребностям личности и общества, «государственным» требованиям по подготовке специалистов высокого класса и высокой квалификации.

Необходимо также отметить, что качество реализации образовательного процесса в образовательной организации определяется качеством его учебно-методического обеспечения.

Профессорско-преподавательский состав образовательной организации осуществляет достаточно важную составляющую по оценке качества реализации образовательного процесса – рецензирование учебно-методического обеспечения. В качестве объекта рецензирования выступает, прежде всего, как печатное, так и электронное учебно-методическое обеспечение – учебно-методические материалы.

Процедура осуществления рецензирования учебно-методических материалов образовательной организации напрямую обусловлена оценкой соответствия содержания таких материалов федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования (далее – ФГОС ВО), проектам ФГОС ВО, основным образовательным программам высшего образования (далее – ООП ВО), дополнительным образовательным программам высшего образования по соответствующим специальностям (направлениям подготовки) и иным материалам.

На практике, встречаются случаи, когда учебно-методические материалы содержат неактуальную информацию, серьезные ошибки, некорректные утверждения, и т.д. Все это, в свою очередь, может неблагоприятно повлиять, прежде всего, непосредственно на обучающегося. Поэтому, на профессорско-преподавательский состав образовательной организации возлагается задача отсеивания (отбора) учебно-методических материалов для издания.

В рамках рассматриваемой проблематики, рассмотрим реализацию образовательной деятельности образовательной организации на примере ООП ВО по соответствующей специальности (направлению подготовки). ООП ВО самостоятельно разрабатываются и утверждаются образовательной организацией, осуществляющей образовательную деятельность. Образовательные организации, осуществляющие образовательную деятельность по имеющим государственную аккредитацию ООП ВО, разрабатывают ООП ВО в соответствии с ФГОС ВО и с учетом соответствующих примерных ООП ВО. Примерные ООП ВО разрабатываются с учетом их уровня и направленности на основе ФГОС ВО.

В образовательных организациях различных Федеральных министерств и подведомственных им агентств (Министерство внутренних дел Российской Федерации, Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Министерство образования и

науки Российской Федерации (Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки), Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Федеральное агентство связи), Министерство транспорта Российской Федерации (Федеральное агентство железнодорожного транспорта) и т.д.), основным компонентом ООП ВО по соответствующей специальности (направлению подготовки) является рабочая программа учебной дисциплины. Рабочая программа учебной дисциплины по соответствующей специальности (направлению подготовки) – основной документ, регламентирующий организацию и содержание обучения по конкретной учебной дисциплине. Рабочая программа учебной дисциплины является неотъемлемым компонентом учебно-методического комплекса учебной дисциплины.

Рабочая программа учебной дисциплины разрабатывается образовательной организацией, осуществляющей образовательную деятельность, как минимум, в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО, примерной программой учебной дисциплины, учебным планом.

Приказ Министерства образования и науки РФ от 19.12.2013 № 1367 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» [2], регламентирующий перечень обязательных компонентов рабочей программы учебной дисциплины, утратил силу 01.09.2017 на основании приказа Министерства образования и науки РФ от 05.04.2017 № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» [3]. Однако, нормативных правовых документов в области высшего образования, регламентирующих структуру рабочей программы учебной дисциплины на сегодняшний день нет и поэтому многие образовательные организации «не торопятся» ее видоизменять. Отчасти структура основных разделов рабочей программы учебной дисциплины представлена в работе авторов [4].

При осуществлении рецензирования рабочих программ учебных дисциплин, профессорско-преподавательскому составу образовательной организации, привлекаемому в качестве рецензентов, необходимо особое внимание обращать:

- на правильность указания разработчиками рабочей программы учебной дисциплины – наименования учебной дисциплины, специальности, специализации, года начала подготовки формы обучения;
- на цели и задачи учебной дисциплины, которые должны быть корректно указаны в соответствии с примерной программой учебной дисциплины либо представлением профессорско-преподавательского состава кафедры (разработчиками рабочей программы учебной дисциплины);
- на перечень планируемых результатов обучения по учебной дисциплине, в котором должны быть сформулированы компетенции в соответствии с ФГОС ВО по соответствующей специальности (направлению подготовки), указаны соответствующие компоненты, которые обучающиеся должны знать (уметь, владеть) в результате изучения учебной дисциплины в соответствии со сформулированными и представленными компетенциями;
- на место учебной дисциплины в структуре ООП ВО по соответствующей

специальности (направлению подготовки) в соответствии с учебным планом по соответствующей специальности (направлению подготовки), а также на то, чем должен обладать (знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности) обучающийся для изучения учебной дисциплины и на то, что учебная дисциплина может являться предшествующей учебной дисциплиной для последующего изучения других дисциплин в соответствии с учебным планом;

- на правильность представления видов учебной работы, часов, зачетных единиц, семестров (курсов) в соответствии с учебным планом по соответствующей специальности (направлению подготовки);
- на содержание учебной дисциплины с указанием актуальных разделов и тем учебной дисциплины в соответствии с примерной программой учебной дисциплины либо представлением профессорско-преподавательского состава кафедры;
- на наименование разделов и тем и видов занятий, с указанием количества аудиторных часов и часов на самостоятельную роботу обучающихся;
- на актуальное и корректное представление лабораторного практикума, если он предусмотрен учебным планом по соответствующей специальности (направлению подготовки);
- на перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине, подготовленный профессорско-преподавательским составом кафедры;
- на структуру и содержание фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся (например, зачет или экзамен) по учебной дисциплине, а именно на перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы; описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания; материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности (примерный перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (зачет, экзамен), типовые практические задания; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- на примерную тематику письменных работ по учебной дисциплине, предусмотренных учебным планом по соответствующей специальности (направлению подготовки);
- на актуальное и содержательное учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины (перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения учебной дисциплины (нормативные правовые акты, основная литература, дополнительная литература), перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения учебной дисциплины; перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по учебной дисциплине;
- на фактическую, имеющуюся в наличии материально-техническую базу, необходимую для осуществления образовательного процесса по учебной дисциплине;
- на методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины, сформированные и представленные в соответствии с учебным планом по соответствующей специальности (направлению подготовки).

При реализации рецензирования рабочих программ учебных дисциплин,

профессорско-преподавательским составом образовательной организации используются инфокоммуникационные технологии, к которым можно отнести:

– аппаратное обеспечение;
– программное обеспечение (системное и прикладное);
– ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Для рецензирования учебно-методических материалов, необходимо также наличие электронных источников, например, актуальных ФГОС ВО, ООП ВО, учебных планов, примерных программ учебных дисциплин, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Без реализации представленных инфокоммуникационных технологий, рецензенты не смогут осуществить рецензирование учебно-методических материалов качественно и, как показывает практика, в достаточно сжатые сроки.

На основании вышеизложенных сведений, необходимо отметить, что рецензирование предлагаемых к изданию учебно-методических материалов должно быть обязательным, объективным и реализовываться с использованием инфокоммуникационных технологий.

К сожалению, не все аспекты, необходимые профессорско-преподавательскому составу образовательной организации, привлекаемому в качестве рецензентов для осуществления рецензирования рабочих программ учебных дисциплин, представлены в работе.

В работе представлен лишь их исчерпывающий перечень в связи с большим объемом представления информации.

В заключение необходимо отметить, что материал, представленный в статье, будет полезен профессорско-преподавательскому составу образовательных организаций Федеральных министерств и подведомственных им агентств в рамках осуществления рецензирования учебно-методических материалов по реализуемым данными образовательными организациями, основным и дополнительным образовательным программам высшего образования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Об образовании в Российской Федерации: федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 05.03.2018).
2. Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры: приказ Министерства образования и науки РФ от 19.12.2013 № 1367 (утратил силу) [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 05.03.2018).
3. Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры: приказ Министерства образования и науки РФ от 05.04.2017 № 301 [Электронный ресурс]. – URL:http://www.garant.ru/ (дата обращения: 05.03.2018).
4. *Гизатуллин М.Г., Варакосов Д.В.* Некоторые аспекты реализации фондов оценочных средств для осуществления промежуточной аттестации обучающихся по учебной

дисциплине в структуре рабочей программы учебной дисциплины. // Проблемы обеспечения качества высшего образования в условиях реализации ФГОС / Материалы 58 (LVIII) научно-методической конференции, 2-3 февраля 2017 г. Новосибирск. – Новосибирск: СибГУТИ, 2017, с. 15-19.

**И.В. Головина, О.В. Парфентьева**

## О СОЦИАЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: интернет вещей (IoT), промышленный интернет вещей (IIoT), «умное предприятие», четвертая промышленная революция («Индустрия 4.0»), рынок труда, профессии будущего.

В статье рассматриваются концепция промышленного интернета вещей и особенности ее реализации в российской экономике. Проанализированы положительные и отрицательные последствия внедрения новых информационных технологий для российского рынка труда. Сделаны выводы о необходимости адаптации системы профессиональной подготовки к реалиям промышленного интернета вещей.

**I.V.Golovina, O.V.Parfentyeva**

## ABOUT THE SOCIAL EFFECTS OF THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: Internet of things (IoT), Industrial Internet of Things (IIoT), smart industry, fourth industry revolution (Industry 4.0), labor market, professions of future.

The article considers a concept of Industrial Internet of Things and the features of its realization in Russian economics. The author analyzes positive and negative effects of a new information technologies implementation for the Russian labor market. Conclusion about the need to adapt the professional training system for the realities of Industrial Internet of Things.

Появление и быстрое распространение технологий, основанных на промышленном интернете вещей (Industrial Internet of Things – IIoT) знаменует собой начало четвертой

промышленной революции, переход к «умному» производству, управляемому в режиме «online», на основе цифровых технологий и облачных вычислений, без участия человека.

Точкой отсчета для развития интернета вещей послужи период 2008-2009 гг., когда, по утверждению специалистов корпорации Cisco, количество подключенных к Интернету устройств превысило численность населения Земли. В 2011 г. на промышленной выставке в Ганновере (ФРГ) была провозглашена инициатива «Индустрия 4.0», которая означала распространение концепции интернета вещей на производственную сферу.

Следует заметить, что внедрение информационных технологий, автоматизация и роботизация производства развиваются уже со второй половины прошлого века, в рамках третьей промышленной революции. Однако процессы автоматизации замыкались в локальных рамках отдельных предприятий, являясь несовместимыми друг с другом. Принципиальная новизна современного этапа заключается в создании глобальных промышленных сетей и открытых информационных систем, способных взаимодействовать друг с другом и с потребителями продукции.

Безусловно, речь идет о перспективе, которая на фоне интенсивного развития промышленного интернета вещей выглядит вполне реалистично.

Согласно общепринятой терминологии, промышленный интернет вещей (IIoT) – это система объединенных компьютерных сетей и подключенных промышленных объектов со встроенными датчиками и программным обеспечением для сбора и обмена данными и удаленным контролем и управлением в автоматизированном режиме. Технология промышленного интернета вещей обеспечивает мониторинг и управление оборудованием, контроль рабочих параметров и настроек машин и механизмов, осуществляет сбор, систематизацию и обмен данными, разрабатывает управляющие команды, исключая при этом участие человеческого фактора.

Ключевое отличие промышленного интернета вещей от традиционных схем управления производством заключается в том, что здесь из информационного обмена исключается персонал, а принятие управленческого решения, планирование и контроль переходят к интеллектуальным системам. На смену сложившейся модели взаимодействия человека и машины приходит M2M (межмашинное взаимодействие, Machine-to-Machine), т.е. технологии, позволяющие устройствам и приборам обмениваться информацией друг с другом посредством проводных и беспроводных датчиков.

Тем самым промышленный интернет вещей радикальным образом изменяет роль человеческих ресурсов в производстве, и. последствия этих изменений далеко не однозначны.

Снижение роли человеческого фактора при принятии управленческих решений, безусловно, позволит избежать субъективизма, ошибок, неоправданных рисков и, благодаря этому, повысит надежность функционирования производственных систем. Кроме того, появится возможность обеспечить автономное управление и контроль на труднодоступных или опасных для человека объектах.

К позитивным последствиям реализации идей и технологий IIoT следует отнести также изменение содержания трудовых и управленческих функций в направлении снижения монотонности, рутинности операций и насыщения их интеллектуальным, творческим содержанием.

Вместе с тем это создаст предпосылки для серьезных сдвигов в сфере занятости и профессиональной структуре работников. Все менее востребованными окажутся работники с невысокими квалификационными характеристиками, причем, неважно, о физическом или об умственном труде идет речь. В то же время все более настоятельной станет потребность в специалистах с высоким уровнем подготовки в области инфокоммуникационных технологий, способных работать в условиях кардинальной трансформации производства и существующих бизнес-моделей.

Многие эксперты предрекают неизбежный кризис занятости в результате реализации концепции промышленного интернета вещей. Так, согласно Атласу новых профессий, составленному Московской школой управления СКОЛКОВО и АСИ, до 2030 года исчезнут 57 профессий и специальностей, таких, как бухгалтер, сметчик, банковский операционист, турагент, водитель-дальнобойщик и др.

Высвобождение работников, сокращение числа вакансий – закономерное следствие автоматизации производства, но одновременно, как правило, создаются новые рабочие места, возникает потребность в новых профессиях и специальностях.

Однако сейчас, в условиях разворачивающейся четвертой промышленной революции, ситуация существенным образом меняется. Особенность Индустрии 4.0 в том, что промышленный интернет вещей поднимает чрезвычайно высокую планку для вхождения на современный рынок труда. Здесь востребованы специалисты по анализу и обработке данных, архитекторы информационных систем, специалисты по кибербезопасности, инженеры-механики со знанием цифровых технологий, бизнес-аналитики, специалисты по пользовательским интерфейсам и др.

Готова ли современная система образования к подготовке кадров, способных реализовать концепцию IIoT? Готово ли государство к крупным инвестициям в сферу, обеспечивающую подготовку и переподготовку работников нового типа? Разрабатываются ли стратегии трудоустройства людей, обреченных на деквалификацию? Приходится констатировать, что здесь пока вопросов больше, чем ответов. Несмотря на то, что нехватка сотрудников, способных разрабатывать и обслуживать инфраструктуру IIoT уже ощущается в России, ведущие российские вузы только готовятся к запуску соответствующих магистерских программ. Так, в феврале 2018 г. группа компаний InfoWatch и Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» объявили об открытии магистерской программы «Интернет вещей и киберфизические системы» на базе Московского института экономики и математики имени А.Н.Тихонова.

Пока разработка образовательных программ и образовательных стандартов только стоит в повестке дня как перспектива. Очень важно преодолеть разрыв между сферой образования и рынком труда, развернуть систему высшего образования в сторону потребностей экономики, о чем уже приходилось писать одному их авторов. [1, с. 124. ]. Потребуются и поправки к законодательству, особенно, в части сбора, хранения и обработки данных и их безопасности.

Реализация идей и технологий промышленного интернета вещей может стать дополнительным фактором углубления социальной и имущественной дифференциации в обществе. Дело не только в угрозе безработицы в результате деквалификации людей, чей опыт и навыки оказались невостребованными в новых условиях. Если даже предположить, что у всех представителей традиционных профессий будут равные материальные возможности для переподготовки и получения новой профессии, тем не

менее, в силу естественных различий в уровне способностей и интеллектуального потенциала, далеко не все сумеют преодолеть профессиональные барьеры и войти в обновленный рынок труда.

Однако материальные возможности, видимо, будут сужаться, поскольку будет снижаться ценность труда и средней квалификации. В результате появится еще один барьер на пути трудоустройства в экономике, выстроенной на принципах промышленного интернета вещей.

Исследователи отмечают, что внедрение промышленного интернета вещей вызовет кардинальный пересмотр существующих стратегий управления человеческими ресурсами, необходимость модернизации HR-служб, активное внедрение новых управленческих технологий. [2, с.45].

Разумеется, технологии и приложения промышленного интернета вещей находятся на стадии своего становления. Российская промышленность пока занимается пилотными проектами интернета вещей, в основном, силами крупных отечественных и международных компаний. Среди них – ПАО «Ростелеком», группа компаний «Ренова», «Лаборатория Касперского» и др.

В феврале 2018 г. Министерство связи и массовых коммуникаций РФ и Росприроднадзор подписали с компаниями «Еврохим» и «Фортум» соглашения по использованию промышленного интернета вещей для автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ в воздух. Соглашения подписаны в рамках пилотного проекта по автоматизации контрольно-надзорной деятельности.

Таким образом, необходимость развития инновационных информационных технологий осознана как на уровне отечественного бизнеса, так и на уровне органов власти. Есть и понимание трудностей, с которыми может столкнуться реализация концепции промышленного интернета вещей. Чаще всего говорят о необходимости новых подходов к обеспечению информационной безопасности, об отсутствии единых стандартов в сфере IIoT, о необходимости крупных инвестиций с неопределенными сроками окупаемости, о неготовности компаний интегрировать IIoT-решения в свой бизнес и т.п.

О социальных последствиях реализации промышленного интернета вещей, о проблемах и рисках, которые неизбежно возникнут, практически никто не задумывается.

Так, выступая на инвестиционном форуме в Сочи, первый заместитель Министра труда и социальной защиты А.Вовченко призвал не демонизировать цифровую эпоху и не опасаться массовой потери рабочих мест. По его мнению, все проблемы рынка труда решатся сами собой, по мере эволюционного развития.

Между тем уже назрела необходимость разработки как новых теоретических основ управления человеческими ресурсами в условиях «умного производства», так и дорожной карты, прогноза на будущее, предусматривающего, как минимум, разработку образовательных программ и образовательных стандартов в области подготовки специалистов для работы с технологиями IIoT.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Головина И.В.* О государственном регулировании в сфере высшего образования. // Коллективная монография. Ростов-на-Дону. – РнД.: Содействие-XXI век, 2014, с. 122-126.
2. *Маркеева А.В.* Интернет вещей (IoT): возможности и угрозы для современных организаций. // Общество: социология, психология, педагогика. – 2016, № 2, с. 42-46.
3. Индустриальный Интернет вещей в России и в мире. Обзор состояния и перспективы развития. // http://1234g.ru/novosti/iiot-v-rossii-i-mire.

**О.В. Гончарова, П.В. Явтушенко**

## ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: системы образования, СКФ МТУСИ, технологии обучения, реформирование системы образования, программы бакалавриата, европейская факультативная система.

В статье определена классификация систем образования, представлена их характеристика, и на примере университета СКФ МТУСИ рассмотрена система образования конкретного учреждения.

**O.V. Goncharova, P.V. Yavtushenko**

## INFORMATION AND EDUCATIONAL TECHNOLOGY IN EDUCATION

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: education system, GFR MTUCI, teaching methods, reform of education, bachelor programs, the European optional system.

The article defines classification of systems of education, represented by their feature, and the example of the University of SCF MTUCI considered the education system of the particular institution.

В современном мире существует много систем образования, одними из самых известных выступают европейская, американская, постсоветская. Интересно что американская и европейская очень схожи по содержанию. Это проявляется в том, что в европейской и американской системе образования, используется система так называемых факультативных занятий, в которой обучаемый сам выбирает какие предметы изучать. Европейских систем различают несколько: Немецкая, Французская, Британская, Финская и т.д., каждая развивает определённые качества в человеке, которые по мнению государства необходимы в обществе. Такой свободный стиль выбора профиля обучения и его смены, учит ответственности и обдуманности принятых решений, ведь выбрав не тот профиль или направления образования можно сменить его в будущем году, тем самым лишившись года, но поняв, что данный профиль или направление не подходит обучающемуся.

В американской системе образования, процесс получения знаний направлен на практическое применение, а не на теоретический багаж, тем самым развивая смекалку и приспособляемость к жизни в обществе.

С постсоветской системой образования немного сложнее, в СССР практически всё образование строилось на технических науках, в так называемой академической форме, обучая узких, квалифицированных специалистов.

Ныне данная система поддалась реформированию, но в корне это всё та же система. Здесь есть огромные преимущества: высокий уровень знаний выпускников в узкой отрасли, достаточный уровень знаний в сопутствующих отраслях, чёткое разграничение профессий, но и без минусов никуда, трудность выбора профиля обучения, трудность его изменения в случае неверного выбора.

Стоит отметить что, от 50% до 80% информации обучающийся должен находить и усваивать самостоятельно, тем самым развивая его обучаемость и самостоятельность. Постсоветская система образования, идёт по пути меньшего сопротивления современным технологиям, обучая лишь основным навыкам необходимым для дальнейшего освоения профессии. Характеризуется это как раз большим количеством самоподготовки к занятиям.

Пример элементарен, устройство телевизора практически не изменилось со времени его изобретения, лишь усложнялись и упрощались некоторые узлы, взяв телевизор 80-90-х годов прошлого века и купленный ныне, различие модулей будет лишь в элементной базе. Совершить ремонт обоих телевизоров можно по одному и тому же алгоритму, список неисправностей будет практически идентичен, за исключением неисправности экрана, тут уже технологии изменились в корне, уйдя от электронно-лучевых трубок.

Тем самым обучая студентов по схеме из 80-90-х годов, необходимо лишь немного изменять её относительно технологий, остальные необходимые и дополнительные знания по данному вопросу обучающиеся будут черпать самостоятельно по мере возникновения потребности. Именно поэтому наши (российские) технические специалисты ценятся за рубежом, умеющие работать как со старым оборудованием, так и новейшим, так как готовые специалисты обучены составлять собственные алгоритмы и методики, для работы.

Цель нашей системы образования обучить пониманию предмета, научить мыслить, анализировать, а не чётко следовать алгоритму. Чего не скажешь о европейской системе образования, которая обучает готовым алгоритмам, пример прост, для решения уравнения необходимо знать её формулу, а по нашей системе необходимо понимать, как получить формулу для решения данного уравнения.

Система образования и технологии обучения постоянно изменяются под новейшие технологии, загружая студентов не совсем необходимой, с практической точки зрения, информацией. Американская система, в этом вопросе несколько прагматична, отметая большинство теоретических вопрос, связанных с изменением технологии, обучая решению их на практике, тем самым, не создавая излишнего багажа знаний. К большому сожалению в последнее время мы становимся на путь обучения «формулам», а не их нахождению, тем самым постепенно переходя к европейской системе образования. Идеальным слиянием было бы сочетание постсоветской методики ведения лекций и европейской факультативной системы.

На данный период жизни, пройдя уже две ступени и находясь на ступени получения высшего образования, можно сделать следующие выводы: знакомство с технической стороной постсоветской системы образования произошло во время обучения в колледже, где обучали именно логике мышления и базовым знаниям предметов, для дальнейшего самообучения при применении практических навыков.

Получив достойную базу знаний обучаясь в Северо-Кавказском филиале МТУСИ, происходит дальнейшее ознакомление с системой образования, а именно высшего образования. В СКФ МТУСИ представлены основные принципы постсоветской системы образования, описанные выше, сохранены и адаптированы к новым технологиям.

Для практических навыков здесь присутствует актуальное оборудование, в компьютерных лабораториях присутствуют актуальные версии ПО, необходимого для осуществления учебной деятельности в направлениях программирования, системного администрирования, коммутации систем и сетей связи и т.д.

Лекционный материал корректируется и актуализируется, преподаватели разрабатывают собственное ПО для выполнения лабораторных и практических заданий. Подготовка учащихся проводится по программе бакалавриата и магистратуры. Начиная с советского времени и до недавнего, обучали по программе специалитета, с нашей точки зрения, это наиболее эффективная и продуктивная программа, ведь в технических сферах очень многое зависит от практических знаний и умения применения на практике теоретических знаний, что связано со сроком обучения, по программе специалитета он составлял 5 лет, напротив программа бакалавриата составляет 4 года.

Для многих специалистов не имеет значение получения звание магистра, так как для большинства должностей и профессий оно вовсе не важно, по уровню подготовки бывший специалист и нынешний магистр, не различаются, программа магистратуры и бакалавриата адаптировалась и растянулась, многих учащихся не интересует магистратура, а со степенью бакалавра, у них ограничена карьерная лестница во многих сферах. Возможно это сделано для отсеивания лучших претендентов на управляющие ответственные должности, и в тоже время, многие бакалавры на практическом применении знаний могут поспорить с магистрами.

Стоит ли это изменение системы образования того или нет, проанализируем в дальнейшей перспективе.

**О.В. Гончарова, А.И. Янкина**

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, практические задачи информационных технологий, информационная система.

В статье рассмотрены теоретические основы информационных технологий. Также указаны виды, классификации информационных технологий и этапы их развития.

**O.V. Goncharova, A.I. Yankina**

# THEORETICAL BASES OF INFORMATION TECHNOLOGIES

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: information technologies, practical tasks of information technologies, information system.

The theoretical bases of information technologies are considered in the article. Also listed are the types, classifications of information technologies and the stages of their development.

В современном мире социальному обществу сложно обойтись без компьютеров, мобильных телефонов и всякого рода гаджетов, т.к. для экономии времени и увеличения эффективности работы пользователей необходимо использовать технические средства и программное обеспечение. Все это можно объединить в понятие информационные технологии.

Что же такое информационные технологии и их теоретические основы?

Начнем с определения. Информационные технологии (ИТ) — это набор различных процессов, методик поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов.

Целью информационных технологий является обработка информации для ее анализа человеком, на основании чего появляется решение по выполнению какого-то действия. Практические задачи и методы их решения могут быть различными, поэтому разумно разделить ИТ на три группы:

- глобальная ИТ включает в себя средства и методы, алгоритмизующие и предоставляющие возможность использовать информационные ресурсы общества;

- базовая ИТ предназначена для конкретной области применения (например, для научного исследования или производства);
- конкретная ИТ производит обработку данных при решении функциональных задач пользователей.

Информационные технологии с каждым годом становятся более усовершенствованными, в следствие чего, появляются новые технические средства по обработке, хранению и методам организации данных. Но не стоит забывать, что количество злоумышленников, пытающихся получить несанкционированный доступ к информации тоже растет, поэтому технологии нужно все время улучшать для применения более надежных средств защиты.

Существуют также ИТ, отвечающие за сферу организационно-экономического управления, которые развиваются по направлениям:

- увеличение значимости роли специалистов в реализации и решении задач в сфере экономического управления;
- усовершенствование и разработка технологий интерфейса конечных пользователей разного типа уровней;
- объединение информационно-вычислительного спектра ресурсов с помощью вычислительных сетей различного типа уровней;
- разработка более надежных комплексных мер обеспечения защиты информации. Например, программных, правовых, технических и т.д.

Также ИТ включают в себя программные продукты для создания информации, ее редактирования, контроля над ней и т.п., что является инструментарием информационных технологий, который, в свою очередь, подстроен под определенного типа компьютеры, технология работы в котором, позволяет решить поставленную пользователем задачу (например, текстовый редактор MS Word, Excel, также Базы данных и т.п.).

ИТ непосредственное отношение имеет к информационным системам, можно даже сказать, что на первый взгляд они похожи между собой, чтобы понять: так ли это дадим определение информационной системе.

Информационная система- это человеко-компьютерная система обработки информации. Она является средой, составляющими элементами которой являются компьютеры, БД, технические и программные средства и т.д. Целью информационной системы является организация хранения и передачи информации. На основании этого можно сделать вывод, что ИТ и информационная система не одно и то же, т.е. информационная технология может существовать и вне сферы информационной системы. Информационная технология является более емким понятием, отражающим современное представление о процессах преобразования информации в информационном обществе. Подходящее сочетании 2-х информационных технологий - управленческой и компьютерной является залогом успешной работы информационной системы.

Рассматривая ИТ более детально, стоит обратить внимание на этапы их развития.

Конечно к единому мнению по поводу развития ИТ прийти очень сложно, так как их очень много и каждый эксперт смотрит на этого со своей точки зрения, но общим для всех изложенных ниже точек зрения является то, что с появлением персонального компьютера начался новый этап развития информационной технологии. Основной целью становится удовлетворение персональных информационных потребностей человека как в профессиональной сфере, так и в бытовой.

По видам задач и процессам обработки информации выделяют два основных этапа:

1-й этап - это обработка данных в вычислительных учреждениях в режиме общего пользования. Основным направлением развития ИТ являлась автоматизация работы человека.

2-й этап - создание информационных технологий, направленных на решение стратегически важных задач.

По признаку - преимущество, которое приносит компьютерная технология выделяются три этапа:

1-й этап характеризуется довольно эффективной обработкой информации при выполнении рутинных операций с ориентацией на централизованное коллективное использование ресурсов вычислительных центров. Основным критерием оценки эффективности создаваемых информационных систем была разница между затраченными на разработку и сэкономленными в результате внедрения средствами.

2-й этап связан с появлением персональных компьютеров. Изменился подход к реализации информационных систем - ориентация смещается в сторону индивидуального пользователя для поддержки принимаемых им решений.

3-й этап связан с анализом стратегических достоинств в сфере бизнеса и основан на достижениях телекоммуникационной технологии распределенной обработки информации. Информационные системы помогают увеличить эффективность обработки данных и помочь реализовать стоящие перед управленцем задачи в более короткий срок. Чем больше задач способно решить оборудование, тем более конкурентоспособным оно становится.

Нужно помнить, что технологии все время требуются в усовершенствования, т.к. каждый день возникают разного рода угрозы взлома информации и несанкционированного проникновения, следовательно, и варианты борьбы должны появляться новые.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Уч. «Информационные технологии» Ю. Ю. Громов, И. В. Дидрих., 2016
2. https://otherreferats.allbest.ru/programming/00279540_0.html .
3. http://www.xserver.ru/user/infth/1.shtml .

**Докучаев С.А., Костецкая Г.С.**

# КЕЙС-МЕТОД КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕКУЛЬТУРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ БАКАЛАВРОВ В ОБЛАСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: кейс-метод, общекультурные компетенции, инфокоммуникационные технологии

Рассматриваются особенности формирования общекультурной компетенции бакалавров по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» в условиях острой потребности отрасли инфокоммуникаций в активных, компетентных и самостоятельно принимающих решения специалистах. Описывается метод кейсов как одно из наиболее эффективных средств формирования общекультурной компетенции бакалавров в области инфокоммуникаций при изучении математических дисциплин.

**S.A. Dokuchaev, G.S Kostetskaya**

# CASE METHOD AS AN EFFICIENT TOOL TO FORM GENERAL CULTURAL COMPETENCES AT TEACHING MATHEMATICAL DISCIPLINES TO BACHELORS OF THE INFOCOMMUNICATION INDUSTRY

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: case method, general cultural competence, infocommunication technologies

The work considers some peculiarities of forming general cultural competences of bachelors of "Infocommunication technologies and communication systems" program in the conditions of critical need for active, competent and independently decision-making specialists in the infocommunication industry. The case study method is described as one of the most effective strategies to form general cultural competences at teaching mathematical disciplines to bachelors of the infocommunication industry.

Современная отрасль связи и инфокоммуникаций испытывает острую потребность в активных, компетентных специалистах, способных самостоятельно принимать решения и готовых взять на себя ответственность за их осуществление, умеющих ставить цели и конструировать пути их достижения. В этих условиях происходит смена приоритетов, становится возможным усиление культурообразующей роли образования, появляется

новый идеал студента — «человека культуры», обладающего общекультурной компетентностью. Будущий специалист формируется, не столько потребляя ценности культуры, сколько обучаясь умению и способности транслировать эти ценности в своей профессиональной деятельности **[1]**.

Общекультурные компетенции в подготовке бакалавров в области инфокоммуникаций выступают как профессионально значимые, овладение которыми помогает выпускникам быстро и экономно адаптироваться к непрерывно меняющимся условиям. Именно общекультурная компетентность определяет активную жизнедеятельность человека, его способность ориентироваться в различных сферах социальной и профессиональной жизни. Не будет преувеличением утверждать, что профессиональная компетентность бакалавров в области инфокоммуникаций является производным компонентом от их общекультурной компетентности **[2]**.

Общекультурные компетенции бакалавра в техническом вузе развиваются, прежде всего, в процессе освоения дисциплин гуманитарного, естественнонаучного направления, а также социально-экономических дисциплин. В данной статье мы остановимся на некоторых особенностях формирования общекультурной компетенции ОК-7, т.е. способности к самоорганизации и самообразованию, при изучении математических дисциплин. Нам представляется, что одним из наиболее эффективных средств для овладения данной способностью является кейс-метод **[3]**.

Суть кейс–метода состоит в том, что усвоение знаний и формирование умений есть результат активной самостоятельной деятельности обучающихся по разрешению противоречий, в результате чего и происходит творческое овладение профессиональными знаниями, навыками, умениями и развитие мыслительных способностей **[4]**. Если метод кейсов применяется в учебном процессе многократно, то у студентов вырабатываются навыки решения практических задач, анализа жизненных ситуаций, определения задачи, которая требует решения, оценивать полученный результат, давать оценку своей деятельности в процессе решения **[5]**.

Приведем пример использования кейс-метода на практическом занятии по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика». В ходе занятия по теме «Основные теоремы теории вероятностей» студентам предлагается следующая задача кейса.

***Задача кейса.*** Брак при производстве некоторого изделия вследствие дефекта D составляет 11%, а вследствие дефекта E – 12%. Процент годной продукции составляет 86%. Пусть p – вероятность того, что случайно взятое изделие будет признано бракованным как вследствие дефекта D, так и вследствие дефекта E.

*Вопросы к кейсу:*

а) Тогда значение 100 p равно …

б) Вероятность того, что среди продукции, забракованной вследствие дефекта D, окажется и продукция, забракованная вследствие дефекта E, равна …

в) Установите соответствие между объемом N произведенной продукции и наиболее вероятным количеством изделий, бракованных только вследствие дефекта D.

1. N=100
2. N=200
3. N=500

Правильный ответ на вопросы кейса требует от студента знаний, умений и навыков, обеспечивающих способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7). К их числу относятся:

- знания основ предметной области: основных подходов к решению вероятностных и статистических задач творческого характера, задач повышенной сложности;

- умение самостоятельно получать информацию для решения вероятностных и статистических задач творческого характера, задач повышенной сложности;

- навыки самостоятельного решения задач: самостоятельное конструирование решения вероятностных и статистических задач творческого характера; применение знаний в нестандартной ситуации.

Таким образом, творческая и креативная составляющая, заключенная в решении кейсов, позволяет формировать общекультурную компетентность будущего бакалавра в области инфокоммуникаций. При этом творческий потенциал кейс-метода настолько высок, что его применение оправдано не только для естественных, но и гуманитарных наук. Так, например, кейс-метод эффективно используется для обучение иностранному языку в неязыковом вузе и направлен на формирования следующей общекультурной компетенции в соответствии с ФГОС ВО+: «способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия» **[6]**.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Твардовская А.А.* Пути формирования общекультурной компетенции в системе высшей школы // Педагогическое образование в России: прошлое, настоящее и будущее: сборник международной научно-практической конференции. Казань, 2012. С. 193-197.
2. *Ежова Т.В.* Формирование общекультурной компетентности студентов в образовательном пространстве вуза: Дисс…канд. пед. наук:13.00.01: Оренбург, 2003.
3. *Докучаев С.А., Костецкая Г.С.* Кейс-метод как эффективное средство формирования общепрофессиональной компетенции бакалавров в области инфокоммуникаций при изучении математических дисциплин. - Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. Т. 1. № 9. С. 468-471.
4. *Докучаев С.А., Костецкая Г.С.* Интерактивные методы обучения бакалавров в области инфокоммуникаций по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика». - Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. Т. 1. № 9. С. 465-468.
5. *Седова Н.С.* Использование метода кейсов в процессе развития стохастической компетентности будущего учителя математики. / Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронное научное издание 2011. №9 (сентябрь). ART 1645. URL: **http://emissia.org/offline/2011/1645.htm** (дата обращения 19.03.2018)
6. *Докучаев С.А., Костецкая Г.С., Светличная Н.О.* О формировании общепрофессиональной компетенции бакалавров в области информационных технологий и вычислительной техники при изучении общенаучных дисциплин (на примере кейс-метода). - Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 276-279.

**К.Д. Грабовый, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский**

# ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: обучающая программа, soket- технологии, информационные технологии, дистанционное обучение, серверная часть.

Представлена разработка клиент-серверной распределенной системы для обучения программированию. Характерной, отличительной чертой исследования считается то, что она состоит из серверной и клиентской частей, размещаемых на разных ПК. Это дает возможность весь обучающий контент сконцентрировать на серверной части и облегчить его обработку и доступ к нему.

**K.D. Grabovy, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky**

# LEARNING SYSTEM BASED ON CLIENT-SERVER TECHNOLOGY

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: training program, soket- technologies, information technologies, distance learning, server part.

The development of a client-server distributed system for teaching programming is presented. A characteristic, distinctive feature of the study is that it consists of a server and client parts that are hosted on different PCs. This makes it possible to concentrate all the training content on the server part and facilitate its processing and access to it.

Признаком современного стиля обучения является то, что для освоения нового материала обучаемые неизменно прибегают к использованию Internet. Таким образом, в силу вступает новая тенденция обучения, основанная на развитии открытого, дистанционного образования, технологической основой которого являются информационные и телекоммуникационные технологии [1, 2]. Все чаще в образовании используются те или иные электронные средства обучения. При этом, обучающий контент, как правило, встраивается в такие разработки и составляет с ними одно целое. В такой форме изготовления обучающих ресурсов есть один очень серьезный недостаток – они не удобны в использовании на мобильных устройствах потому, что очень требовательны к их производительности и количеству свободной памяти. Поэтому, представленная разработка обучающей клиент-серверной системы является актуальной и востребованной.

В качестве языка программирования был выбран универсальный язык высокого уровня (ЯВУ) C# [3]. Он имеет возможность решения широкого класса задач, а также позволяет создавать распределенные вычислительные системы, используя технологию сокетов.

Сокеты- это концепция сетевого программирования, когда существуют два вида «программных разъемов»- сокетов: клиентские и серверные.

Серверный сокет как розетка, которая «висит на стене» готовая к работе, в ожидании, когда к ней подключат штекер. Точно так же серверный сокет переходит в режим ожидания подключения на определенном адресе и определенном порту.

Клиентский сокет как вилка, которую втыкают в розетку. Как только клиент подключается к серверному сокету, информация начинает передаваться между ними.

Серверная часть системы разработана в консольном проекте среды разработки Visual Studio. Структурная схема всей обучающей клиент-серверной системы показана на рисунке 1.

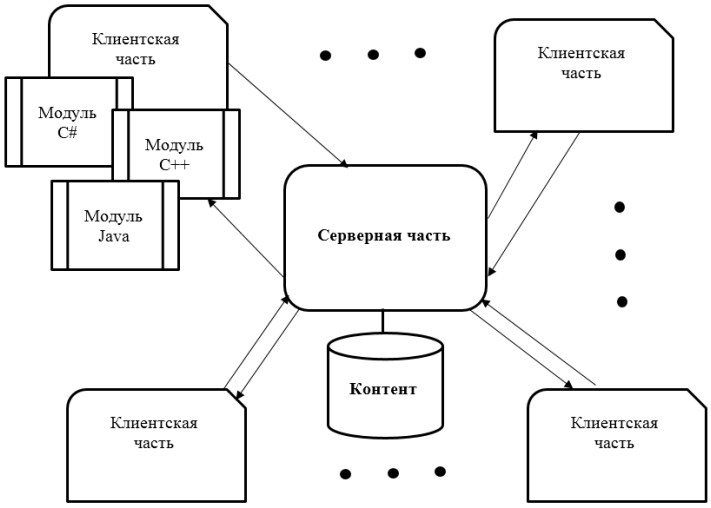



Рисунок 1- Структура клиент-серверной обучающей системы

Для создания клиент-серверного взаимодействия был разработан и запущен в режим «прослушивания» TCP-IP сервер (листинг 1).

Листинг 1- Серверный слушатель подключения клиентов

```
TcpListener listner;

    public Program(int Port)
    {
        listner = new TcpListener(new IPEndPoint(IPAddress.Parse("127.0.0.1"), Port));
        listner.Start();
        Console.WriteLine("Сервер запущен, ожидает подключений...");
. . .
}
```

Соединения для новых клиентов создавались в многопользовательском режиме (листинг 2).

Листинг 2- Метод создания нового TCP соединения для нового клиента

```
static void clientThread(Object StateInfo)
    {
      new Client((TcpClient)StateInfo);
    }
```

Созданный таким образом многопоточный сервер с указанным протоколом обеспечивает одновременное подключение более чем 100 пользователей. Это проверено практически и система сбоев не давала. Этого количества одновременных подключений достаточно, чтобы обеспечить обучающими материалами не менее 3-х учебных групп среднего размера (обычно до 30 человек).

При каждом сеансе соединения клиенты отправляют запросы на необходимый контент, а сервер отправляет их через сеть в бинарном виде пользователям. При этом, на серверной части отслеживаются пути размещения запрашиваемого контента (рисунок 2).

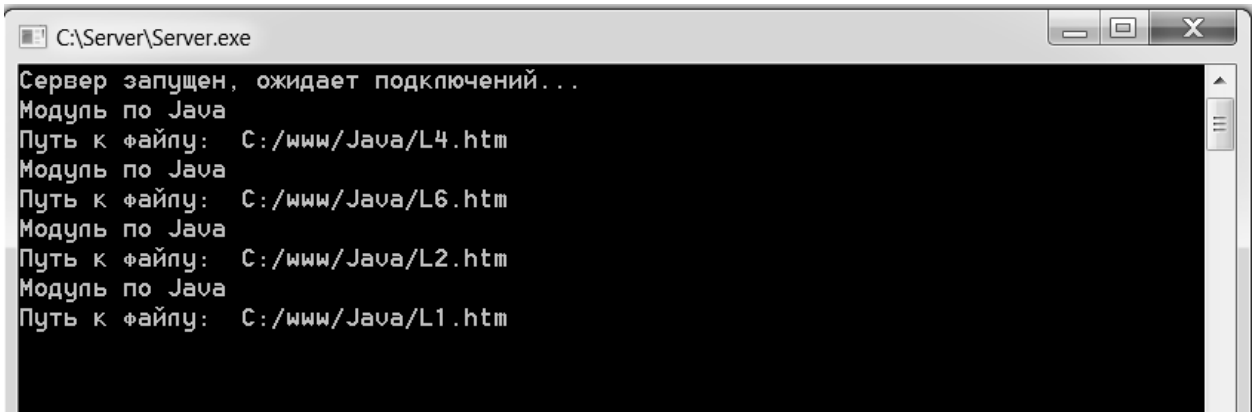



Рисунок 2- Отображение пути размещения контента

Т.о., разработанная клиент- серверная система позволяет хранить объемные материалы «на стороне» сервера, оптимизируя тем самым доступ к ним и информационную систему вцелом по минимуму требований к пользовательским станциям.

Ее сильными сторонами являются:

d) двухвариантное использование как в локальной информационной сети филиала, так и в сети Internet, что значительно упрощает доступ к обучающему контенту за счет централизации или индивидуального использования;
e) практическая часть модуля настроена на простые и понятные технические сообщения, отражающие процесс клиент-серверного взаимодействия;
f) приложение обладает минимальными аппаратно-программными требованиями к информационной системе, в которой будет размещаться и использоваться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grand Class. Дистанционное обучение. [Электронный ресурс] URL: http://grandclass.net/
2. Дистанционные образовательные технологии. Филиал ВГУЮ. [Электронный ресурс] URL: https://rostov.rpa-mu.ru/distancionnoe-obuchenie.
3. *Фленов М.Е.* Ф69 Библия C#. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 560 с.

**С.А. Докучаев, Г.С. Костецкая**

## КЕЙС-МЕТОД КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕКУЛЬТУРНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ БАКАЛАВРОВ В ОБЛАСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: кейс-метод, общекультурные компетенции, инфокоммуникационные технологии

Рассматриваются особенности формирования общекультурной компетенции бакалавров по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» в условиях острой потребности отрасли инфокоммуникаций в активных, компетентных и самостоятельно принимающих решения специалистах. Описывается метод кейсов как одно из наиболее эффективных средств формирования общекультурной компетенции бакалавров в области инфокоммуникаций при изучении математических дисциплин.

**S.A. Dokuchaev, G.S Kostetskaya**

## CASE METHOD AS AN EFFICIENT TOOL TO FORM GENERAL CULTURAL COMPETENCES AT TEACHING MATHEMATICAL DISCIPLINES TO BACHELORS OF THE INFOCOMMUNICATION INDUSTRY

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: case method, general cultural competence, infocommunication technologies

The work considers some peculiarities of forming general cultural competences of bachelors of "Infocommunication technologies and communication systems" program in the conditions of critical need for active, competent and independently decision-making specialists in the infocommunication industry. The case study method is described as one of the most effective strategies to form general cultural competences at teaching mathematical disciplines to bachelors of the infocommunication industry.

Современная отрасль связи и инфокоммуникаций испытывает острую потребность в активных, компетентных специалистах, способных самостоятельно принимать решения и готовых взять на себя ответственность за их осуществление, умеющих ставить цели и конструировать пути их достижения. В этих условиях происходит смена приоритетов, становится возможным усиление культурообразующей роли образования, появляется новый идеал студента — «человека культуры», обладающего общекультурной компетентностью. Будущий специалист формируется, не столько потребляя ценности культуры, сколько обучаясь умению и способности транслировать эти ценности в своей профессиональной деятельности **[1]**.

Общекультурные компетенции в подготовке бакалавров в области инфокоммуникаций выступают как профессионально значимые, овладение которыми помогает выпускникам быстро и экономно адаптироваться к непрерывно меняющимся условиям. Именно общекультурная компетентность определяет активную жизнедеятельность человека, его способность ориентироваться в различных сферах социальной и профессиональной жизни. Не будет преувеличением утверждать, что профессиональная компетентность бакалавров в области инфокоммуникаций является производным компонентом от их общекультурной компетентности **[2]**.

Общекультурные компетенции бакалавра в техническом вузе развиваются, прежде всего, в процессе освоения дисциплин гуманитарного, естественнонаучного направления, а также социально-экономических дисциплин. В данной статье мы остановимся на некоторых особенностях формирования общекультурной компетенции ОК-7, т.е. способности к самоорганизации и самообразованию, при изучении математических дисциплин. Нам представляется, что одним из наиболее эффективных средств для овладения данной способностью является кейс-метод **[3]**.

Суть кейс–метода состоит в том, что усвоение знаний и формирование умений есть результат активной самостоятельной деятельности обучающихся по разрешению противоречий, в результате чего и происходит творческое овладение профессиональными знаниями, навыками, умениями и развитие мыслительных способностей **[4]**. Если метод кейсов применяется в учебном процессе многократно, то у студентов вырабатываются навыки решения практических задач, анализа жизненных ситуаций, определения задачи, которая требует решения, оценивать полученный результат, давать оценку своей деятельности в процессе решения **[5]**.

Приведем пример использования кейс-метода на практическом занятии по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика». В ходе занятия по теме «Основные теоремы теории вероятностей» студентам предлагается следующая задача кейса.

***Задача кейса.*** Брак при производстве некоторого изделия вследствие дефекта D составляет 11%, а вследствие дефекта E – 12%. Процент годной продукции составляет

86%. Пусть p – вероятность того, что случайно взятое изделие будет признано бракованным как вследствие дефекта D, так и вследствие дефекта E.

*Вопросы к кейсу:*

а) Тогда значение 100 p равно …

б) Вероятность того, что среди продукции, забракованной вследствие дефекта D, окажется и продукция, забракованная вследствие дефекта E, равна …

в) Установите соответствие между объемом N произведенной продукции и наиболее вероятным количеством изделий, бракованных только вследствие дефекта D.

1. N=100
2. N=200
3. N=500

Правильный ответ на вопросы кейса требует от студента знаний, умений и навыков, обеспечивающих способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7). К их числу относятся:

- знания основ предметной области: основных подходов к решению вероятностных и статистических задач творческого характера, задач повышенной сложности;
- умение самостоятельно получать информацию для решения вероятностных и статистических задач творческого характера, задач повышенной сложности;
- навыки самостоятельного решения задач: самостоятельное конструирование решения вероятностных и статистических задач творческого характера; применение знаний в нестандартной ситуации.

Таким образом, творческая и креативная составляющая, заключенная в решении кейсов, позволяет формировать общекультурную компетентность будущего бакалавра в области инфокоммуникаций. При этом творческий потенциал кейс-метода настолько высок, что его применение оправдано не только для естественных, но и гуманитарных наук. Так, например, кейс-метод эффективно используется для обучение иностранному языку в неязыковом вузе и направлен на формирования следующей общекультурной компетенции в соответствии с ФГОС ВО+: «способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия» **[6]**.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Твардовская А.А.* Пути формирования общекультурной компетенции в системе высшей

**С.А. Докучаев, Г.С. Костецкая, Н.О. Светличная**

# ОСОБЕННОСТИ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ БАКАЛАВРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОБЩЕНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН В КОНТЕКСТЕ ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПАРАДИГМЫ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: проблемно-ориентированное обучение, личностно-ориентированная образовательная парадигма, синергетический подход, компетентностный подход, междисциплинарные связи.

Особенности проблемно-ориентированного обучения бакалавров при изучении общенаучных дисциплин рассматриваются в контексте перехода от традиционной к личностно-ориентированной парадигме образования. Подчеркивается важность различных подходов к проблеме обучения бакалавров в свете требований, предъявляемых современным рынком труда. Анализируются междисциплинарные связи общенаучных и профессиональных дисциплин учебного плана по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

**S.A. Dokuchaev, G.S. Kostetskaya, N.O. Svetlichnaya**

# SOME PECULIARITIES OF PROBLEM-BASED LEARNING OF BACHELORS AT TEACHING GENERAL SCIENTIFIC DISCIPLINES IN THE CONTEXT OF PERSON ORIENTED EDUCATION PARADIGM

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: problem-based learning, person oriented education paradigm, synergetic approach, competence approach, interdisciplinary links.

Some peculiarities of problem-based learning of bachelors at teaching general scientific disciplines are considered in the context of transition from traditional to person oriented education paradigm. The significance of applying different approaches to bachelors teaching is emphasized in view of requirements declared by actual labor market. The work offers an analysis of interdisciplinary links between general scientific and professional disciplines of a curriculum for “Infocommunication technologies and communication system” specialty.

Современные тенденции развития информационной цивилизации предъявляют новые требования к выпускникам высших учебных заведений, которые должны не только владеть профессиональными знаниями и формализованными навыками, но также являться активными и сознательными субъектами социокультурного пространства. Основной задачей высшего образования является подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, обладающего высокой профессиональной компетентностью и профессионально важными качествами личности, готового к постоянному профессиональному росту, способного к социально-экономической адаптации. В настоящее время при приеме на работу наблюдается тенденция учитывать особенности личности. Сегодня от специалистов требуется активность, самостоятельность, гибкость, нестандартность мышления, общая и профессиональная культура.

В этой связи важнейшей задачей, стоящей перед вузами, является нахождение эффективных методов подготовки будущего бакалавра к практической деятельности в соответствии с актуальными требованиями современного общества.

При обучении студентов уже с начальных курсов требуется учитывать потребность будущего бакалавра владеть своей профессией и ориентироваться в смежных областях деятельности и строить содержание образовательного процесса с учетом междисциплинарных связей. Наиболее эффективным способом достижения данной задачи является применение проблемного обучения, где применение знаний из смежных дисциплин будет реализовано наиболее естественным образом, в сочетании с личностно-ориентированным подходом, который стимулирует личностное развитие студентов, их возможности, склонности, интересы.

Проблемное обучение как развивающее обучение позволяет студентам усвоить новые знания и приобрести навыки и умения творческой деятельности. Настоящая проблема всегда связана с жизненными реалиями / наукой, она содержит явное противоречие, не имеет окончательного ответа на главный вопрос проблемы и, следовательно, требует поисковой, исследовательской работы. Проблемная задача предполагает ряд действий, для ее решения студенту нужно самостоятельно провести частичный поиск [1].

Согласно ФГОС ВО+ обучение иностранному языку в неязыковом вузе направлено на формирование коммуникативной компетенции «способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия» [2], подразумевающей её реализацию в областях социально-бытового и профессионального общения. Проблемно-ориентированный подход способствует интегрированию учебного процесса с наукой, проблемами реальной действительности и жизненным опытом обучающихся. Личностно-ориентированная направленность обучения требует использования проблемных творческих заданий как индивидуального, так и группового характера.

Применение данного подхода целесообразно для занятий по темам: прогрессивные движения и социальные организации, международное сотрудничество, коммуникации и интернет, слияние ИТ и телекоммуникаций, общество и технологии. Отработка данных тем предполагает игровую форму занятия, в которой принимают участие все студенты, независимо от их индивидуального уровня знания иностранного языка. Чтобы участие каждого студента было посильным и комфортным, им предлагается самостоятельно

выбрать свою роль, а также способы ее реализации. Здесь приветствуется широкое применение информационных и коммуникативных технологий, которые помогают не только разнообразить форму презентации материала, но и способствует развитию у студентов дополнительных навыков и умений. Среди них следует отметить такие, как работа с использованием различных компьютерных программ (текстовых, графических, табличных, вычислительных и т.д.), поиск информации в Интернете, электронная обработка данных и использование коммуникационных средств интернета для обмена результатами исследования и дистанционного общения.

Применение проблемного обучения обусловливает использование диалогичных, парных, групповых, игровых форм работы на занятиях. Студентам предоставляется определенная свобода для принятия самостоятельных решений, творчества, выбора содержания и способов учения. Самостоятельность учащихся в процессе обучения зачастую выражается в определении целей и задач курса самими обучаемыми, в выборе приёмов, которые являются для них предпочтительными при выполнении предлагаемых заданий.

Проблемное обучение и кейс-метод, как один из эффективных способов его реализации, используются для повышения мотивации к изучению математических дисциплин и закрепления полученных теоретических и практических знаний [3]. Так, например, в ходе лекций и практических занятий по дисциплине «Аналитическая геометрия и линейная алгебра» студенты рассматривают реальные примеры применения математических методов по направлению и профилю обучения, выявляют и подтверждают взаимосвязь изучаемой дисциплины с другими дисциплинами (таблица 1).

Таблица 1 - Междисциплинарные связи дисциплины «Аналитическая геометрия и линейная алгебра» с обеспечиваемыми дисциплинами

| Наименование обеспечиваемой дисциплины /модуля дисциплины | Модули дисциплины «Аналитическая геометрия и линейная алгебра» | | |
|---|---|---|---|
| | Модуль 1 Матричная и векторная алгебра | Модуль 2 Аналитическая геометрия на плоскости и в пространстве | Модуль 3 Линейные пространства и линейные операторы |
| Физика / Механика | + | | |
| Компьютерная графика / Основы начертательной геометрии | | + | |
| Теория электрических цепей / Основные законы и методы анализа цепей постоянного и переменного тока | + | | |
| Цифровая обработка сигналов / Цифровые сигналы. Общие сведения | | | + |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Устройства дискретной автоматики в системах управления / Общая теория абстрактных автоматов | + | | |
| Основы информационной безопасности сетей и систем / Криптографические методы защиты информации | + | + | |

Проблемно-ориентированное обучение направлено на формирование целостной модели будущей профессиональной деятельности студента. При этом знания, умения, навыки даются не как предмет для запоминания, а в качестве средства решения профессиональных задач [4].

Анализ результатов выполненной студентами работы требует от преподавателя комплексного подхода. Оцениваются не только продемонстрированные знания и умения по дисциплине, но также межпредметность и системность (т.е. умение студентов применять в ходе реализации проекта знания, полученные в процессе изучения различных дисциплин). Оценке подвергаются широта кругозора и способность студентов ориентироваться в проблемной ситуации, связывать ее с конкретными жизненными явлениями и фактами. Оценивается также способность студента взаимодействовать в коллективе при выполнении групповой работы и способность взаимодействия студента и преподавателя (для обучающегося важно выполнить поставленную задачу не только путем самостоятельного поиска и сбора информации, но и получая необходимые консультации от специалиста, ведущего учебный процесс).

Организация работы в аудитории таким образом, чтобы студенты с индивидуальными способностями и возможностями смогли реализовать свои личностные качества и сформировать необходимые навыки и умения в отношении изучаемой дисциплины без ущерба в освоении учебной программы, требует от преподавателя основательной подготовки к практическим занятиям, а от студентов определенного прилежания и ответственности. Поскольку осуществить это можно только через самостоятельную работу студентов с использованием компьютерных технологий.

Вывод. В арсенале проблемного обучения и личностно-ориентированного подхода такие методы и приемы, как актуализация субъектного опыта учащегося, диалога и полилога, приемы создания ситуации индивидуального и коллективного выбора, игровые методы являются действенными и необходимыми для подготовки бакалавров к практической деятельности в соответствии с актуальными требованиями современного общества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Докучаев С.А., Костецкая Г.С., Светличная Н.О.* О формировании общепрофессиональной компетенции бакалавров в области информационных технологий и вычислительной техники при изучении общенаучных дисциплин (на примере кейс-метода). - Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 276-279.

2. Федеральный государственный образовательный стандарт Высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень бакалавриата) [Электронный ресурс]. / URL: http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4/11 (дата обращения 27.03.2018)
3. *Докучаев С.А., Костецкая Г.С.* О междисциплинарном взаимодействии при обучении бакалавров в области инфокоммуникаций (на примере одной задачи математической физики). - Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2017. № 2. С. 279-282.
4. *Докучаев С.А., Костецкая Г.С.* Интерактивные методы обучения бакалавров в области инфокоммуникаций по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика». - Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. Т. 1. № 9. С. 465-468.
5. *Козьмина Н. А., Гуреева Л. В.* Реализации личностно-ориентированного подхода в обучении иностранному языку в неязыковом вузе [Текст] // Актуальные вопросы современной педагогики: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Уфа, март 2013 г.). — Уфа: Лето, 2013. — С. 158-160. — URL https://moluch.ru/conf/ped/archive/68/3565/ (дата обращения: 22.03.2018).
6. *Тютюнник В. Ю., Яковишена Н. Ю.* Личностно ориентированный подход в обучении иностранным языкам в высшей школе. Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского Серия «Филология. Социальные коммуникации» Том 25 (64) №1. Часть №2. С.242-247. [онлайн ресурс] – http://sn-philol.cfuv.ru/wp-content/uploads/2017/01/0452.pdf (дата обращения: 22.03.2018).

**И.В. Калиенко, И.А. Осипенко, В.И. Снежков**

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ПРЕДМЕТУ «ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: интегральная микросхема, ТТЛ, КМОП, амплитудная передаточная характеристика, логический элемент.

В статье рассматривается лабораторный практикум по предмету «Основы проектирования электронной компонентной базы», включающий три лабораторные работы. Эти лабораторные работы предназначены для приобретения студентами практических навыков работы с цифровыми мультиметрами и навыками электроизмерений; знакомства студентам с такой важной характеристикой логической микросхемы, как амплитудная переходная характеристика; приобретения навыков определения по графику амплитудной передаточной характеристики статических

параметров логического элемента. Описывается постановка лабораторных экспериментов с указанием схем, а также последовательность действий студентов при выполнении этих лабораторных работ.

**I.V. Kalienko, I.A. Osipenko, V.I. Snegkov**

## DEVELOPMENT OF A LABORATORY WORKSHOP ON THE SUBJECT "BASES OF ELECTRONIC COMPONENT DESIGN DESIGN BASIS"

Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Key words: integrated microcircuit, TTL, CMOS, amplitude transfer characteristic, logic element.

The article deals with a laboratory workshop on the subject "Fundamentals of designing an electronic component base", which includes three laboratory works. These laboratory works are intended for students to acquire practical skills in working with digital multimeters and electrical measurement skills; Student's acquaintance with such an important characteristic of a logic chip, such as amplitude transient response; acquisition of skills for determining the amplitude-transfer characteristic of the static parameters of a logical element from the graph. Describes the setting of laboratory experiments with the indication of schemes, as well as the sequence of actions of students in the performance of these laboratory works.

### Введение

Для практического освоения и закрепления курса «Основы проектирования электронной компонентной базы» предлагается практикум, включающий несколько разработанных лабораторных работ для обучения по направлению подготовки 11.03.07 – «Электроника и наноэлектроника».

Основой современной электронной компонентной базы является интегральная микросхема (ИМС). Самым распространённым типом интегральных микросхем являются полупроводниковые микросхемы. Соответственно, в курсе необходимо рассмотреть свойства логических микросхем [1,2]. Они описываются системой основных параметров и характеристик, которые принято делить на статические и динамические. В статических характеристиках отсутствует время в качестве аргумента функции. Основной статической характеристикой является амплитудная передаточная характеристика (АПХ) $U_{ВЫХ} = f(U_{ВХ})$ - зависимость потенциала (напряжения) на выходе от потенциала (напряжения) на одном из входов при постоянных значениях потенциала на остальных входах, обеспечивающих заданное функционирование логического элемента.

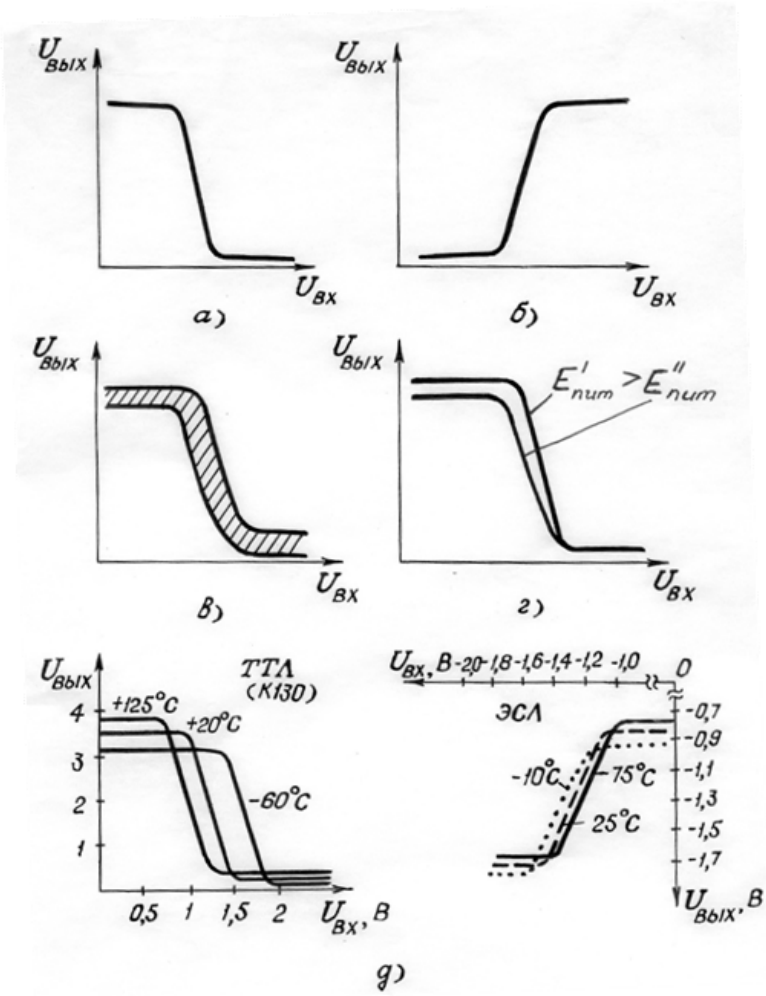



Рис.1 – Зависимость положения амплитудной передаточной характеристики от типа логического элемента, технологического разброса параметров, напряжения питания и температуры

Вид характеристики зависит от типа логического элемента (ТТЛ, КМОП, ЭСЛ) и может изменяться в определенных пределах в зависимости от разброса параметров схем, изменений напряжения, питания, нагрузки, температуры окружающей среды. По типу передаточной характеристики, цифровые схемы делятся на инвертирующие, на выходе которых образуется инверсия входных логических сигналов (элементы НЕ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ и др.), и неинвертирующие, на выходе которых образуется неинверсный логический сигнал (элементы И, ИЛИ и др.). Типичная передаточная характеристика инвертирующего логического элемента показана на рис. 1,а, неинвертирующего на рис. 1,б. На положение амплитудной передаточной характеристики, в значительной мере влияют технологический разброс параметров (рис.1,в), зависимость от напряжения питания (рис.1,г), зависимость (уход) от температуры (рис.1,д) [3]. В разработанных нами рядом лабораторных работ, как раз и рассматривается зависимость АПХ от типа логического элемента, изменения напряжения питания, температуры окружающей среды. Для этого нами были разработаны три лабораторные работы.

**Лабораторные работы**

В первой лабораторной работе рассматривается исследование амплитудной переходной характеристики инвертирующих и неинвертирующих микросхем ТТЛ. Данная

лабораторная работа содержит два задания. Первое задание: «Исследование инвертирующей амплитудной переходной характеристики в микросхеме ТТЛ К155ЛА2».

Для проведения этих исследований была выбрана микросхема К155ЛА2. Выбор обусловлен тем, что в корпусе этой микросхемы расположен только один восьмивходовый логический элемент 8И-НЕ [4]. Тогда входное напряжение подаём на один (любой) вход (например 2). Остальные входы оставляются свободными. Для микросхем ТТЛ свободный вход означает подаче на него логической 1, что соответствует логике работы микросхем И-НЕ.

Соответственно схема лабораторной установки будет иметь следующий вид

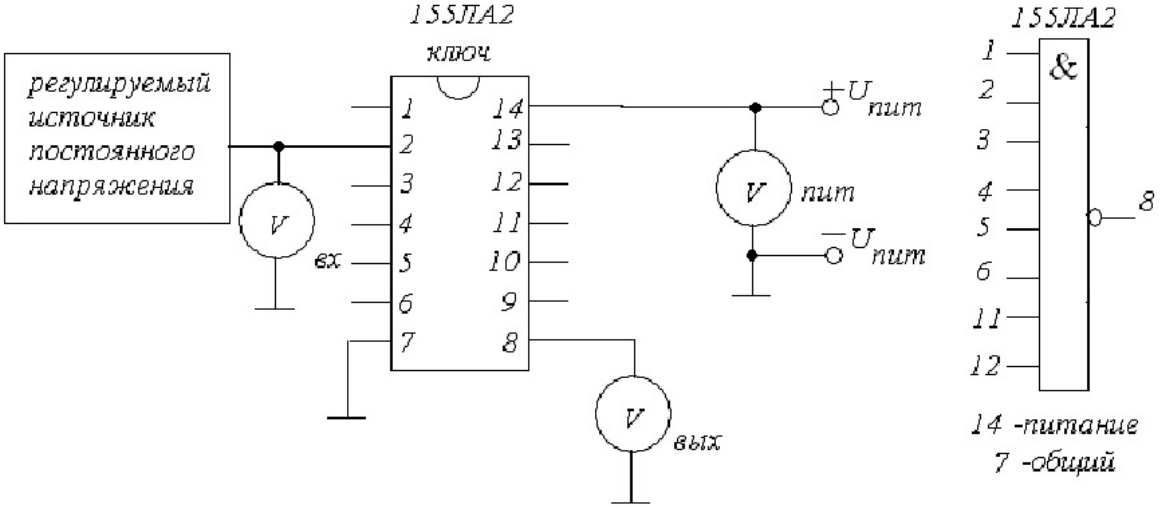



Рисунок 1 – Подключение микросхемы К155ЛА2 для определения амплитудной переходной характеристики

В микросхеме ТТЛ напряжение питания установить Uпит=5В. Подавать на вход микросхемы входное напряжение от 0 до 5 В. При этом измерять напряжение на выходе, результаты заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Зависимость Uвых от Uвх в микросхеме К155ЛА2

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Входное напряжение Uвх,В | | | | | | | | | | | |
| Выходное напряжение Uвых,В | | | | | | | | | | | |

По результатам таблицы 1 строится график зависимости Uвых=f(Uвх), а затем по этому графику амплитудной передаточной характеристики Uвых=f(Uвх), определяются статические параметры логического элемента для этих микросхем.

Логические напряжения

$$U^0_{ВЫХ} = U^0_{ВХ} =____\text{В};$$
$$U^1_{ВЫХ} = U^1_{ВХ} =____\text{В}.$$

Логический перепад является разностью уровней единицы и нуля. Для ненагруженного логического элемента

$$U_Л = U^1_{ВЫХ} - U^0_{ВЫХ} = ____ \text{ В.}$$

Пороговые напряжения логического нуля и логической единицы

$$U^1_{ПОР} = ____ \ В$$

$$U^0_{ПОР} = ____ В.$$

Помехоустойчивость к положительным помехам

$$U^+_П = ____ \text{В.}$$

Помехоустойчивость к отрицательным помехам

$$U^-_П = ____ \text{ В.}$$

Полученные результаты заносятся в таблицу 2.

Таблица 2 — Статические параметры логических элементов исследуемых микросхем.

| Микросхема | Логические напряжения | | Логический перепад | Пороговые напряжения | | Помехоустойчивость | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $U^0_{ВЫХ}$ | $U^1_{ВЫХ}$ | | $U^1_{ПОР}$ | $U^0_{ПОР}$ | к положительным помехам | к отрицательным помехам |
| К155ЛА2 | | | | | | | |
| *КМ155ЛИ1* | | | | | | | |

Второе задание: «Исследование неинвертирующей амплитудной переходной характеристики в микросхеме ТТЛ КМ155ЛИ1». Микросхема КМ155ЛИ1 содержит 4 двухвходовых элемента И [4]. Соответственно схема лабораторного установки будет иметь следующий вид

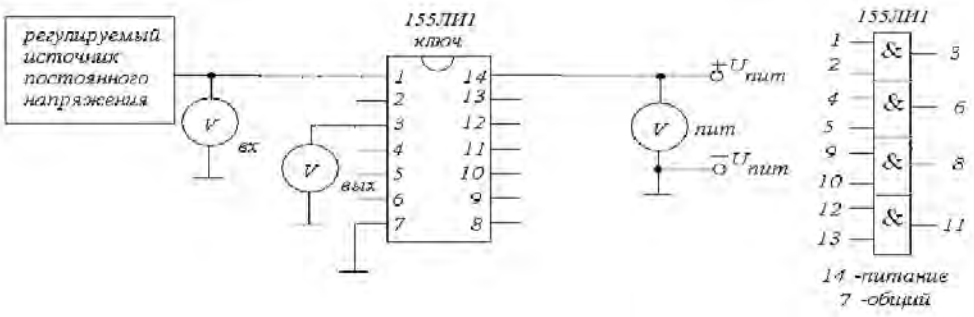



Рисунок 2 – Подключение микросхемы КМ155ЛИ1 для определения амплитудной переходной характеристики

Студентам необходимо в схеме лабораторной установки напряжение питания микросхеме ТТЛ установить Uпит=5В и подавать на вход микросхемы входное напряжение от 0 до 5 В. При этом измерять напряжение на выходе. Результаты занести в таблицу 2 идентичную таблице 1 и по результатам таблицы 2 построить график зависимости Uвых=f(Uвх). По графику амплитудной передаточной характеристики Uвых=f(Uвх), определить статические параметры логического элемента для этих микросхем: логические напряжения, логический перепад, пороговые напряжения логического нуля и логической единицы, помехоустойчивость к положительным помехам и помехоустойчивость к отрицательным помехам, так же как и в первом задании. Затем полученные результаты занести в таблицу 3 и сравнить статические параметры, полученные для микросхемы К155ЛА2 и КМ155ЛИ1.

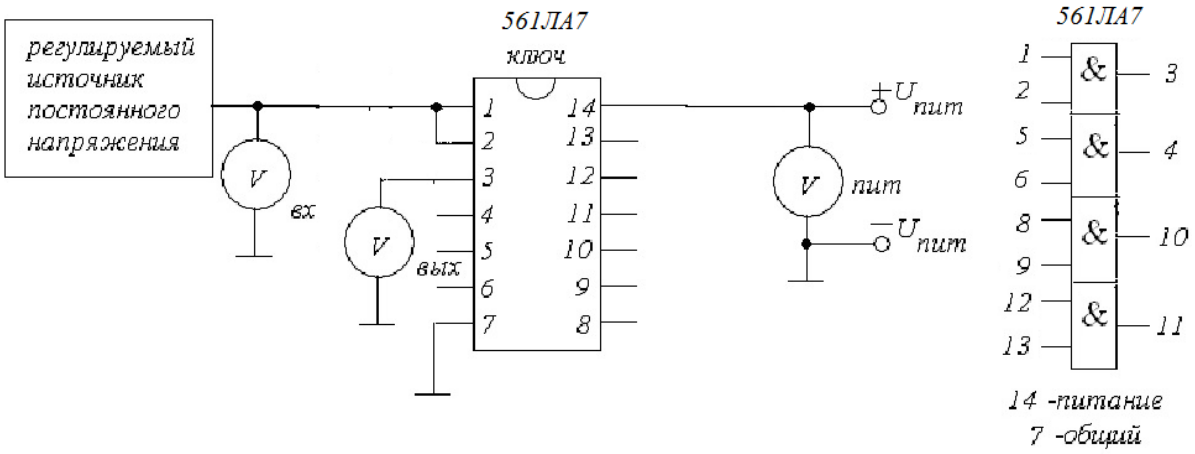



Рисунок 3 – Подключение микросхемы К561ЛА7 для определения амплитудной переходной характеристики

Во второй лабораторной работе рассматривается исследование амплитудной переходной характеристики микросхем КМОП для различных напряжений. Данная лабораторная работа содержит два задания. Первое задание: «Исследование инвертирующей амплитудной переходной характеристики в микросхеме КМОП К561ЛА7 при напряжении питания Uпит=5 В».

Микросхема К561ЛА7 содержит 4 двухвходовых элемента И-НЕ [4]. Соответственно схема лабораторной установки будет иметь следующий вид см. рисунок 3.

Входное напряжение подавать на любых два входа (например 1 и 2). Остальные входы оставлять свободными. В микросхеме КМОП напряжение питания установить Uпит=5В. Подавать на вход микросхемы входное напряжение от 0 до 5 В. При этом измерять напряжение на выходе, результаты занести в таблицу 4 аналогичную таблице 1 и по результатам таблицы 4 строится график зависимости Uвых=f(Uвх). Затем по этому графику амплитудной передаточной характеристики Uвых=f(Uвх), определить статические параметры логического элемента для этих микросхем: логические напряжения, логический перепад, пороговые напряжения логического нуля и логической единицы, помехоустойчивость к положительным помехам и помехоустойчивость к отрицательным помехам, так же как и в первом задании первой лабораторной работы.

Второе задание «Исследование инвертирующей амплитудной переходной характеристики в микросхеме КМОП К561ЛА7 при напряжении питания Uпит=10 В». Поскольку микросхема для лабораторного опыта прежняя, то схема лабораторной установки будет прежней см. рисунок 3. Отличие состоит в том, что теперь в микросхеме КМОП напряжение питания необходимо установить Uпит=10 В. Подавать на вход микросхемы входное напряжение от 0 до 10 В. При этом измерять напряжение на выходе, результаты занести в таблицу 5 аналогичную таблице 1 и по результатам таблицы 5 построить график зависимости Uвых=f(Uвх). Затем по этому графику амплитудной передаточной характеристики Uвых=f(Uвх), определяются статические параметры логического элемента для этих микросхем: логические напряжения, логический перепад, пороговые напряжения логического нуля и логической единицы, помехоустойчивость к положительным помехам и помехоустойчивость к отрицательным помехам, так же как и в первом задании первой лабораторной работы. Результаты заносятся в таблицу 6 аналогичную таблице 2. По окончании лабораторной работы студенты должны сравнить АПХ микросхемы К561ЛА7 при различных питающих напряжениях 5 и 10 В соответственно, а также статические параметры микросхем при этих питающих напряжениях и сделать выводы.

Следующая лабораторная работа посвящена исследованию зависимости амплитудной переходной характеристики ТТЛ и КМОП микросхем от температуры. Данная лабораторная работа содержит три задания. Во всех трёх заданиях рассматривается исследование амплитудной переходной характеристики в зависимости от температуры окружающей среды. В первом задании это исследование проводиться для микросхемы ТТЛ К155ЛА2. Во втором для микросхемы ТТЛ КМ155ЛИ1 и в третьем для микросхемы КМОП К561ЛА7. Соответственно схемы лабораторных установок будут идентичны лабораторным установкам предыдущих лабораторных работ. Для микросхемы ТТЛ К155ЛА2 см. рисунок 1, для ТТЛ КМ155ЛИ1 см. рисунок 2, для КМОП К561ЛА7 см. рисунок 3. Также в микросхемах напряжение питания установить Uпит=5В. Подавать на вход(ы) микросхем входное напряжение от 0 до 5 В. При этом измерять напряжение на выходе. Результаты измерений необходимо провести при трёх различных значениях температуры окружающей среды: 1) при комнатной температуре; 2) t=50 °С; 3) t=70 °С. Нагревание микросхем осуществляется лампой накаливания. Для КМОП микросхемы К561ЛА7 во второй и третьей серии измерений лучше установить соответственно температуру t=60 °С и t=85 °С. Результаты серий измерений заносятся соответственно для микросхемы К155ЛА2 в таблицу 7, микросхемы КМ155ЛИ1 в таблицу 8 и микросхемы К561ЛА7 в таблицу 9 аналогичную таблице 1, но содержащую серию измерений для 3-х различных температур. Например, таблица 7 имеет следующий вид

Таблица 7 – Зависимость Uвых от Uвх в микросхеме К155ЛА2

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Входное напряжение Uвх,В | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Выходное напряжение Uвых,В при t=27 °С | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Выходное напряжение Uвых,В при t=50 °С | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Выходное напряжение Uвых,В при t=70 °С | | | | | | | | | | | | | | | | | |

По результатам таблицы 7,8,9 строятся графики зависимости Uвых=f(Uвх). По этим графикам амплитудной передаточной характеристики Uвых=f(Uвх), определяются статические параметры логического элемента для этих трёх микросхем при различной температуре и на основе полученных результатов заполняются таблицы 10,11,12 имеющие следующий вид

Таблица 10 — Статические параметры логических элементов микросхемы К155ЛА2.

| Микросхема | Логические напряжения | | Логический перепад | Пороговые напряжения | | Помехоустойчивость | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $U^0_{ВЫХ}$ | $U^1_{ВЫХ}$ | | $U^1_{ПОР}$ | $U^0_{ПОР}$ | к положительным помехам | к отрицательным помехам |
| К561ЛА7 при t=27 °С | | | | | | | |
| К561ЛА7 при t=50 °С | | | | | | | |
| К561ЛА7 при t=70 °С | | | | | | | |

По окончании лабораторной работы студенты должны сравнить вид АПХ микросхем при различных температурах, а также статические параметры микросхем при этих температурах отдельно для каждой микросхемы и на основе этих данных сделать выводы о влиянии температуры окружающей среды на статические параметры микросхем и вид АПХ.

**Заключение**

Нами были предложены методические рекомендации по проведению экспериментальных исследований и определению параметров и характеристик микросхем серий К155 и К561, которые позволяют: 1) привить студентам практические навыки работы с цифровыми мультиметрами и навыками электроизмерений; 2) познакомиться студентам с такой важной характеристикой логической микросхемы, как амплитудная переходная характеристика; 3) определять по графику АПХ статические параметры логического элемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беликова Т.С., Калиенко И.В., Осипенко И.А., Тимолянов К.А.* Лабораторная модель, имитирующая интегральные диодные структуры // Учебная физика. – 2016, №3, С. 39-43.
2. *Беликова Т.С., Воржев В.Б., Калиенко И.В., Осипенко И.А., Тимолянов К.А.* Определение средней статической потребляемой мощности логических микросхем // Электросвязь. – 2017, №11, С. 66-69.
3. *Безуглов, Д.А.* Цифровые устройства и микропроцессоры / Д.А. Безуглов, И.В. Калиенко – Ростов н/Д.; Феникс, 2006. – 480 с.
4. Цифровые интегральные микросхемы: Справочник / П. П. Мальцев, Н. С. Долидзе, М. И. Критенко и др. – Москва: радио и связь, 1994. – 240с.

**А.Н. Карлаш, П.И. Рыбалко**

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ И ОБУЧЕНИЯ В МАССОВЫХ ШКОЛАХ ДЕТЕЙ С ОСОБЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ

Ростовский государственный экономический университет (РГЭУ (РИНХ)),
г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: инклюзивное образование, особые образовательные потребности, система образования, дошкольное учреждение, ребёнок, школьное образование.

В статье рассматриваются особенности организации инклюзивного образования для детей с особенностями в развитии, а также способы выявления этих особенностей на ранних этапах развития ребёнка. Описаны требования к школьному, психическому и физическому обучению в учебных заведениях инклюзивного образования.

**A.N. Karlash, P.I. Rybalko**

## THE FEATURES OF THE PROCESS OF DEVELOPMENT AND LEARNING IN MAINSTREAM SCHOOLS OF CHILDREN WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS

Rostov state University of Economics (RSUE), Rostov-on-don, Russia

Keywords: inclusive education, special educational needs, education system, preschool, child, school education.

Annotation. The article discusses the features of the organization of inclusive education for children with special needs in development, as well as ways to identify these features in the

early stages of child development. The requirements for school, mental and physical education in educational institutions of inclusive education are described.

В последнее десятилетие в связи с господством определённой социально-политической обстановкой в стране произошел коренной перелом в ценностных ориентаций государства: произошло переосмысление права человека, ребенка, инвалидов; общество стало осваивать новую философию – необходимость признания неделимости общества на «полноценных» и «неполноценных», признание существования единого сообщества, которое состоит из разных людей с разнообразными проблемами. Также государство провозгласило политику, носящую антидискриминационный характер, по отношению к инвалидам. В этом аспекте можно отчётливо увидеть, что произошли изменения в оценке обществом и государством состояния системы специального образования и перспектив ее дальнейшего развития, оно характеризуется как кризисное.

В связи с этим на федеральном и региональном уровнях начали возникать инициативы, в соответствии с которыми в практику необходимо внедрить нетрадиционные методы психолого-педагогической коррекции, новые формы организации специального обучения, новые методики физического развития и т.д.

Уже в дошкольном возрасте дети с нарушениями в развитии часто неспособны справляться с требованиями программы детского сада и не могут достичь того уровня готовности к школьному обучению, который необходим на момент поступления в школу. У таких детей, как правило, одновременно с нарушениями различных психических функций также возникают проблемы с формированием речевой системы и оперированием элементами речи, что, в свою очередь, несомненно, ограничивает возможности овладевать речью более высокого уровня и усваивать сложные языковые закономерности. Также и отставание в физическом развитии становится в будущем причиной нетрудоспособности, а базовое физкультурное образование детей с ослабленным здоровьем сопряжено с освоением того минимума знаний, достаточного для повседневной жизни, формирования, прежде всего, жизненно необходимых двигательных навыков.

Поэтому, разумеется, своевременное выявление и коррекция нарушений у детей с особенностями в развитии именно в дошкольном возрасте являются необходимыми условиями подготовки этой категории детей к школьному обучению.[5, С. 56]

В настоящее время важнейшая задача коррекционной педагогики, специальной психологии и лечебной физической культуры - это решение такой проблемы, как воспитание и обучение детей с ограниченными возможностями здоровья. Действующая на сегодняшний день в нашей стране система специального образования, решает задачи, способствующие созданию наиболее благоприятных условий коррекции аномального развития ребенка, его социальной адаптации и которые будут возможны как в специальных коррекционных образовательных учреждениях, так и в условиях массового обучения.

Инклюзивное образование – образование, которое каждому ребенку, несмотря на некоторые имеющиеся особенности, предоставляет возможность быть включенным в общий процесс обучения и воспитания, что в итоге позволит человеку стать равноправным членом общества и снижает риски его сегрегации или изоляции [7, С. 29].

Главной основой инклюзивного образования является слоган, о том, что, если ты не включён, то, значит, исключён. Общеобразовательные школы и сады согласны принимать детей с особыми образовательными потребностями причём в независимости от их социального положения, физического, эмоционального и интеллектуального развития и готовы создавать им условия на основе приемов, которые ориентированы на потребности и возможности таких детей.

В настоящее время проблема развития инклюзивного образования в Российской Федерации находится под зорким вниманием всего общества, а не только отдельных социальных групп (родители, педагоги). Поэтому, наверняка, не случайно 2009 г. был объявлен годом равных возможностей. Значит, данная проблема была признана на государственном уровне.

Стоит отметить, что именно родители «особых» детей добиваются того, чтобы их детей включали в обычное детское общество. Скорее всего, это основано на том, что в системе специального образования, где хорошо отработана методика обучения детей с проблемами в развитии, слабо низком уровне находится развитие социальной адаптации ребенка в реальном социуме, поскольку по факту он (ребёнок) находится в изоляции [4, С. 85]. В таком случае, разумеется, что дети с особыми потребностями будут адаптироваться к жизни в общеобразовательных школах лучше, чем в специализированных. В частности, это заметно в области приобретения социального опыта.

К сожалению, и на современной этапе остается открытым вопрос о том, каким должен быть процесс организации и обучения «особых» детей в массовых школе. Это связано со специфичностью методик, неподготовленностью кадров, их нехваткой и т.д. [1, С. 125]

Необходима модель непрерывной образовательной вертикали, т.е. –сотрудничество образовательных учреждений: «Детский сад – Центр – Школа». Такая модель позволит применить системный подход к вовлечению детей с особыми потребностями в развитии в социум [6, С. 129].

Перед тем, как ребёнок поступит в школу, дошкольные учреждения обеспечивают педагогов определенной необходимой информацией о ребенке, например, сведениями об уровне его развития, потенциальных возможностях. По мере необходимости дошкольное учреждение может направить ребенка с родителями в ресурсный центр на психолого-медицинское обследование с целью определения наиболее точного образовательного направления.

Педагоги, набирающие 1-й класс, знакомятся со своими потенциально возможными учениками и особенностями их развития, приглядываются к ним в ходе занятий в дошкольном учреждении, обдумывают и проводят составление дальнейшего плана персональной работы с данными учениками, что является залогом успешности всего образовательного процесса в дальнейшем. [2, С. 184]

Например, в случае, если «особый» ребенок не посещает детский сад, то может возникнуть риск того, что будет неправильно определён образовательный маршрут. Педагоги, не зная об особых образовательных потребностях ребенка, будут предъявлять к нему равные требования с другими детьми по овладению образовательными стандартами, что, несомненно, ведёт к возникновению противоречий между предъявляемыми требованиями и возможностями ребенка. По этой причине у ребёнка можно наблюдать снижение мотивации к обучению, трудности в обучении и т.п.[3, С. 27]

К сожалению, в детских поликлиниках крайне редко проводят полную и реальную диагностику психического развития ребенка. И что не менее печально, нередко сами родители стараются скрыть от школ и детских садов наличие инвалидности или проблем в здоровье ребенка из-за боязни потерять место в образовательном учреждении.

Кроме того, необходимо проводить диспетчерские приемы для раннего выявления отклонений в развитии детей. Их должны осуществлять педиатр, клинический психолог и логопед-дефектолог, которые смогут определить главную проблему в развитии ребенка и дальнейший образовательный маршрут.[8]

Преподаватели школ инклюзивного образования готовы принимать «особых» детей будучи уверенными в том, что в лице специалистов данного учреждения, ресурсных центров и т.п., а также родителей этих детей они будут иметь колоссальную поддержку. Причём следует учитывать, что администрация таких образовательных учреждений и преподавательский состав будут нести ответственность за организацию благоприятной среды, направленной на обучение и развитие каждого ребенка. [9, С. 80]

Образовательные учреждения с интегрированными классами решают такие задачи, как:

- создание условий единой психологически комфортной образовательной среды для детей, имеющих разные возможности;
- обеспечение диагностирования эффективности процессов адаптации и социализации детей с особенностями в развитии на этапе дошкольного и школьного обучения;
- компенсация недостатков дошкольного развития;
- постепенное повышение мотивации ребёнка на основе его личной заинтересованности и осознанного отношения к позитивной деятельности;
- охрана и укрепление физического и нервно-психического здоровья детей;
- создание условий для социально-трудовой адаптации школьников с особыми образовательными потребностями.

Представленный подход имеет важное значение для системы образования, в особенности, конечно, для начальных и средних школ. Предрассудки по отношению к людям с инвалидностью, а так же и ко многим другим меньшинствам, к счастью, не передаются по наследству. Люди обретают их лишь после столкновения с безразличием и предрассудками других людей. Следовательно, для того, чтобы избавится от дискриминации, необходимо начать с нашей системы образования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Абдуллина О. А*. Общепедагогическая подготовка учителя в системе высшего педагогического образования. – М.: Просвещение, 1990. – 141 с.
2. *Акимова М. К.* Индивидуальность учащегося и индивидуальный подход. – М.: Школьные технологии, 2002. – с. 183–187.
3. *Бондаревская Е. В*. Личностно ориентированное образование: опыт разработки парадигмы. – Ростов н/Д., 1997. – 28 с.
4. *Брунер Дж*. Процесс обучения. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 2002. – с. 83–87.
5. *Власова Т.А., Певзнер М.С*. О детях с отклонениями в развитии. М.: Просвещение, 1973. - 175 с.

6. *Бордовский Г.А., Никитина М.И.* Интегрированное обучение: проблемы и перспективы: Материалы международного семинара. – СПб.: Образование, 1996. - с. 129-130.
7. *Ковалев Е.В., Староверова М.С.* Образовательная интеграция (инклюзия) как закономерный этап развития системы образования. – М.: Центр «Школьная книга», 2010. - 272 с.
8. Концепция модернизации российского образования на период до 2010 года. – М.: Просвещение, 2010.
9. *Тихомирова Л. Ф.* Трудности реализации инклюзивного образования детей с ограниченными возможностями здоровья и пути их преодоления // Ярославский педагогический вестник. – 2013. - № 2. – с. 78–81.

**Б.Б. Конкин**

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДЕЙСТВИИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: контрольно-обучающая программа, тренажер, компьютерная модель, индивидуальное образование, рейтинговая система, тестирование.

В работе показа роль компьютерных технологий, способствующих развитию навыков самостоятельной работы студента, проявлению заинтересованности в обучении и более глубокому пониманию изучаемой дисциплины.

**B.B. Konkin**

## COMPUTER TECHNOLOGY IN ACTION

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: control and training program, training tool, computer model, individual education, rating system, testing.

The work shows the role of computer technologies that contribute to the development of student’s skills of independent work, motivate interest in learning and allow better understanding of the studied discipline.

Современное общество стимулирует поиск, разработку и воплощение в жизнь новых методов и способов, направленных на скорейшее достижение конечного позитивного результата. Поэтому внедрение индивидуальных программ [1] обучения в вузах представляется сегодня доминантой в формировании высококвалифицированных специалистов, способных самостоятельно и быстро находить наиболее эффективные решения поставленных задач. Обеспечить индивидуальный подход в обучении позволяют, в частности, интерактивные контрольно-обучающие среды (комплексы). Многолетний опыт использования интерактивной среды «Курс физики» [2] показал неоспоримую свою эффективность, базирующуюся на многоуровневой сложности заданий, что, в свою очередь, позволяет изучать теоретический материал в широком его многообразии независимо от уровня предварительной подготовки обучаемого контингента.

Традиционно наибольшие затруднения в освоении курса общей физики у студентов вызывают темы, посвященные изучению разделов квантовой физики. «Курс физики» делает возможным поэтапное изучение соответствующих разделов с многовариантным повторением одних и тех же вопросов в различных интерпретациях, что способствует проявлению у студентов заинтересованности и, вместе с тем, более глубокому изучению предмета.

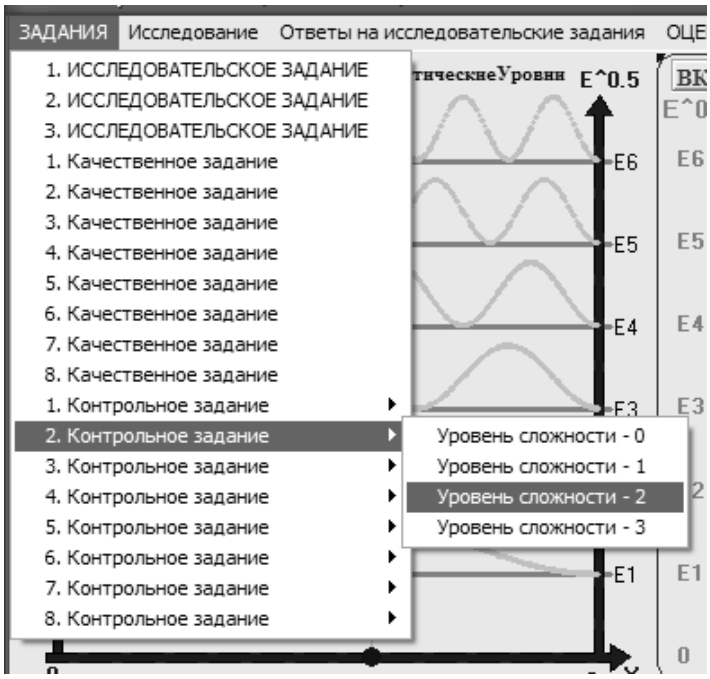
В настоящей публикации представлен один из основных элементов интерактивной среды, содержащий тренажер [3], качественные вопросы и контрольные испытания. Сложность и объем заданий могут варьироваться в зависимости от уровня подготовки пользователя. Главным элементом тренажера является компьютерная модель, дающая возможность студентам глубже понять и усвоить суть реальных физических процессов.

Задания подразделяются на три категории — исследовательские, качественные и контрольные. Целью исследовательских заданий является ознакомление студента с изучаемым явлением и возможностями интерфейса [4] при рассмотрении той или иной физической ситуации.

Методической особенностью качественных и контрольных заданий является наличие уровней сложности. Каждое качественное и контрольное задание имеет четыре уровня сложности: 0, 1, 2, 3 — от очевидного (0) до максимального (3). Выбор уровня представляется студенту. Это обеспечивает с одной стороны адаптацию программы под любой начальный уровень пользователя, а с другой — определяет степень усвоения материала.

Качественные задания (8 шт.) необходимо выполнить все. Их цель закрепить имеющиеся знания и стимулировать углубленное изучение теории. Программа [5] позволяет использовать различные методы достижения положительных результатов: аналитический, графический (рисунки масштабированы) или логический. Информация, необходимая для решения задачи, «добывается» студентом с элементов интерфейса. Удовлетворительный результат оценивается программой, как допуск к контрольным заданиям.

После нажатия кнопки "ЗАДАНИЯ" (см. рис.) на экране всплывает перечень заданий: ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ, КАЧЕСТВЕННЫЕ и КОНТРОЛЬНЫЕ. Первые три задания являются исследовательскими, и они не оцениваются. Цель исследовательских заданий: познакомить студента с изучаемым явлением и возможностями интерфейса при рассмотрении той или иной физической ситуации.




Например, **исследовательское задание №1**: Меняя значения главного квантового числа $n$ (панель «Выбор Начального Состояния») при заданном размере потенциального «ящика», следи за поведением модели и информацией «Панели Текущих Параметров».

Проверить свои ответы на исследовательские задания студент может, сравнивая их с правильными ответами. Это позволяет не только освоить интерфейс, но и разобраться в сущности рассматриваемого физического вопроса.

Качественные задания необходимо выполнить все и только один раз. На вопрос каждого задания приводится шесть вариантов ответа в виде текста или рисунков, один из которых является правильным. Удовлетворительный результат оценивается программой, как допуск к контрольным заданиям.

В зависимости от выбранного уровня сложности студент для получения допуска к выполнению контрольных заданий должен правильно ответить на 50 — 80% качественных заданий.

Например, к**ачественное задание 1**: Найди НЕПРАВИЛЬНОЕ утверждение. В физике микромира

– отсутствует понятие «траектория частицы»,
– основная характеристика состояния частицы — пси-функция,
– невозможно определить энергию частицы,
– невозможно одновременно и точно определить координату и скорость частицы,
– можно рассчитать вероятность пребывания частицы в том или ином состоянии,
– плотность вероятности пребывания частицы в том или ином состоянии равна $|\Psi(x)|^2$.

Каждое контрольное задание (всего 8) оценивается с учетом уровня его сложности и количества подходов к его выполнению. Правильно выполнить контрольное задание можно только один раз. Для получения оценки необходимо произвести не менее 8 попыток выполнения контрольных заданий.

Например, к**онтрольное задание 1**: «Определи энергию электрона в заданном состоянии (Дж). Дополнительная информация на панели текущих параметров. Ответ вводи в текстовое поле на панели ответов».

Уровень сложности — 0.

Для ответа на поставленный вопрос студент, используя «Панель текущих параметров», должен найти соответствующее число и ввести его на «Панель ответов». В итоге, выполнение задания оказывается очевидным и оценивается с коэффициентом всего 0,25.

Уровень сложности — 1.

Для ответа на тот же самый вопрос количество информации на «Панели текущих параметров» становится меньше. Теперь необходимы вычисления, для которых можно использовать калькулятор, всплывающий на экране по требованию пользователя. Оценка за достаточно легкое задание представляется с коэффициентом 0,5.

Уровень сложности — 2.

При этом информации на «Панели текущих параметров» становится еще меньше (не высвечивается «окно» «Энергия состояния, эВ»). Выполнить задание на этом уровне сложности трудно, и коэффициент равен 0,75.

Уровень сложности — 3.

При этом уровне сложности задания на «Панели текущих параметров» никакой информации нет. Для ответа на заданный вопрос студент должен осознавать его суть, знать формулу расчета энергии и уметь находить недостающую информацию, представленную на интерфейсе. Этот уровень сложности соответствует оценки с максимальным коэффициентом К=1.

Возможность многократного выполнения программы [6] на разных уровнях сложности, дублирования объекта (черновой – чистовой), постоянный мониторинг успешности стимулируют самостоятельную работу студентов и более глубокое освоение учебного материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Конкин Б.Б., Сафронов В.П., Ступаков В.Я.* О структуре контрольно-обучающей среды «Курс физики»// Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. «ИНФОКОМ-2013» / Материалы Международной НПК, 22-26 апреля 2013 г. Ростов н/Д. – ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ Ростов н/Д 2013, с. 416-422.
2. *Сафронов И.П., Конкин Б.Б., Ваган В.А.* О методике использования интерактивной обучающей среды «Курс физики» // Открытое и дистанционное образование. Томск, 2008. №3 (31). С. 52-55.
3. *Конкин Б.Б. Контрольно*-обучающая программа по физике // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики «ИНФОКОМ-2015»:, часть II. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2015, 348 с.
4. *Конкин Б.Б.* О необходимости компьютерных технологий в образовании. Инновационные процессы в современном мире // Материалы Международной научно-практической конференции (21-25 сентября 2016 г. Сочи — Ростов-на-Дону). - Ростов-на-Дону: Изд-во Фонд науки и образования, 2016 , с. 136 - 138.
5. *Конкин Б.Б., Сафронов В.П.*. Рейтинговая система оценки знаний в технических вузах и обучающие среды // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического

университета связи и информатики. Часть 2 «ИНФОКОМ-2014»: материалы междунар. науч.- практ. конф. СКФ МТУСИ 22-25 апр. / Ростов н/Д, 2014, с. 175-179.
6. *Конкин Б.Б.* Информационно-коммуникационные технологии в обучении // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, часть 2: материалы X-ой Междунар. науч.- практ. конф. «ИНФОКОМ-2017» 16-18 мая 2017 г. СКФ МТУСИ / ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ Ростов н/Д 2017, с. 314-317.

**А.Ю. Опарин**

## ТЕНДЕНЦИИ СТАНОВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА РОССИИ

Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности,
Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, информатизация и компьютеризация, информационное общество, ИКТ сектор, государственная поддержка.

В статье рассмотрены проблемы информатизации и компьютеризации современного общества, а также проблемы развития рынка инфокоммуникаций России.

**A.Yu. Oparin**

## TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF INFORMATION SOCIETY IN RUSSIA

International Academy of ecology and life safety Sciences, Rostov-on-don, Russia

Keywords: information technologies, Informatization and computerization, the information society, the ICT sector, government support.

The article considers the problems of Informatization and computerization of modern society and the problems of development of infocommunication market of Russia.

Информатизация, технологизация современного общества сыграли важную роль в современном обществе, это связано с тем, что процессы направляются на обеспечение всего общества информацией, а также, чтобы поданная информация представлялась своевременно и в полном объеме.

Экономическая среда является основополагающим фактором, определяющим современное развитие инфокоммуникаций и профессионального образования, а проблема высшего образования неотделима от «человеческого фактора» в современной стратегии управления любой деятельностью в обществе. Любой руководитель должен уметь оперативно принимать управленческие решения, а это невозможно без обработки, анализа информации. Информационные технологии служат удовлетворению потребностей

хозяйствующих субъектов, являясь обязательным составляющим общественного развития.

В связи с этим актуализируется проблема качественных характеристик труда и уровня квалификации. Формируется особый тип производства инноваций, отличительными черты которого динамизм структурного развития, наукоемкость производства и большая роль высококвалифицированного творческого труда. Это привело к тому, что производственная активность человека во все большей мере определяется уровнем инфокоммуникационной инфраструктуры общества.

Рынок инфокоммуникаций в РФ стремительно развивается. Достаточно интенсивно растет число корпоративных сетей и абонентов открытых мировых систем. Кроме этого, отмечается успешная телефонизация населения, расширение рынка средств сотовой связи.

Важной и определяющей составляющей информационной инфраструктуры в наше время, безусловно, является Интернет.

В нынешнее время в Интернете созданы и используются все популярные категории информационных услуг, существующие в мире, и это направление в ближайшее время не изменится. Использование сети Интернет двояко: можно получать образование, а можно и деградировать.

В следствие этого, актуальным выступает вопрос информационной безопасности, особенно в связи со все возрастающей угрозой со стороны международных террористических организаций.

Также причиной является разница между городским населением и сельским, их понятиями, скорости адаптации, профессиональными навыками. Понятно, что молодежь, которая выросла в информационной, машинизированной среде адаптируется намного быстрее, чем старшее поколение.

Стоит понимать, что изменения в жизни человека зачастую переносятся тяжело, а также что информационная цивилизация это необходимость XXI века.

В целях обеспечения динамичного и эффективного развития рынка инфокоммуникационных услуг необходимо совершенствовать механизмы государственной поддержки отрасли.

Одним из таких направлений является государственная программа «Информационное общество (2011-2020)» направленная на получение гражданами и организациями преимуществ от применения информационных и телекоммуникационных технологий.

Для этих целей необходимо, прежде всего, развивать систему высшего образования, стимулировать студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых на активизацию деятельности в сфере коммуникаций, создание новых программ и как следствие получение патентов на разработки этих программ.

Необходимо усилить роль государства в развитии и стимулировании разработок и исследований в сфере инфокоммуникаций, это актуально, прежде всего, для регионов не располагающими сырьевыми ресурсами.

Одним из современных выходов в становлении информационного общества России является автоматизированная система управления. АСУ постоянно модернизируют, находят оптимальные пути решения различных управленческих решений. Но одним из негативных моментов выступает различное программное обеспечение, что влечет затраты

предприятия, и здесь каждое предприятие решает дилемму: тратить ли средства на внедрение и модернизацию АСУ. Ответ на этот вопрос каждый руководитель делает свой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гончарова О.В.* Развитие инфкоммуникаций и становление информационного общества России // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2017.№ 1 (24). С. 122-125.
2. *Гончарова О.В.* Методология оценки конкурентоспособности инфокоммуникационного предприятия // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2015. № 2. С. 63-65.

**С.Р. Пан, И.В. Пугачев, В.Н. Трофименко**

## ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: микроконтроллеры, обучение, аппаратно-программные средства, платформа Arduino, лабораторная установка, время разработки приложений.

В настоящей работе предложена лабораторная установка по изучению микроконтроллеров и технологии разработки приложений для микроконтроллеров на основе платформы Arduino. Представленная установка позволяет сократить время создания проекта по сравнению со временем на создание проекта с использованием академического подхода. Представлена учебная программа управления светодиодами, реализуемая на лабораторной установке.

**S.R. Pan, I.V. Pugachev, V.N. Trofimenko**

## LABORATORY UNIT BASED ON ARDUINO PLATFORM

Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Key words: microcontroller, training, hardware and software, platform Arduino, the application development time, laboratory unit.

In the present work the laboratory installation on studying of microcontrollers and technology of development of applications for microcontrollers on the basis of the Arduino platform is offered. The presented installation allows to reduce the time of project creation in

comparison with the time of project creation using the academic approach. Presented educational program to control the LEDs, which is realized in laboratory settings.

Микроконтроллеры в настоящее время широко используются для управления техническими устройствами и технологическими процессами.

В вопросах изучения использования микроконтроллеров для управления различными объектами возможны два подхода:

– первый подход – академический, основанный на глубоком изучении архитектуры микроконтроллеров и технологии разработки приложений на их основе;
– второй подход – подход практиков и любителей, основанный на копировании готовых разработок и не предполагающий глубокого проникновения в архитектуру микроконтроллеров (по крайней мере, на начальном этапе постижения микроконтроллерной "грамотности").

Первый подход отличается, с одной стороны, более эффективным использованием ресурсов микроконтроллеров в конечном решении, но, с другой стороны, большим интервалом времени, необходимым для получения результата в виде первого самостоятельного проектного решения.

Второй подход позволяет получить быстрый результат для несложных проектов, но не самые эффективные решения для сложных устройств управления и длительное время отладки и настройки.

Должна быть некоторая условная «середина», чтобы, с одной стороны, не устать от ожидания результата и не разочароваться в нем, с другой стороны, не получить ничтожный результат по принципу "поспешишь – людей насмешишь". В разработке микроконтроллерных устройств управления, а так же в изучении технологии разработки такую срединную роль может играть платформа Arduino.

В интернете широко представлено множество учебных курсов, составленных, в первую очередь, как создателями аппаратно-программных средств на основе Arduino и AVR, пользователями этих средств, а также курсы дистанционного обучения микропроцессорной технике учебных заведений и собственно соответствующие учебные пособия [1-3].

Так называемый порог вхождения в аппаратно-программные средства на основе Arduino ниже, чем платформах на основе AVR-Studio, где для разработок необходимы знания архитектуры микроконтроллеров и языков программирования C++ и/или Ассемблера. У Arduino язык программирования устройств основан на C/C++, но имеет упрощённый синтаксис (правила грамматики в языках программирования) и относительно прост в освоении [4]. В настоящее время Arduino – одна из самых удобных платформ разработки устройств управления на микроконтроллерах. Плата Arduino содержит: микроконтроллер ATmega фирмы Atmel, схемы сброса, кварцевый резонатор, встроенный стабилизатор напряжения питания, USB-адаптер, обеспечивающий связь с ПК, встроенный программатор, средства для внутрисхемного программирования [5].

Платформа Arduino делает относительно простой разработку приложений на основе AVR-микроконтроллеров и имеет ряд преимуществ перед другими платформами с точки зрения обучения и освоения технологии разработки микроконтроллерных устройств:

– низкая стоимость – платы Arduino относительно дешевы по сравнению с другими платформами, готовые модули стоят несколько сотен рублей;
– кросс-платформенность – программное обеспечение Arduino работает под ОС Windows, Macintosh OSX и Linux;
– простая и понятная среда программирования – среда Arduino подходит как для начинающих пользователей, так и для опытных, С-подобный язык программирования Arduino может быть легко освоен студентами вузов;
– программное обеспечение с возможностью расширения и открытым исходным текстом выпускается как инструмент, который может быть дополнен опытными пользователями. Язык может дополняться библиотеками С++. Пользователи, желающие понять технические нюансы, имеют возможность перейти на язык С++ для программирования в среде AVR-Studio.;
– модули Arduino, представляют собой аппаратные средства с возможностью расширения и открытыми принципиальными схемами. Схемы модулей выпускаются с лицензией Creative Commons [6], а значит, опытные инженеры имеют возможность создания собственных версий модулей, расширяя и дополняя их. Даже обычные пользователи могут разработать опытные образцы с целью экономии средств и понимания работы [5].

Указанные выше достоинства могут быть определяющими при выборе объекта изучения и исследования, изучения и исследования технологий разработок на основе микроконтроллеров при ограниченности временного объема учебных курсов по микропроцессорной технике. Такая временная ограниченность характерна при переходе к бакалавриату, а также для специальностей, в которых электроника и микропроцессорная техника являются ознакомительными курсами.

И необходимо указать еще одну отличительную особенность платформы Arduino с точки зрения использования в учебном процессе. Это относительная дешевизна по сравнению с промышленным, "брендовым", лабораторным оборудованием. Так, например, лабораторная установка на основе NI MyRIO, выпускаемая National Instruments [7], опирается на программную среду Lab View. Стоимость NI MyRIO с программной средой Lab View в зависимости от состава модулей может достигать нескольких сотен тысяч рублей [7, 8]. Цена же одного лабораторного комплекта, включающего два Arduino Uno, макетную плату с соединительными проводниками, элементами индикации, управляющими переключателями обойдется менее десяти тысяч рублей.

На рис. 1 представлена фотография лабораторной установки, содержащей модуль Arduino Uno, подключаемый к ПК (ноутбуку), макетную плату с соединительными проводниками и парой светодиодов и кнопок на плате.

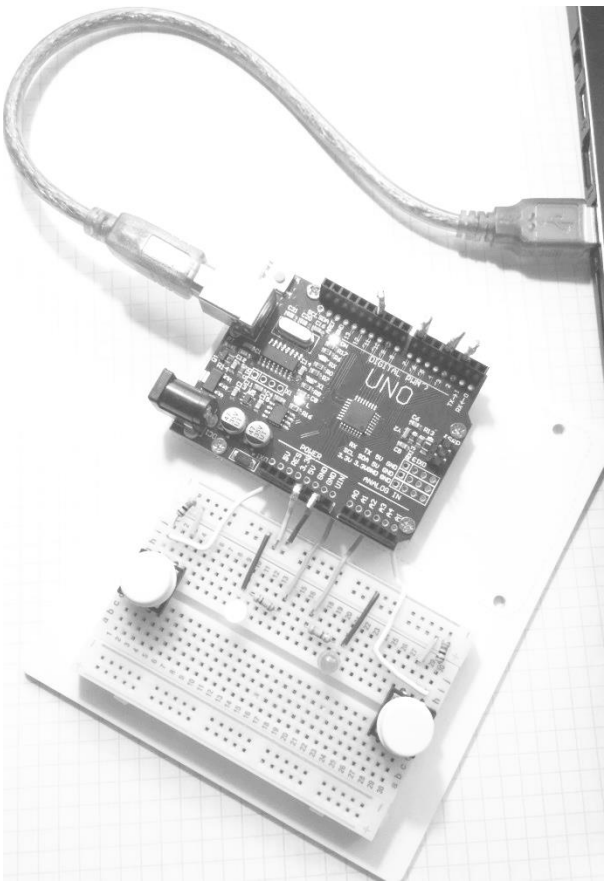



Рис. 1 – Плата лабораторной установки на основе Arduino

Ниже, в качестве примера представлен листинг учебной программы управления двумя светодиодами с помощью двух кнопок. Схема позволяет реализовать различные режимы работы мультивибратора.

```
const int buttonPin1 = 2;          // перед заданием алгоритма надо
const int ledPin =  13;            //объявить константы и/или переменные.
const int buttonPin2 = 4;          //Пину под номером два, куда
                                   //подключается кнопка, на плате Ардуино
                                   //дадим имя buttonPin1 с постоянным
                                   //значением посредством оператора
                                   //присваивания "=" , "const (константа)" и //"int
                                   (процессору надо знать обязательно //какие
                                   числа использовать, и здесь они целые)"
int buttonState1 = 0;              // переменной даём начальное состояние
                                   //"ноль". Просто не пишем оператор
                                   //константы, а только объявляем, что
                                   //использовать будем целые числа и
                                   //получаем переменные
int ledPin_G = 12;                 // на этот пин 12 присоединяем один из двух
                                   //светодиодов
int buttonState2 = 0;              // переменной даём начальное состояние
```

```
                                        //"ноль".
int ledPin_H = 8;                       // сюда - другой светодиод
void setup()
pinMode(buttonPin1, INPUT);             // режим пина (INPUT/OUTPUT)
pinMode(buttonPin2, INPUT);             // заметьте, что вместо номеров пинов мы
pinMode(ledPin_G,OUTPUT);               //используем данные нами им имена
pinMode(ledPin_H,OUTPUT);
}
void loop()                             //режимы работы мультивибратора
{
buttonState1 = digitalRead(buttonPin1); // считывание состояние на входе пина 2
buttonState2 = digitalRead(buttonPin2); // считывание состояние на входе пина 4
if (buttonState1 == HIGH &&             // если сигнал есть на обоих входах (нажаты
buttonState2 == HIGH);                  обе кнопки)
{                                       // ждём 100 миллисекунд, включаем один //диод,
delay(100);                             ждём, выключаем, потом тоже
digitalWrite(ledPin_H,HIGH);            //самое действие с другим светодиодом
delay(100);
digitalWrite(ledPin_H,LOW);
delay(100);
digitalWrite(ledPin_G,HIGH);
delay(100);
digitalWrite(ledPin_G,LOW);
delay(100);
}
else if (buttonState2 == HIGH);         // если условие выше не выполнено (не //нажали
   {                                    одновременно две кнопки), но //нажата кнопка
   digitalWrite(ledPin_H,HIGH);         buttonState2, то выполним //другой алгоритм
   delay(100);
   digitalWrite(ledPin_H,LOW);
   delay(100);
}
else if (buttonState1 == HIGH);         // если условия выше не выполнены (не //нажали
{                                       одновременно две кнопки и не //нажали
   digitalWrite(ledPin_G,HIGH);         buttonState2), но нажата кнопка //buttonState1,
   delay(100);                          то выполним другой
   digitalWrite(ledPin_G,LOW);          //алгоритм
   delay(100);
}
else                                    // если ничего не нажимать, то...
 {                                      // ...тушим светодиоды
    digitalWrite(ledPin_G,LOW);
    digitalWrite(ledPin_H,LOW);
  }
 }
```

Таким образом, на основе платформы Arduino возможно создание лабораторных установок для исследования микроконтроллеров и технологии разработки приложений для микроконтроллеров, отличающихся высокой функциональностью, удобной средой программирования и низкой стоимостью, обусловленной открытостью схем и программного обеспечения. Обучение студентов с использованием таких лабораторных установок позволит сократить время освоения студентами технологий разработки микроконтроллерных управляющих устройств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Онлайн курс по ардуино на базе простого стартового набора. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://geektimes.ru/post/279860/, (дата обращения 19.03.18).
2. *Таран В.Н., Трофименко В.Н., Трофименко Е.Н.* Техника микропроцессорных систем в электросвязи: Исследования микроконтроллеров // Методические указания к лабораторным работам. – Ростов-на-Дону.: РГУПС, 2008. - 100 с.
3. *Трофименко В.Н., Трофименко Е.Н., Пугачев И.В., Петрашевич Е.С.* Программно-аппаратные средства разработчиков радиоэлектронной аппаратуры в формировании компетентностной структуры выпускника // Социально-экономические и технико-технологические проблемы развития сферы услуг. — Ростов н/Д: РТИСТ ЮРГУЭС. Сб. науч. тр. 2013. Вып. 12, ч. 2., с. 17-22.
4. Программирование Ардуино. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://arduino.ru/Reference, (дата обращения 19.03.18).
5. Плата Arduino Uno r3: схема, описание, подключение устройств. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno/#__Arduino_Uno_R3 (дата обращения 19.03.18).
6. Официальный сайт организации Creative Commons. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://creativcommons.org/licenses/ , (дата обращения 19.03.18).
7. Официальный сайт представительства компании National Instruments в России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ni.com/ru-ru/shop/select/myrio-student-embedded-device, (дата обращения 19.03.18).
8. Платформа для решения практических инженерных задач. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://roboticsshop.ru/parts/parts-ni/ni-myrio , (дата обращения 19.03.18).

**И.И. Поляков, Т.Н. Николаева, Д.Л. Устименко**

# ОСОБЕННОСТЬ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЕТОДА В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННЫХ ФОНДОВЫХ РЫНКОВ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: Фондовый рынок, алгоритмическая торговля, финансовые инновации, влияние роботизированных операций, торговые роботы.

В статье рассмотрено относительно новое и перспективное направления совершения фондовых операций с применением алгоритмического метода, указаны положительные и отрицательные аспекты влияния распространения алгоритмической торговли на фондовые рынки.

**I.I. Polyakov, T.N. Nikolaeva, D.L. Ustimenko**

# THE FEATURE OF THE ALGORITHMIC METHOD IN THE DEVELOPMENT OF MODERN STOCK MARKETS

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: Stock market, algorithmic trading, financial innovations, the impact of robotic operations, trading robots.

The article deals with a relatively new and prospective direction of execution of stock transactions using the algorithmic method. It explains the positive and negative aspects the algorithmic trading impacts on stock markets.

Рынок инвестиций огромен и участников на нем много. Десятилетия опыта и миллиарды долларов дали множеству из них возможность приспособиться к рыночной среде. Самые лучше из них – те, которые способны видеть потоки и опережать их своими действиями, кто построил технологии – мощнейшие сервера, уникальные процессоры, программы, замечающие арбитражные возможности раньше всех и раньше всех реагирующие на них. Благодаря развитию алгоритмических методов современные фондовые рынки характеризуются высокой степенью автоматизации. В чем их особенность? У данной методологии пока не существует общепризнанного его определения.

В России на Московской бирже присутствие торговых роботов сегодня доходит до 60 %. Банк России впервые оценил их значение на финансовый рынок и их влияние на его

параметры. Регулятор признает риски воздействия HFT-участников на рынок. Известно, как в 2012 году рухнул американский фондовый рынок на 25% за несколько минут именно из-за HFT-участника. Так и сейчас, в феврале нынешнего года эксперты связывают высокую волатильность на мировых фондовых площадках с действием торговых алгоритмов. В Америке индекс S&P 500 установил антирекорд за последние шесть лет, опустившись на 4%. Через три дня, 8 февраля, рынок обвалился во второй раз: Dow Jones потерял 4,5%, а S&P 500 – 3,7%.

Причем здесь роботы? Алгоритмы отслеживают резкое изменение цены на тот или иной актив и в результате срабатывания какого-то триггера могут присоединиться к этому движению, то есть начинается неоправданная скупка или продажа финансового инструмента, лавинообразный эффект. Чтобы оперативно предотвращать такие ситуации, российский регулятор (Московская биржа) планирует к началу 2019 года ввести единые правила идентификации владельцев высокочастотных торговых систем, HFT- участники единообразно регистрировались на российских биржах, и информация с их контактами была нам доступна.

Отлаженная система мониторинга и взаимодействия с регулятором препятствует недобросовестному поведению высокочастотных трейдеров.

Необходимость создания единой системы идентификации не очевидна. Биржи хоть и знают владельцев счетов, с которых ведется торговля, но не знают, кто осуществляет операцию — робот или человек. При этом обычная практика такова, что в случае форс-мажоров с трейдерами и так связываются и брокеры, и биржа. Эта особенность уже позволяет оперативно реагировать на риски.

Нужно иметь ввиду, что рынки представляют из себя случайные процессы, в которых детерминированная составляющая невелика, причем она тщательно изучается тысячами сильных участников. Каким бы ни был алгоритм, против случайного процесса ничего сделать невозможно, именно поэтому все настоящие «алгоритмики» не предсказывают будущее, а ловят микроскопические расхождения – между индексом и корзиной, которая его составляет, между стоимостью на разных площадках, между активом и комбинацией деривативов, которая воссоздает профиль дохода от актива. Эти расхождения рождаются и умирают в течение наносекунд и именно их ждут и ловят, как только они появляются. Кроме того, на биржах присутствуют роботы-анализаторы стратегий, занимающиеся выявлением видимых паттернов. Удачную стратегию тут же поймают, соберут по ней достаточно данных, расшифруют и скопируют, и наконец – применят крупные участники, которые занимаются выращиванием и селекцией стратегий. Они будут быстрее, и съедят чью-то прибыль с момента расшифровки под ноль. Их действия поменяют рынок, закономерность перестанет работать.

Сегодня уникальных алгоритмов становится меньше, ведь математические средства одни для всех: это определяет жестокую конкуренцию, особенно в зоне двузначных доходностей. Становится меньше спекулянтов, которые быстрее всех поглощают все неэффективности. Производится меньше роботов-разведчиков и роботов-диверсантов, которые выявляют чужие стратегии или заставляют других роботов ошибаться в свою пользу. Существенная часть математического аппарата еще не может быть реализована – не хватает мощности компьютеров. Но перспективы алгоритмического внедрения безграничны, они связаны с ростом мощностей и скорости

роботов. Это не надежда для новичков, а риск для акул рынка; это соревнование железа, удел крупнейших и способных нанять самых талантливых.

Таким образом, алгоритмический метод является комплексным и достаточно противоречивым явлением. С одной стороны, он оказывает благоприятное воздействие на рынки: улучшает ликвидность обращающихся на них активов и последовательность ценообразования, снижает транзакционные издержки для участников торгов, способствует росту общей информационной эффективности рынков. Однако более глубокий анализ раскрывает и то, что, устраняя одни проблемы, алгоритмические операции приводят к возникновению других. Повышая ликвидность, роботы снижают ее качество, в результате чего они не помогают исполнению заявок других участников, а зачастую, наоборот, мешают им, — сглаживая одни резкие колебания, вызывают другие, что может, в конечном итоге, привести к обвалу мировых фондовых рынков. Можно сказать, что торговые роботы – это новые возможности, которыми важно научиться пользоваться современным трейдерам, т.к. именно на них будет базироваться весь фондовый рынок будущего. Грамотное использование сильных сторон автоматических торговых систем поможет улучшить результаты биржевой торговли каждого инвестора. Можно прогнозировать, что со временем роботы будут брать на себя все больше технических операций, оставляя людям время для аналитической работы. Однако необходимо понимать, что торговые роботы – это только инструмент в руках успешного трейдера, основную работу должны проделывать люди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Володин С.Н., Якубов А.П.* «Влияние алгоритмической торговли на мировые рынки», 2015, С.290
2. *Федотова Г.В., Ботнарь С.Ю.* «Особенности алгоритмической торговли на фондовом рынке», 2016, С.13

**Т.В. Рахимьянова, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский**

## КРОССПЛАТФОРМЕННОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ОБУЧАЮЩЕЕ ПОСОБИЕ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: обучающая программа, интерактивность, информационные технологии, дистанционное обучение.

Представлена разработка электронного пособия в интерактивной среде разработки Android Studio. Характерной, отличительной чертой исследования считается возможность эффективного обучения и прохождения тестирования изученного материала.

**T.V. Rakhimyanova, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky**

## CROSS-PLATFORM E-LEARNING TUTORIAL.

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: training program, interactivity, information technologies, distance learning.

The development of an electronic manual in the interactive development environment of Android Studio is presented. A characteristic, distinctive feature of the study is the possibility of effective training and passing the testing of the studied material.

В наши дни приложений и сайтов, направленных на обучение различным языкам программирования и тестирования полученных знаний, немного, но их количество постепенно увеличивается. Обучение с использованием электронного пособия дает возможность эффективного получения знаний в объеме, который необходим обучающемуся, от основных до более углубленных. Для закрепления изученного материала используется тестирование с выбором вариантов ответа и практические задания с возможностью вызова компилятора. Большинство программных продуктов данного рода не имеют поддержки русского языка частично или полностью. Данное пособие имеет в своей основе русский язык и, также, имеет понятный для любого пользователя интерфейс. Поэтому, данная разработка электронного обучающегося пособия является актуальной и востребованной.

Языком программирования был выбран язык высокого уровня Java [1, 2]. Приложения, написанные на данном объектно-ориентированном языке, транслируются в специальный байт-код. В связи с этим, он удобен и приложения могут работать на любой архитектуре компьютера с использованием Java-машины. Также он активно используется для разработки мобильных приложений под операционную систему Android.

Электронное пособие построено на основе Forms в конструкторе среды разработки Android Studio [3]. В данной среде присутствует удобный конструктор интерфейсов. Программа Android Studio была разработана той же компанией, что и операционная система Android. Следовательно, IDE и ее библиотеки своевременно обновляются при выходе новых версий Android.

Материал лекций и практических заданий, содержащийся в приложении, представляет собой файлы в формате html, в которых организованы ссылки переходов в различные блоки изучаемого материала. Данные ссылки очень удобны. Материалы, которые хранятся в отдельной директории, при необходимости могут быть с легкостью модифицированы.

Одним из преимуществ данного программного продукта является большое количество гиперссылок, которые позволяют легко перейти из одного раздела лекции в другой или в раздел практики, и при необходимости вернуться назад (рис 1).

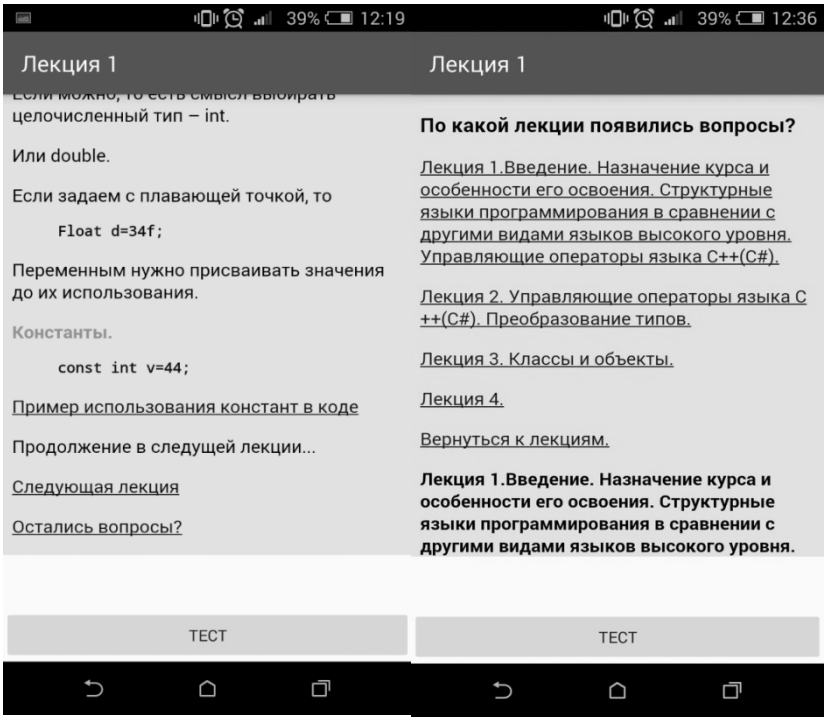



Рисунок 1- Пример перехода по гиперссылкам

Практическая часть приложения содержит задания с возможностью вызова внешнего компилятора (рис 2) и тестирование для проверки полученных знаний по лекциям (рис 3) и по практике (рис 4).

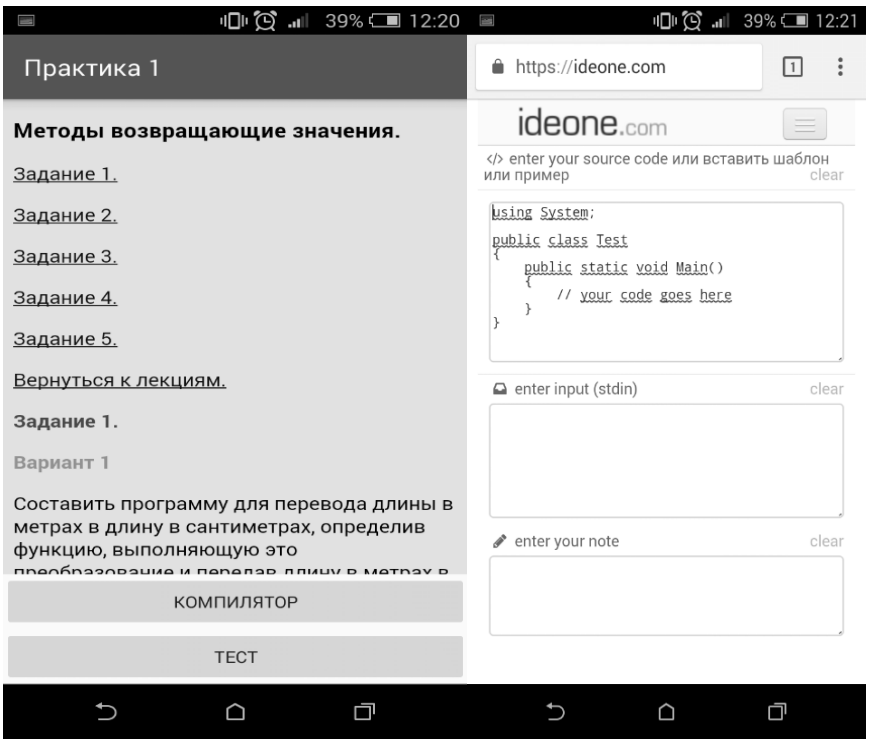



Рисунок 2 – Интерфейс окна практики с компилятором.

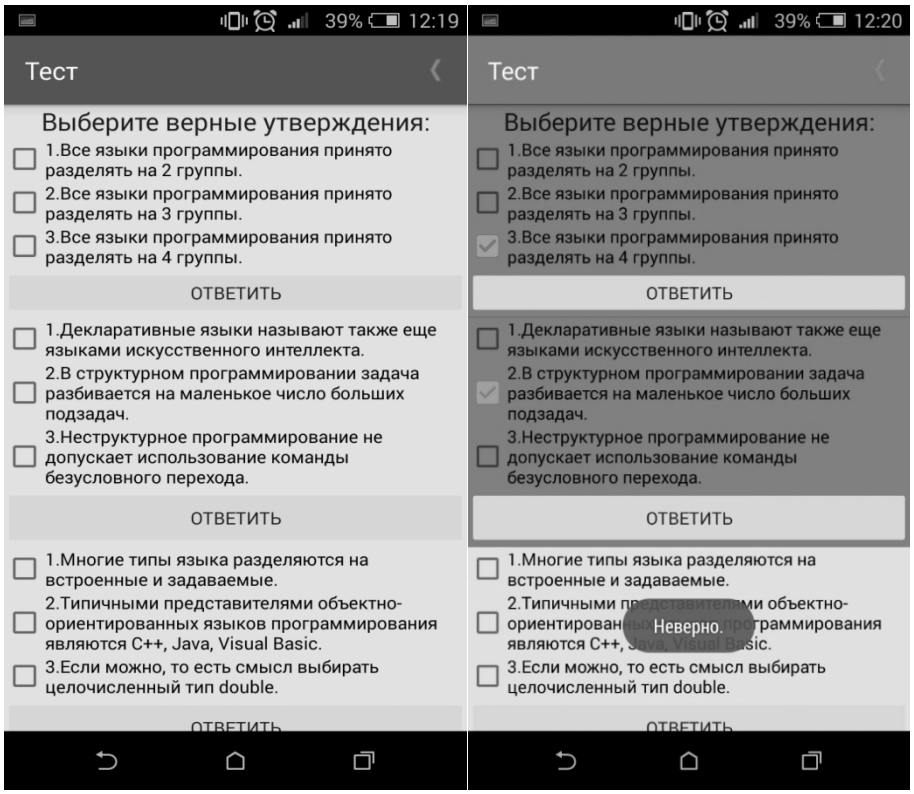



Рисунок 3 – Интерфейс окна тестирования лекции.

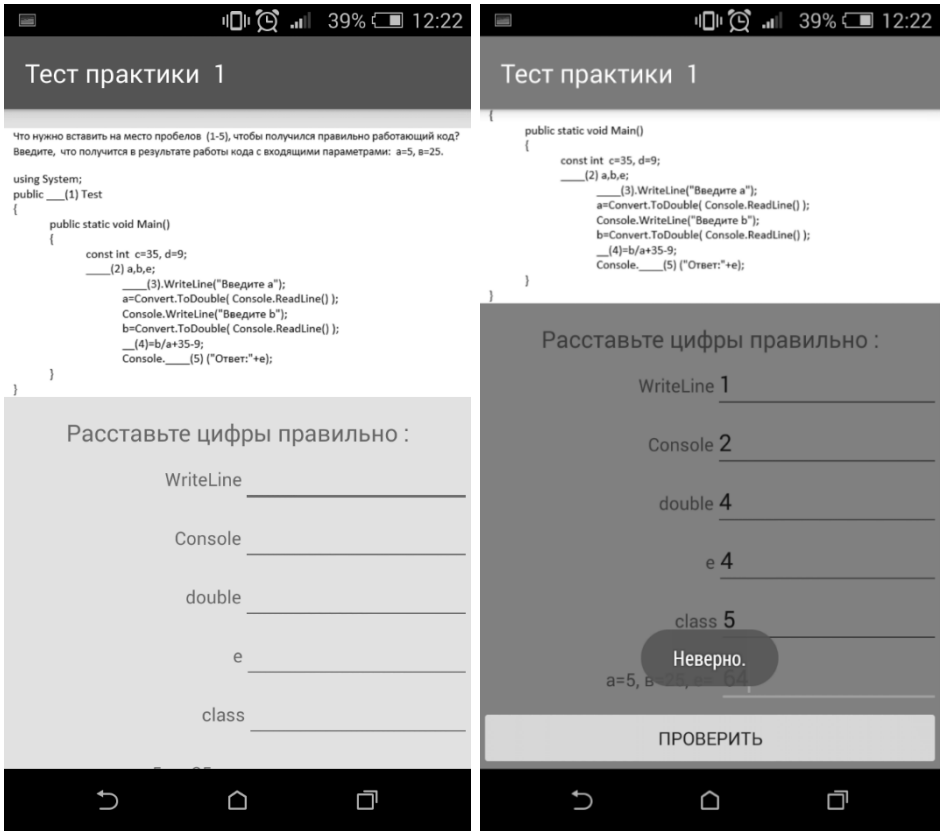



Рисунок 4 – Интерфейс окна тестирования практики.

В дополнение ко всему, имеется возможность ввода имени при входе в приложение и возможность использования интернет-ресурсов для тех обучающихся, у которых остались вопросы или лекция была не понята ими.

Таким образом, данный программный продукт имеет следующие преимущества:

1. Имеет понятный и удобный интерфейс, который не требует дополнительного обучения использованию.
2. Существует возможность тестирования, которая позволяет обучающимся проверить степень усвоения материала.
3. Является простой в использовании и не требует сопровождения в процессе обучения.
4. Имеет в своей основе русский язык.
5. Возможность вызова и использования компилятора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Г.С. Иванова*, Технология программирования, Москва Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2002.
2. Описание языка Java // [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Java
3. Описание Android Studio // [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Android_Studio



**А.А. Рощин, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский**


## ANDROID ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ


Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия



Ключевые слова: обучающая программа, интерактивность, информационные технологии, дистанционное обучение.



Представлена разработка электронного пособия в интерактивной среде разработки Android Studio. Характерной, отличительной чертой исследования считается возможность мобильного самообучения студентов, а так же людям не относящихся к IT технологиям.

**A.A. Roshchin, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky**

# ANDROID APPLICATION FOR LEARNING PROGRAMMING

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: training program, interactivity, information technologies, distance learning.

The development of an electronic manual in the interactive development environment of Android Studio is presented. A characteristic, distinctive feature of the study is the possibility of mobile self-study of students, as well as people not related to IT technologies.

В наше время количество программ и приложений, предназначенных для обучения, постоянно увеличивается. Мобильные приложения гораздо удобнее, чем компьютерные программы, они выигрывают своей возможностью использовать в любой желаемый момент. Эти приложения позволяют обучаться в своем темпе исходя из личных потребностей пользователя, и проверять на практике усвоенный материал. Наибольшим преимуществом является большая функциональность в постоянной доступности, возможность прочитать лекционные материалы, пройти тестирование и попробовать написать собственную программу на практике, в компиляторе, установленном на своем устройстве. Большинство таких приложений полностью или частично «зависимы» от сети Интернет, что не всегда удобно, особенно если человек находится в местах, где связь ограниченна или вообще отсутствует. Поэтому основной целью разработки было сделать приложение наиболее независимым и максимально функциональным.

В качестве языка программирования был выбран язык высокого уровня Java [1,2] в среде разработке Android Studio[2]. Он имеет возможность решения широкого класса задач, возможность работы с автоматическое управление памятью, возможность принести приложение на другие платформы. Приложение построено с помощью конструктора интерфейсов в Android Studio.

Контент наполняющий приложение представлен в виде файлов html, в которых организованно связывание блоков изучаемого материала с помощью гиперссылок. Это крайне удобно, т.к. эти файлы легко изменяемы с помощью специализированных редакторов или обычных текстовых. Ссылки отправляют к информации внутри приложения так и на дополнительные ресурсы в интернете (рис. 1).

Рисунок 1- Пример перехода по гиперссылкам

В практической части приложения имеются тестовые задания с вариантами ответа (рис. 2) и задачи требующие решения. Для решения задач необходимо воспользоваться компилятором и проверить ответ, так же можно посмотреть решенный вариант (рис. 3).

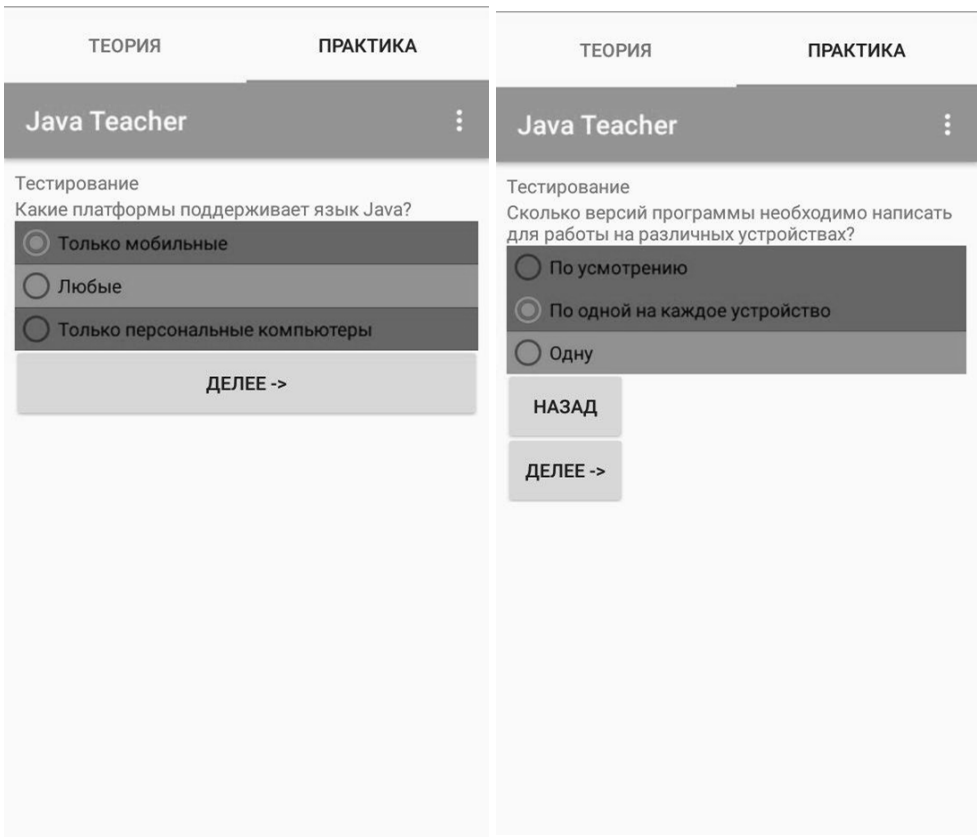



Рисунок 2- Интерфейс тестового задания с вариантами ответа

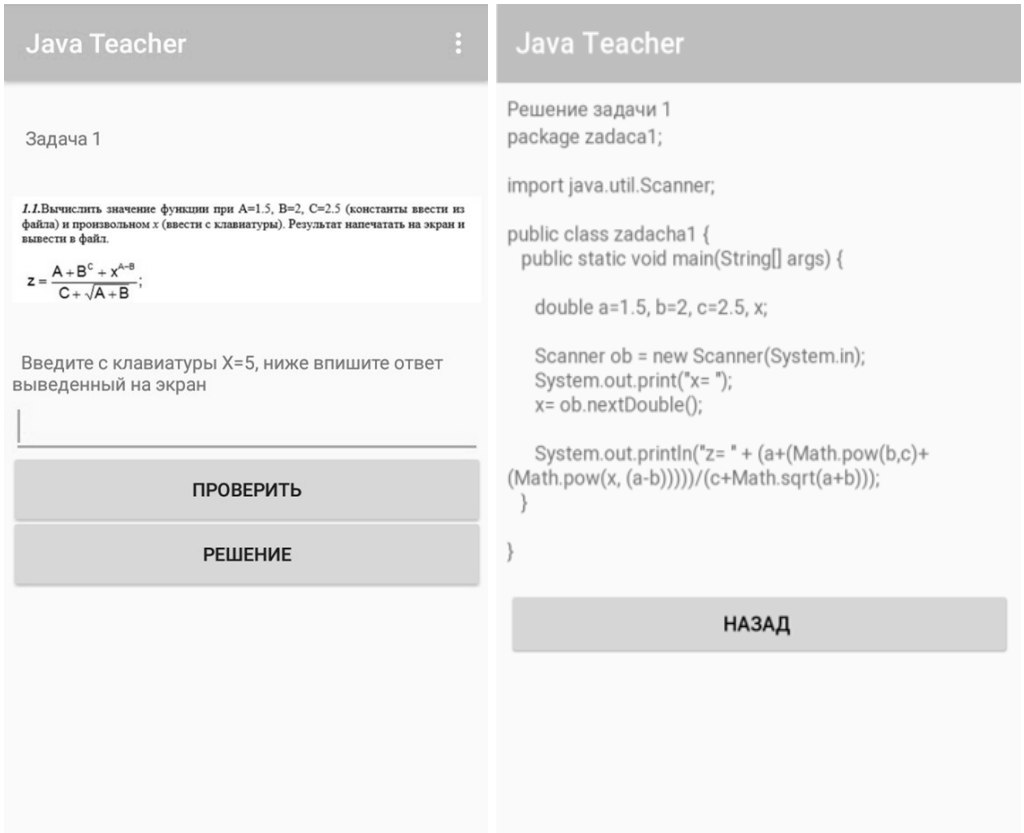



Рисунок 3- Интерфейс заданий требующих решения

Главным преимуществом приложения является то, что можно пользоваться компилятором не отвлекаясь от обучения. Во всех окнах есть доступный вызов меню с переходом в сторонний предустановленный компилятор без выхода в интернет (рис. 4).

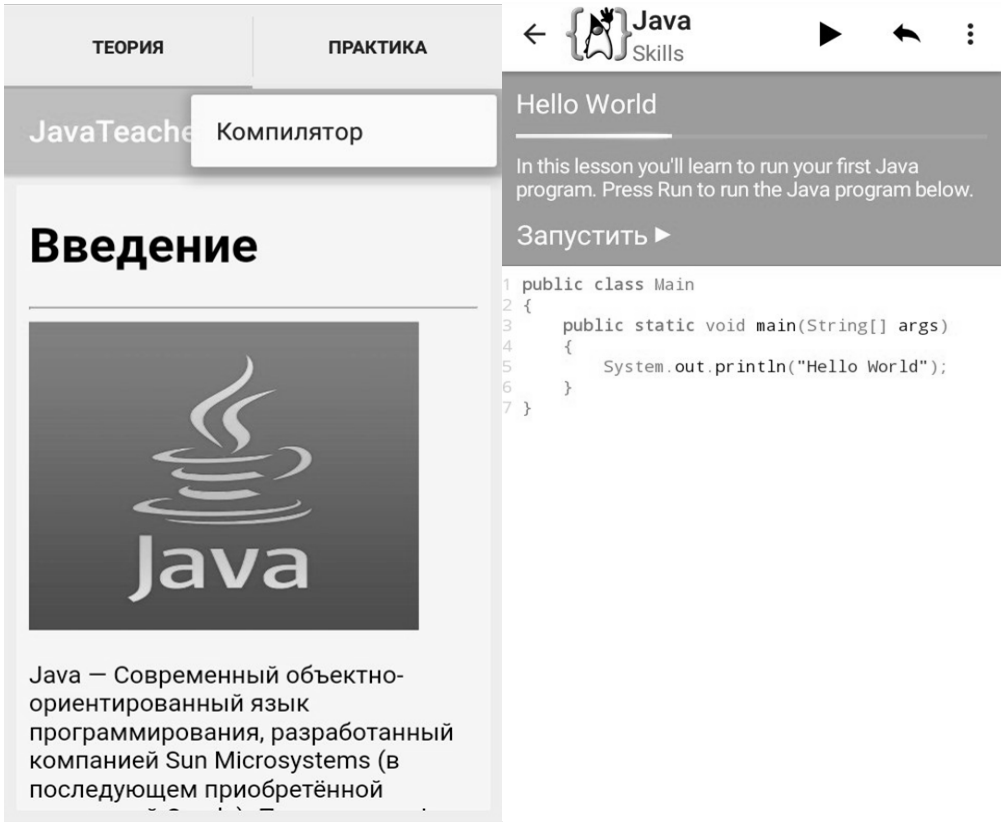



Рисунок 4 –Пример перехода в компилятор

Таким образом, разработка имеет следующие преимущества:

1. Удобный интерфейс легкий в использовании и понимании.
2. Возможность использовать компилятор во время обучения не выходя из приложения.
3. После прохождения теоретического материала можно закрепить знания с помощью практических заданий.
4. Обучающие материалы заменяемы и возможно дополнять в будущем.
5. Приложение может работать не зависимо от интернета предоставляя все свои функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основное описание языка java // https://ru.wikipedia.org/wiki/Java
2. Описание *Android Studio* // [Электронный ресурс] *URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Android_Studio.*
3. *Г.С. Иванова*, Технология программирования, Москва Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2002.

**А.А. Середин, П.В. Лобзенко, С.А. Полянский, Б.В. Рачинский**

# КЛИЕНТ-СЕРВЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОЗНИЧНОЙ СЕТЬЮ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: технологии связи, клиент-серверная система, адресация узлов сети, межсетевое взаимодействие, интерфейсные приложения.

Описано создание клиент-серверной системы управления розничной сетью компании. Отличительные особенности системы в удаленном администрировании служб и узлов доступа сети компании.

**A.A. Seredin, P.V. Lobzenko, S.A. Polyansky, B. V. Raczynski**

# THE CLIENT-SERVER SYSTEM, MANAGEMENT OF RETAIL CHAIN

North-Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: communication technologies, client-server system, addressing of hosts, inter-network interaction, interface applications.

How to create a client-server system, management of retail chain of the company. Distinctive features of the system in remote administration of services and access nodes of the company network

В статье рассмотрено создание системы управления распределенной розничной сетью компании. Она представляет собой совокупность сетей и отдельных компьютеров (как правило, территориально удаленных), соединенных между собой обособленным защищенным каналом, работающим «поверх» различных сетевых протоколов в произвольных гетерогенных сетевых средах [1].

Система управления содержит базу данных, расположенную на сервере. Упрощенная схема распределенной розничной сети компании с доступом на сервер к базе данных показана на рисунке 1.

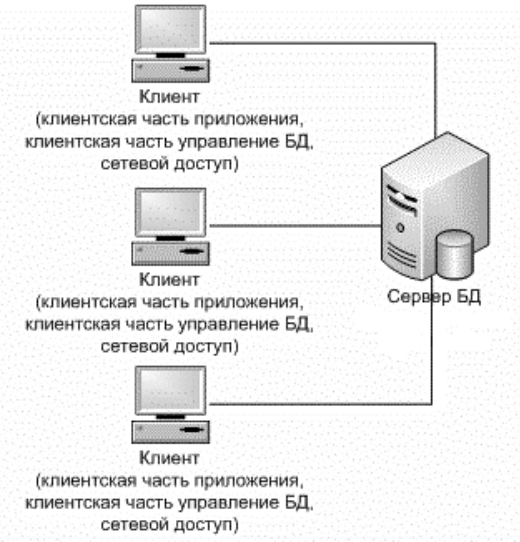



Рисунок 1- Схема розничной сети компании с доступом к БД

Для организации работы розничных точек были созданы семь модулей:

а) модуль управления информацией о торговых точках;
б) модуль ролирования пользователей;
в) модуль удаленного управления автоматизированными местами торговых точек;
г) модуль удаленной проверки доступности оборудования торговых точек;
д) модуль удаленного управления торговыми точками;
е) модуль логирования действий пользователей;
ж) модуль отчетов о состоянии системы.

Указанные приложения разработаны в среде Visual Studio на языке программирования C# [2].

Все модули построены однотипно как программные продукты, снабженные пользовательским графическим интерфейсом (рисунок 2).

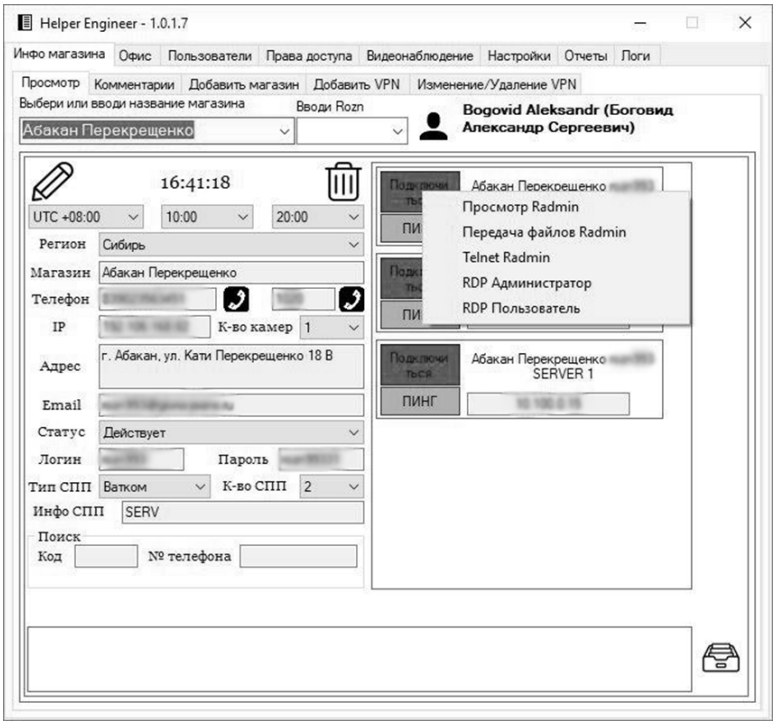



Рисунок 2 – Модуль доступа к функциям удаленного управления торговыми точками

Таким образом, разработка обладает:

a) абсолютной уникальностью, т.к. разработана для розничной сети определенной компании;
b) широким функционалом от простого фиксирования пользователей в сети до удаленного администрирования функций автоматизированных рабочих мест торговых точек;
c) удобным интерфейсом, позволяющим максимально быстро получить доступ к требуемой информации;
d) приложение обладает минимальными аппаратно-программными требованиями к информационной системе, в которой будет размещаться и использоваться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Браун Дж.* Виртульные частные сети.-Лори:Москва, 2001.-508 с.
2. Краткое описание Visual Studio [Электронный ресурс] // [сайт] [2018], URL: http://habrahabr.ru. (дата обращения: 22.02.2018).

***В.Н. Трофименко, **О.С. Рудиченко, *А.А. Волкова, *А.Д. Бедретдинов**

## РОЛЬ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИВЛЕЧЕНИИ СТУДЕНТОВ К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

* Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

**Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, научно-исследовательская работа студентов, программы моделирования, имитационное моделирование, осесимметричный космический аппарат, угловые скорости, прогнозирующая модель, ограничения.

В статье рассмотрены вопросы использования инфокоммуникационных технологий в учебном процессе, направленных на привлечение студентов к научно-исследовательской работе. Рассмотрено использование программ математического моделирования в научно-исследовательской работе студентов. Представлены результаты имитационного моделирования в среде Mathcad управления угловыми скоростями осесимметричного космического аппарата на основе прогнозирующей модели с ограничениями на

управления. Показано, что введение ограничений привело к сокращению затрат на управления.

***V.N. Trofimenko, **O.S. Rudichenko, *A.A. Volkova, *A.D. Bedretdinov**

## ROLE OF INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES IN ATTRACTION STUDENTS TO RESEARCH WORK

*Don state technical university (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

**Rostov State Transport University (RSTU), Rostov-on-Don, Russia,

Keywords: information technology, research work of students, programs of modeling, simulation, axisymmetric spacecraft, angular velocity. predictive model, limitations.

In article questions of use of the infocommunication technologies in educational process directed to engaging of students to research are considered. Use of programs of mathematical model operation in research of students is considered. Results of a simulation modeling in the environment of Mathcad of managements of angular velocities of the axisymmetric spacecraft on the basis of the predicting model with restrictions for controls are presented. It is shown that imposition of restrictions led to reduction of costs of managements.

В настоящее время компьютер является одной из важнейших составляющих инфокоммуникационных технологий, используемых в вузах. Компьютер стал основным техническим средством, которое используется практически во всех видах учебной деятельности при подготовке бакалавров, специалистов и магистров.

Наряду с компьютерами в обеспечении учебной деятельности важную роль играют системы телекоммуникаций, участвующие как в формировании инфокоммуникационной среды вуза, так и в обеспечении дистанционного обучения, а так же универсальное и специализированное программное обеспечение. Применение инфокоммуникационных технологий позволяет повышать эффективность обучения за счет обеспечения индивидуализации учебного процесса; обеспечения обратной связи со студентами, включая обеспечение дистанционного обучения; повышения наглядности учебного процесса; организации коллективной и групповой работы [1].

Успешное внедрение инфокоммуникционных технологий в учебном процессе позволяет расширить применение научных исследований в учебном процессе и способствует привлечению студентов к этому виду деятельности [2]. В научно-исследовательской работе со студентами с использованием инфокоммунникационных технологий можно выделить два направления:

- интеллектуализированных лабораторных комплексов;
- привлечение студентов применение к исследовательской работе с применением современных пакетов математического моделирования.

Первое направление связано с применением лабораторных комплексов, позволяющих не только автоматизировать проведение измерений, но и разрабатывать собственные алгоритмы обработки и представления данных. К ним можно отнести

комплекс исследования современных средств беспроводной связи на основе автоматизированной измерительной станции PXI RF [4], комплекс лабораторных работ на основе среды разработки приложений AVR-Studio [5], лабораторное оборудование Siemens HiPath 3800, используемый в Северокавказском филиале МТУСИ [6], лабораторные комплексы по цифровой и аналоговой электронике на основе платформы NI ELVIS (NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite) и на основе графическом языка программирования LabVIEW, например платформа NI My RIO [7, 8] и др.

Реализация технических и технологических решений посредством использования современных промышленных лабораторий позволяет осуществить комплексный подход к освоению студентами новых перспективных технологий. Использование такой лабораторной базы является прекрасной основой теоретических знаний и практических навыков будущих инженеров с привязкой к реальным производственным и технологическим процессам, а так же к научным исследованиям [4].

Направление, связанное с использованием в образовательном процессе современных инструментальных программных продуктов, позволяющих студентам уменьшить трудоемкость вычислений, моделирования и визуализации результатов исследований и не предполагающих глубоких знаний традиционных языков программирования. Еще в 90-х годах прошлого века исследователь, научный работник, выполняющий теоретические расчеты, должен был владеть на высоком уровне одним из языков программирования, таких как Basic, C++, Pascal, Fortran и др.

В настоящее время исследователю для моделирования предоставляется широкий выбор программных пакетов, использование которых не требует высокой квалификации программиста. К таким современным программным продуктам можно отнести программы математического моделирования Mathcad, Matlab, Maple, графический язык программирования LabVIEW. Среди перечисленных программ математического моделирования особое место занимает пакет Mathcad, отличающийся, с одной стороны, хорошей функциональностью, с другой стороны, понятным и привычным интерфейсом, что способствует быстрому и незатруднительному освоению пакета студентами.

Ниже, в качестве примера реализации второго подхода привлечения студентов к научно-исследовательской работе, представлены результаты по моделированию в среде Mathcad управления угловыми скоростями осесимметричного космического аппарата с введенными ограничениями на управления.

Как известно, аналитические методы синтеза алгоритмов управления в интеллектуальных системах в последнее время получили широкое распространение, так как уменьшают объем вычислений и тем самым освобождают вычислительные мощности для задач интеллектуального анализа данных, идентификации, прогнозирования, принятия решений [9, 10]. Метод прогнозирующей модели на основе функционала Красовского [11] позволили найти аналитический закон терминального управления угловыми скоростями осесимметричного космического аппарата.

В этой задаче угловое движение осесимметричного космического аппарата описывается уравнениями [12]:

$$\dot{\omega}_1 + A\omega_2\omega_3 = u_1, \qquad \omega_1(t)\Big|_{t=t_0} = \omega_0,$$

$$\dot{\omega}_2 - A\omega_1\omega_3 = u_2, \qquad \omega_2(t)\Big|_{t=t_0} = \omega_0, \tag{1}$$

$$\dot{\omega}_3 = u_3, \qquad \omega_3(t)\Big|_{t=t_0} = \omega_0,$$

где $A$ – приведенный момент инерции; $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ и $u_1, u_2, u_3$ – угловые скорости и управления как функции времени, составляющие векторы $\omega$ и $u$ соответственно.

На основе метода прогнозирующей модели удалось найти в аналитическом виде закон терминального управления угловыми скоростями.

В работе [9], получены аналитические формулы поканальных компонентов вектора управления $u_o$, представленных следующими выражениями

$$u_1(t) = -k_1\Big\{\omega_1(q_1+q_2)(t_2-t) - \frac{q_1-q_2}{2\alpha}\left[\omega_1\sin 2\gamma - \omega_2(\cos 2\gamma) - 1\right] + \omega_1(m_1+m_2) + \\ + (m_1-m_2)(\omega_1\cos 2\gamma + \omega_2\sin 2\gamma) - 2m_1\omega_{1k}\cos\gamma + 2m_2\omega_{2k}\sin\gamma + 2m_2\omega_{2k}\sin\gamma\Big\}, \tag{2}$$

$$u_2(t) = -k_2\Big\{\omega_2(q_1+q_2)(t_2-t) + \frac{q_1-q_2}{2\alpha}\left[\omega_2\sin 2\gamma - \omega_1(\cos 2\gamma) - 1\right] + \omega_2(m_1+m_2) + \\ + (m_1-m_2)(\omega_1\sin 2\gamma - \omega_2\cos 2\gamma) - 2m_1\omega_{1k}\sin\gamma - 2m_2\omega_{2k}\cos\gamma\Big\}, \tag{3}$$

$$u_3(t) = -k_3\Big\{\omega_3 q_3(t_2-t) + \frac{q_1-q_2}{4\alpha^2}\Big[(\omega_2^2-\omega_1^2)(\sin 2\gamma - 2\gamma\cos 2\gamma) - 4\omega_1\omega_2(\cos 2\gamma + \\ + 2\gamma\sin 2\gamma)] + 2m_3(\omega_3-\omega_{3k}) + A(m_1-m_2)(t-t_2)\Big[(\omega_2^2-\omega_1^2)\sin 2\gamma + 2\omega_1\omega_2\cos 2\gamma] + \\ + 2A(t-t_2)\Big[m_1\omega_{1k}(\omega_1\sin\gamma - \omega_2\cos\gamma) + m_2\omega_{2k}(\omega_1\cos\gamma + \omega_2\sin\gamma)\Big]\Big\}. \tag{4}$$

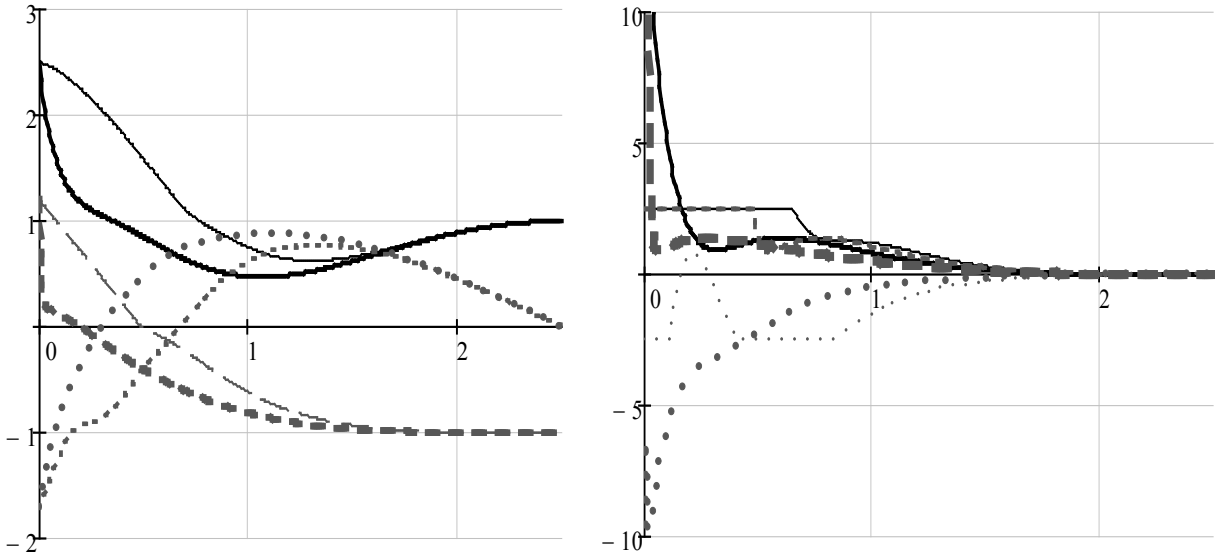
В выражениях (2) – (4) $\omega_{1k}$, $\omega_{2k}$, $\omega_k$ – терминальные значения скоростей: $\alpha = A\omega_3$; $\gamma = A\omega_3(t - t_2)$; $k$, $q$, $m$ – матрицы размера 3x3 диагонального вида, $k_1$–$k_3$ имеют смысл канальных коэффициентов усиления.

Особенностью полученных законов управления, являющейся общей для синтезируемых законов управления на основе прогнозирующей модели, является большие значения управляющих воздействий на начальном этапе оптимизации по сравнению с величинами на последующем этапе [9, 13, 14]. Большие значения управляющих усилий на начальном этапе управления требуют значительных мощностей исполнительных устройств.

Это подтверждается моделированием для объекта (1). Моделирование выполнялось в программе Mathcad [15] для интервала времени [0, 2.5 сек]. Исходными данными для моделирования являлись: начальные значения угловых скоростей – $\omega(0) = [2.5\ \ -1.7\ 1.2]^T$; терминальные значения угловых скоростей $-\omega(2.5) = [1.0\ \ 0.0\ \ -1.0]^T$. На рис. 1 представлены результаты моделирования: графики динамики скоростей на рис. 1, а; графики законов управления на рис. 1, б). Графики, полученные в соответствии с

выражениями (2) – (4) без ограничений на управления изображены утолщенными линиями.

На рис. 1 представлены результаты моделирования управления объектом (1) с ограничениями на управления. Ограничения на управления определялись как усредненные на интервале оптимизации значения управлений без ограничений. На рисунке 1 результаты моделирования с ограничениями изображены тонкими линиями.




а б

Рис. 1 – Динамика скоростей угловых скоростей а) и управлений б) (утолщенные линии – без ограничений, тонкие линии – с ограничениями):

$\omega_1(t)$ (___), $\omega_2(t)$(.....), $\omega_3(t)$( _ _ _ ), сек$^{-1}$; $u_1(t)$ (___), $u_2(t)$(.....), $u_3(t)$( _ _ _ ), сек$^{-2}$

Анализ графиков позволил выявить следующее:

1. Общий интервал оптимизации при введении ограничений можно разбить на два участка – начальный интервал, который можно определить как квазиоптимальный, где действуют ограничения на управления и конечный оптимальный интервал, где управления реализуются без ограничений.
2. При введении ограничений уменьшилась требуемая мощность исполнительных устройств.
3. Уменьшились угловые ускорения, что является положительным эффектом от ввода ограничений.
4. Уменьшились затраты на управления: поканальные затраты на управления до ввода ограничений составили $u_\Sigma$ =(4.6 3.7 8.9), а после ввода – $u_{\Sigma ОГР}$ =(2.3 2.2 2.0).
5. Без изменения интервала оптимизации незначительно уменьшилась точность достижения терминальных значений: значения скоростей до ввода ограничений составили $\boldsymbol{\omega}(2.5) = \begin{bmatrix} .9999999 & -4.1\cdot 10^{-5} & -0.9999529 \end{bmatrix}^T$, а после ввода ограничений – $\boldsymbol{\omega}_{ОГР}(2.5) = \begin{bmatrix} 0.9999995 & -8.2\cdot 10^{-5} & -0.9999056 \end{bmatrix}^T$.

Это позволило студентам, участвующим в исследовательской работе, сделать

вывод, что управление по методу прогнозирующей модели на основе минимизации функционала обобщенной работы Красовского эффективен также в случае наличия ограничений на управления.

Разработанная в ходе научно-исследовательской работы студентов имитационная модель, во-первых, может быть использована в учебном процессе, как для специалистов, так и для бакалавров при моделировании поведения нелинейных динамических систем.

Во-вторых, полученные результаты могут быть использованы для проведения дальнейших научных исследований магистрами и аспирантами по формированию комбинированных законов управления в интеллектуальных системах управления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Пащенко О.И.* Информационные технологии в образовании: Учебно-методическое пособие. — Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013, с. 24-29.
2. *Трофименко В.Н.* Применение прикладных информационных систем в образовательном процессе // Труды международной научно-практической конференции "ТРАНСПОРТ-2015". - Часть 2. Технические науки. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2015. – 484 с. С 126-128.
3. *Трофименко В.Н., Трофименко Е.Н.* Роль научных студенческих кружков в формировании компетенций выпускников вузов // Труды международной научно-практической конференции "Перспективные телекоммуникационные и информационные системы и технологии". – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2015. – 313 с. С 205-211.
4. *Братченко Н. Ю., Михайличенко Т.А.* Инфокоммуникационные технологии как инновационная образовательная среда в техническом вузе. // Инженерное образование. – 2012, №11, с. 129.
5. *Варданян А.Ю., Трофименко В.Н.* Применение свободного программного обеспечения для разработки цикла лабораторных работ по исследованию микроконтроллеров. // Современные проблемы многоуровневого образования: сб. тр. XI Междунар. науч.-метод. симп. / ДГТУ/ - Ростов н/Д:, 2014, с. 269-272.
6. *Манин А.А., Скловец Д.В., Сосновский И.А.* Использование оборудования Siemens HiPath 3800 для специалистов связи в СКФ МТУСИ. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 201. № 2, с. 342-344.
7. *Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И.* LabVIEW для инженера. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М.: ДМК Пресс, 2007, с. 144-150.
8. *Доуринг Э. (Ed Doering).* Базовое руководство по проектам NI myRIO. – Роуз-Халман: Технологический институт. Департамент электротехники и компьютерной инженерии, 2014, 235 с. [Электронный ресурс] метод доступа: http://www.ni.com/myrio/project-guide.
9. *Trofimenko V.N., Taran V.N.* Transport Systems Intellectualization Based on Analytical Control Synthesis of Angular Velocities for the Axisymmetric Spacecraft //Proceedings of the Second International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’17). Volume 2. – 470 p. – P. 154-160.

10. *Костоглотов А.А., Таран В.Н. Трофименко В.Н.* Адаптация алгоритмов управления на основе методов прогнозирующей модели и объединенного принципа максимума // Вестник РГУПС, 3, 2017. – С. 134 -139.
11. *Красовский А. А.* Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование. / А. А. Красовский. М.: Наука, 1973. – 558 с.
12. *Бранец В.Н., Шмыглевский И. П.* Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела. — М.: Наука, 1973, стр. 227.
13. *Таран В.Н.* Максимально правдоподобная оценка состояния оптимально управляемой системы // А и Т. 1991. № 8, с. 101.
14. *Таран В.Н., Трофименко В.Н.* Синтез оптимального алгоритма угловой стабилизации методом прогнозирующей модели // Автоматика и телемеханика. - 1997. №5, с. 82-85.
15. MATCHCAD 6.0 PLUS. Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95. – М.: Информационно-издательский дом "Филинъ", 1997, с. 362-369.

**И.Ф. Файсханов, П.С. Власова**

## ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МВД РОССИИ

Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации»
f_irek@mail.ru

Ключевые слова: информационные технологии, образование, проверка знаний, тестирование.

В статье рассмотрена разработанная многофункциональная система тестирования и ее применение в образовательном процессе образовательной организации системы МВД России.

**I.F. Fayskhanov, P.S. Vlasova**

## USING OF THE MULTIFUNCTIONAL SYSTEM OF TESTING IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE EDUCATIONAL ORGANIZATION OF THE MIA OF RUSSIA SYSTEM

Keywords: information technology, education, knowledge control, testing.

The article considers the developed multifunctional testing system and its applying in the educational process of the educational organization of the Ministry of Internal Affairs of Russia.

## Введение

Вопрос объективной оценки обучающихся актуален всегда в любом учебном заведении. Данный вопрос не менее актуален, как и в любом учебном заведении, в высших учебных заведениях МВД России. Работа в постоянном надзоре перед главным контролером, народом, обязывает сотрудников полиции быть подкованными во многих вопросах. Следовательно, сотрудник МВД должен быть подготовлен в теоретическом плане.

Разработано множество методов решения данного вопроса. Начиная от простого тестирования при помощи листа бумаги и карандаша, заканчивая различными адаптивными системами тестирования. Однако та или иная система имеет свои недостатки и достоинства. Одним из главных требований к системам тестирования является централизованность тестирования: чтобы все обучаемые смогли запустить систему, пройти тестирование и получить заслуженную оценку.

Анализ имеющихся систем тестирования дал следующие результаты. Система тестирования Indigo имеет ряд преимуществ: удобство работы, интуитивно понятный интерфейс. Однако имеются и недостатки: в первую очередь данная система является платной и требует определенные характеристики для аппаратной части [1]. Система PikaTest имеет серьезное преимущество: при достойном функционале она является бесплатной. Однако недостатки, в свою очередь, следующие: отсутствует гарантия защиты информации и небольшой функционал [2]. Система MyTestXPro является серьезным соперником Indigo и имеет аналогичные преимущества. Однако схожи и недостатки, касаемые стоимости и требований [3].

Рассматриваемая многофункциональная система тестирования предназначена для объективной оценки знаний обучающихся по различным предметам. Данная программа позволяет не только объективно осуществлять контроль знаний, а также позволяет совершенствовать свои знания: в обучающем режиме тестирования после прохождения легкого уровня сложности, студент автоматически переходит на следующий уровень сложности, а далее к следующей теме. Это обязывает студентов более серьезно относиться к учебному материалу на занятии и мотивирует к более серьезной подготовке к теме. Приложение имеет также режим среза знаний (быстрый).

Актуальность данной программы заключается, во-первых, в том, что необходимый функционал данной системы возможно дополнить самостоятельно и модифицировать приложение, ориентируясь текущие цели и задачи. Во-вторых, данная система является собственной разработкой, следовательно, бесплатна. Не имеется расходов, связанных с ее покупкой, технической поддержкой и обновлением. В-третьих, программа защищена: все данные о настройках, результатах тестирования, а также ответы на тестирование хранятся в зашифрованном виде, а также имеют определенный ключ, который не позволит изменять файлы с ответами без необходимого приложения, это дает возможность получать объективные результаты тестирования.

Дальнейшими целями данной системы является ее модернизация до сетевой многопользовательской версии, которая позволит централизованно отображать результаты тестирования обучаемых на компьютер преподавателя. Также в числе дальнейших планов – это внедрение данной программы в учебный процесс в одно из

высших учебных заведений системы МВД России, ввиду уже имеющегося положительного опыта использования данной программы [4].

Таким образом, данная программа актуальна, перспективна и будет полезна для использования, благодаря простоте использования и объективности оценивания.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Многофункциональная система тестирования предназначена для осуществления контроля знаний обучающихся, а также для организации учебного процесса, путем перехода от одной теме, к другой, в случае положительных результатов тестирования.

Система состоит из следующих приложений:

1. Tester.exe – основное приложение, выполняющее функцию контроля. Имеет следующие режимы: быстрый (тестирование с предварительно установленными параметрами, такими как: тема, количество вопросов и время на тест) и обучающий (тестируемый не перейдет к следующей теме, пока не ответит на установленное количество вопросов для преодоления порога).

2. Administrator – приложение для ввода групп, студентов, тем для тестирования, просмотра прогресса обучаемых и редактирования их личных настроек. Приложение защищено паролем. Одна из важных особенностей данного приложения – даже администратор, осуществляющий редактирование параметров студентов не имеет возможности редактирования результатов тестирования.

3. Ask builder – приложение для разработки ответов на вопросы. Результатом данной программы является зашифрованный файл.

## 2. ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

2.1 Создание заданий

Создание заданий для данной программы является примитивной задачей: подготовку тестовых заданий возможно осуществлять в любом приложении, имеющим возможность редактирования текста (MS Word, Mathcad и др), далее необходимо осуществить снимок задания, отредактировать в графическом редакторе и сохранить в формате .bmp (глубина цвета 16-цветов) или в формате .jpg.

2.2. Создание ответов

Приложение Ask builder предназначено для создания ответов, которые после сохранения недоступны для чтения или изменения. Ответы возможно вводить либо в виде буквенного текста, либо в виде чисел. Важно, чтобы обучаемый при тестировании был в курсе, что ввод необходимо осуществлять аналогично тому, как осуществлялся ввод ответа (если ответы вводятся, начиная с прописных букв, необходимо об этом проинструктировать перед тестированием).

Для создания ответов, необходимо запустить приложение Ask builder.exe (Рисунок 1).

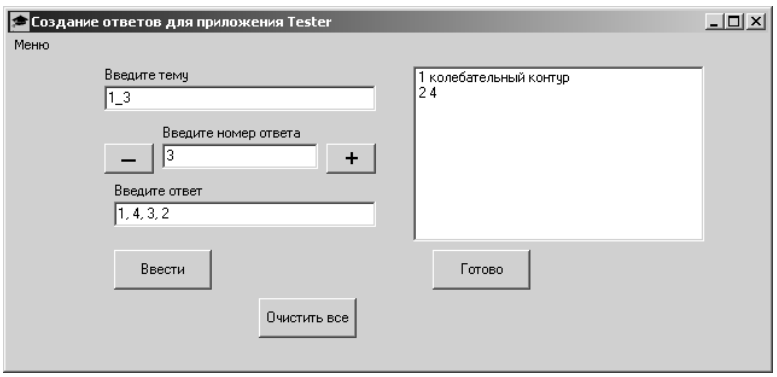



Рисунок 1 – Ask builder для создания ответов

2.3. Использование администрирующей программы

Для создания и редактирования списка студентов, списка тем, различных настроек тестирования, а также для просмотра результатов тестирования служит Администрирующая программа, ее название Administrator.exe.

Стоит отметить, что данное приложение защищено паролем, а также через данное приложение возможно отредактировать лишь настройки тестирования, но не результаты тестирования, следовательно, объективность результатов тестирования находится под контролем(Рисунки 2-3).

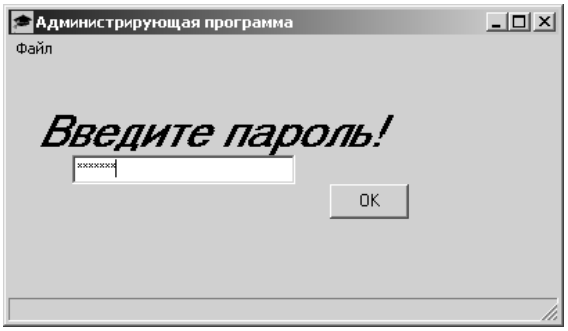



Рисунок 2 – Необходимо ввести пароль, чтобы продолжить

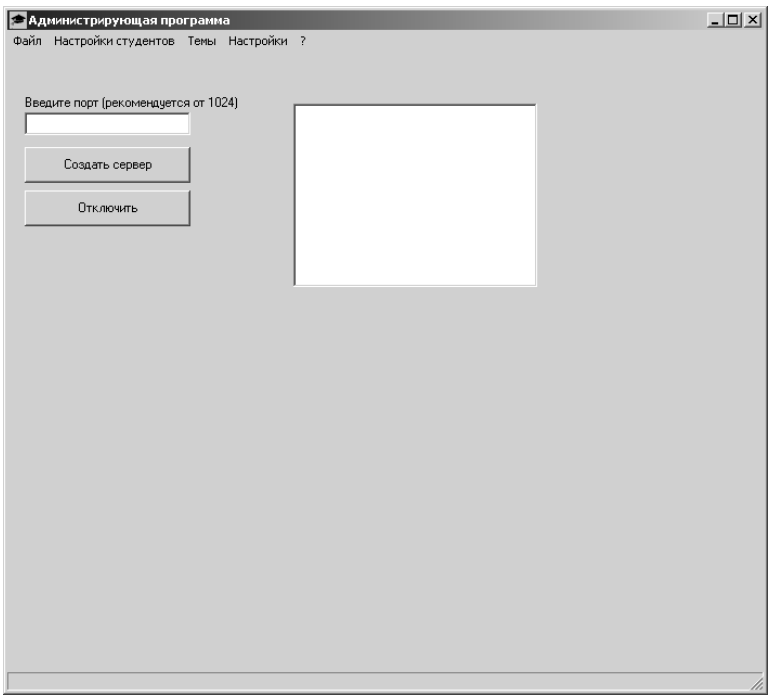



Рисунок 3 – Администрирующая программа (после ввода пароля)

Для продолжения работы, необходимо выбрать необходимый раздел (Файл, Настройки студентов, Темы, Настройки и «?») и продолжить работу.

## 3. ПРОЦЕСС ТЕСТИРОВАНИЯ

Для начала тестирования запустить приложение Tester.exe. Выбрать из выпадающего списка группу и ФИО тестируемого (Рисунок 4).

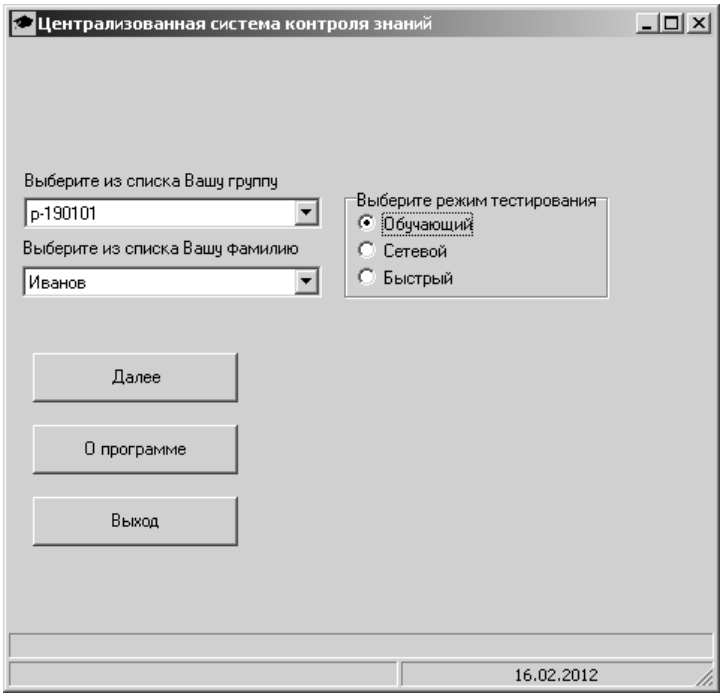



Рисунок 4 – Выбор группы и ФИО тестируемого

Приложение имеет три вида тестирования:

– обучающий (пока студент не прошел предыдущую темы, не переходит к следующей);

– сетевой (для данной версии – пока тестовый);

– быстрый (студент выбирает темы, вводит количество вопросов и время и начинает тестирование, такой виде тестирования подходит для среза знаний или коллоквиума (Рисунок 5).

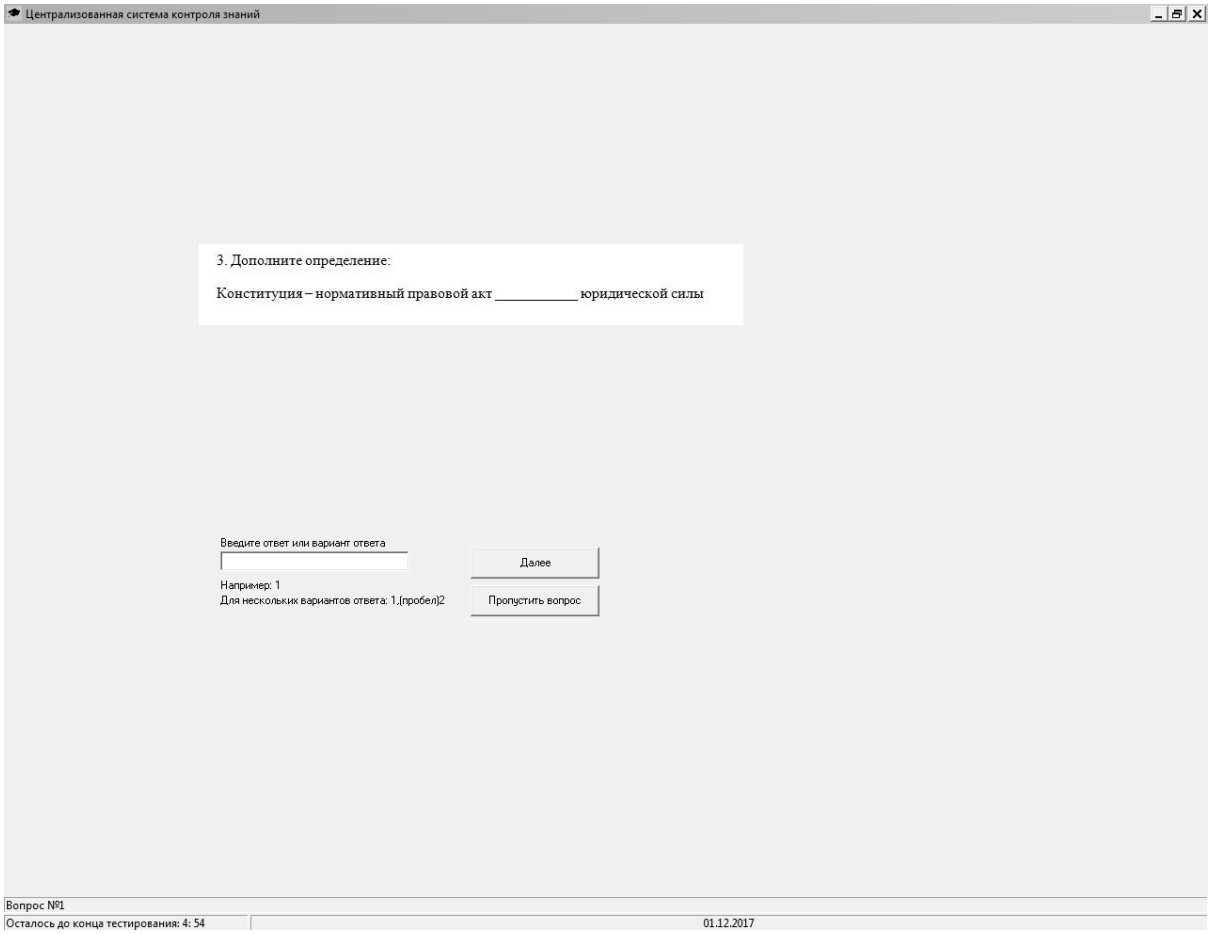



Рисунок 5 – Тестирование

В нижней части (строка состояния) отображается номер текущего вопроса, ниже – оставшееся время до конца тестирования. По центру располагается задание тестирования, ниже – поле для ввода, кнопка «Далее» для перехода к следующему вопросу и кнопка «Пропустить вопрос» (после ответа на все вопросы тестирования можно вернуться к пропущенным вопросам). В поле для ввода можно вводить один вариант ответа (например, 1), если же их несколько, то вводятся через запятую и пробел (например, 1, 2, 3, 4) или текст ответа. Например, на рисунке 29 ответ: «высшей».

После тестирования (если тестируемый ответил на все вопросы или закончилось время тестирования) выводится результат тестирования (рисунок 30).

Если же тестируемый пропустил вопросы, после тестирования ему предлагается вернуться для ответа на пропущенные вопросы.

После выбора вопроса, программа возвращается к пропущенным заданиям и информирует, сколько об оставшемся количестве. Стоит отметить, что и после возврата к пропущенным вопросам имеется возможность их пропустить, а затем вернуться к ним.

3.1 Просмотр результатов тестирования

После прохождения тестирования, результаты возможно просмотреть в Администрирующей программе (Рисунок 6).

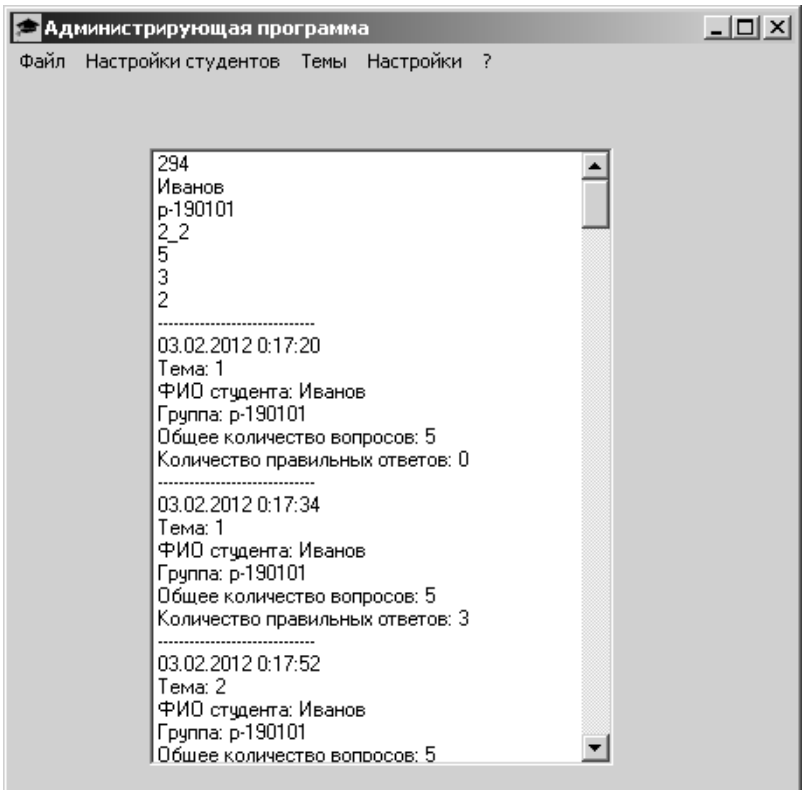



Рисунок 6 – Файл студента, прошедшего тестирование, следующие результаты о прохождении тестирования заносятся ниже

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, рассмотренная тестирующая программа позволяет объективно, централизованно и максимально быстро проводить контроль знаний студентов по различным дисциплинам. Система продвижения, для перехода к следующим уровням сложности и к следующим темам, несомненно, заставит студентов более серьезно относиться к предметам, что позволит повысить успеваемость. Вопросы тестирования необходимые приложению в формате .jpg дадут возможность быстро и качественно подготовить задания, а приложение для создания ответов позволит максимально быстро ввести ответы.

Дальнейшие цели данной работы – модернизация многофункциональной системы тестирования до уровня многопользовательской системной версии. В планах рассматривается вопрос о внедрении в функционал программы учебного материала по дисциплинам кафедры, в которой разработана данная программа, в целях следующей организации учебного процесса: обучаемые изучают материал, проходят тестирование, обнаруживают возможные пробелы в знаниях, закрепляют материал и положительно завершают тестирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веб-ресурс организации-производителя программного обеспечения Indigo http://indigotech.ru/
2. Веб-ресурс организации-производителя программного обеспечения PikaTest https://letstest.ru/
3. Веб-ресурс организации-производителя программного обеспечения MyTestXPro http://mytest.klyaksa.net/
4. *Зраенко С.М., Файсханов И.Ф.* Универсальная тестирующая программа // «НОТВ-2012» / Сборник материалов IX международной научно-методической конференции, 8 – 10 февраля 2012 г. Екатеринбург. – Екатеринбург: НИЧ УрФУ, 2012, с. 199-203.

**А.А. Яковенко, О.О. Шадрунова**

## ТРАНСФОРМАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА И ИННОВАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: управление, персонал, концепция, коучинг

Авторы раскрыли философскую сущность управления персоналом и современные концепции управления им. В статье четко и полно раскрыты такие концепции управления персоналом, как, концепция персонал – издержки, персонал- ресурс и коучинг.

**A.A. Yakovenko, O.O. Shadrunova**

## TRANSFORMATIONS OF MODERN SOCIETY AND INNOVATION IN PERSONNEL MANAGEMENT

Keywords: management, personnel, concept, coaching

The authors revealed the philosophical essence of personnel management and modern concepts of management. The article clearly and fully reveals such concepts of personnel management, as, the concept of personnel - costs, personnel - resource and coaching.

Стремительные изменения современного мира, включая технологические и социальные революции не могли не затронуть сферу управления персоналом. Появились новые понятия, новые нелинейные формы организационных структур, на фоне высокой

конкуренции и насыщенности рынка особое значение приобрели маркетинг и стратегическое управление, брэндинг, социальные инновации и человеческий капитал. В управлении персоналом появились идеи, методы и концепции, отвечающие современным социокультурным условиям ведения бизнеса. Возникли технологии, позволяющие более успешно руководить людьми. Всевозможные аттестации, мероприятия, направленные на развитие корпоративной культуры и поддержание корпоративного духа, управление по целям, тренинги, коучинг, действия, призванные ускорить адаптацию вновь поступающих сотрудников, работа с резервом - это далеко не полный перечень того, что проводится в современной организации. Если в недавнем прошлом нормой считалось отношение к сотруднику как к исполнителю определенных функций, то современный стиль управления предоставляет работнику гораздо больше возможностей реализации и самоорганизации, предполагает проявление инициативы и творческих сил.

Управление персоналом (англ. Human Resource Management, HRM) в большинстве источников определяется как область знаний и практической деятельности, направленная на обеспечение организации «качественным» персоналом (способным выполнять возложенные на него трудовые функции) и оптимальное его использование. Оптимальное использование персонала в концепции «Управления персоналом» достигается за счёт выявления положительных и отрицательных мотивов индивидуумов и групп в организации и соответствующего стимулирования положительных мотивов и «погашения» отрицательных мотивов, а также анализа таковых воздействий. В различных источниках могут встречаться и другие названия: управление трудовыми ресурсами, управление человеческим капиталом, кадровый менеджмент, менеджмент персонала.

Сущность философии управления персоналом организации заключается в том, что работники обладают возможностью удовлетворять свои личные потребности, работая в организации. В то же время в практике управления можно наблюдать отсутствие современной системы управления персоналом, когда работники не находят условий для реализации и удовлетворения своих социальных, личных, человеческих потребностей в организации. Труд только истощает силы сотрудников и становится своеобразной жертвой ради денег, получаемых в качестве компенсации. Тогда можно говорить об отчуждении сотрудника от собственной человеческой сущности в процессе труда. В таком случае можно утверждать, что грамотная система управления персоналом способна преодолеть отчуждение и сформировать условия для раскрытия, реализации человека в профессиональной деятельности, включения его в более широкий контекст общественной жизни. Актуальная для многих современных руководителей тема нематериальной мотивации также решается в процессе эффективного управления персоналом.

Итак, сформулируем теоретические, философские основы управления персоналом:

Смысл системы управления персоналом заключается в обеспечении возможностей реализации сотрудниками своих личных потребностей и гармоничной увязке этих потребностей с целями организации.

Цель системы управления персоналом – формирование необходимого кадрового потенциала для реализации целей организации.

Система управления персоналом методологически связывает собой материалистическую экономику, в которой основным показателем эффективности является, в общем-то, прибыль собственников и гуманистическую психологию, в которой показателем становится удовлетворение потребностей человека. Еще в первой половине

прошлого века прозвучала и была доказана идея о том, что забота о человеке экономически выгодна.

Предметом исследования данной отрасли знания является человек в его связи с другими людьми в организации, а также его способность быть эффективным в отношении личных и организационных целей.

Система управления персоналом неэффективна в том случае, если в организации отсутствует система менеджмента качества и контроль отдачи затрат на управление персоналом.

Управление персоналом включает в себя: поиск и адаптацию персонала, оперативную работу с персоналом (обучение и развитие персонала, оперативная оценка персонала, управление бизнес-коммуникациями, мотивацию персонала и его оплату, организацию труда), стратегическую работу с персоналом (управление корпоративной культурой).

В ходе развития менеджмента (весь двадцатый, начало двадцать первого века) можно проследить такие тенденции, как:

1) постепенная децентрализация управления: переход от иерархических линейно-функциональных организационных структур к дивизионным, матричным, сетевым – более гибким, пластичным и допускающим большую долю автономии сотрудников, которые зачастую участвуют как в управлении, так и в прибылях;
2) рост значимости и ценности личности в экономике: человеческого капитала, креативных способностей, способностей генерировать новые идеи, что можно связать с ростом конкуренции и насыщением рынка. Человеческий капитал становится ресурсом и фактором конкурентоспособности организации;
3) отношения подчинения все больше уступают место отношениям партнерства, грань между начальником и подчиненными на всех уровнях управленческой иерархии сгладились. Экономическая культура постиндустриального общества все больше носит «сотрудничающий» характер;
4) возникает необходимость в постоянном образовании и повышении квалификации сотрудников организаций;
5) все больше используются методы психологии в управлении персоналом (тренинги и др.);
6) усилилось внимание к организационной культуре, а также разнообразным формам демократизации, участию рядовых работников в прибылях и осуществлении управленческих функций.

Концепция управления персоналом - система - теоретико-методологических взглядов на понимание и определение сущности, содержания, целей, задач, критериев, принципов и методов управления персоналом. На сегодняшний момент сформировалось и действует несколько концепций управления персоналом:

Контроллинг персонала - концепция управления персоналом, интегрированная с контроллингом экономического и социального компонентов эффективности. Основными функциями контроллинга персонала являются:

– анализ использования персонала и достигнутых за счет этого результатов;
– координация планирования персонала с другими сферами планирования;
– создание и поддержание интегрированной базы данных по персоналу в соответствии с поставленными целями.

Маркетинговая концепция управления персоналом - утверждение, согласно которому важнейшим условием достижения целей организации является четкое определение требований к персоналу, его социальных потребностей в профессиональной деятельности и обеспечение удовлетворения этих требований и потребностей более эффективными, чем у конкурентов, способами.

Персонал-издержки - концепция управления персоналом, согласно которой персонал рассматривается как издержки организации, которые необходимо сокращать.

Персонал-ресурс - концепция управления персоналом, рассматривающая персонал как один из основных ресурсов организации, которым надо грамотно управлять. Эта концепция предполагает:

- построение работы с персоналом в соответствии со стратегией развития организации;
- качественный и количественный прогноз персонал-ресурса;
- оптимизацию и расчет персонал-ресурса на длительную перспективу;
- ориентацию на качественные показатели деятельности работников;
- значительную степень автономии и самостоятельности специалистов при выполнении работ;
- инвестиции в персонал.

В первую очередь приход современного HRM существенно изменил сам стиль управления персоналом. Возникла новая культура управления и организационная культура в принципе. Человеческий потенциал компании стал основой для ее стратегического развития и грамотные вложения в него – одним из лучших способов инвестирования. Одной из относительных новаций (возникла на Западе в девяностые годы двадцатого века) в управлении персоналом стал коучинг. По данным исследования Manchester Inc., организации, инвестирующие в коучинг для своих топ-менеджеров, получили почти шестикратную прибыль. Во-первых, это объясняется тем, что коучинг сосредотачивает людей на выполнении дел, которые увеличивают прибыль организации. Во-вторых, он дает компании-клиенту «капитал» самомотивации и ответственности персонала, которые максимизируют продуктивность и эффективность организации, что опять же ведет к увеличению прибыли.

Пик популярности коучинга на Западе пришелся на девяностые годы двадцатого века. Тогда же Д. Уитмор, который создал основы этого метода и стал работать с его помощью с руководителями и бизнесменами, привез его в Россию. Но и сейчас, например в Ростове-на-Дону такая профессия как коуч только формируется, только появляются попытки распространять коучинговую культуру в организациях, сам термин практически малоизвестен. Полагаем, что для большинства российских организаций переход с изжившего себя авторитарно-директивного стиля управления на более современный, предполагающий децентрализацию власти стиль актуален и возможен вместе с началом использования метода коучинга в практике менеджмента.

Коучинг рассматримвают и как консультативную работу, и как стиль менеджмента. И в том и в другом случае он формирует особую психологическую среду, позволяющую каждому сотруднику организации эффективно реализовывать поставленные цели, достигать более высоких профессиональных уровней, получать большее удовлетворение от жизни в целом, формировать нематериальную мотивацию. Только в первом случае его проводит специально нанятый консультант – коуч, во втором его использует сам

менеджер в ходе работы, если он прошел соответствующее обучение. Коуч может проводить как индивидуальную, так и групповую работу.

Коучинг в процессе управления предполагает переход от вертикальных отношений подчиненный-начальник к горизонтальным, когда руководитель выступает своеобразным тренером, помощником работника в достижении им лучших результатов. Главной ценностью здесь является человек.

Международная Федерация Коучинга (ICF) даёт следующее определение процесса коучинга: «Коучинг (coaching) – это непрерывное сотрудничество, которое помогает клиентам (работникам) достигать реальных результатов в своей личной и профессиональной жизни. Посредством процесса коучинга клиенты углубляют свои знания, повышают свой КПД и улучшают качество жизни.

Коучинг как метод представляет собой диалог, когда коуч задает вопросы, проясняющие ситуацию клиента, его цели, необходимые шаги для достижения этих целей, а также найти все необходимые психологические и материальные ресурсы для этого. Помогает преодолеть реальные и мнимые препятствия. При этом предполагается, что клиент обладает всеми нужными ресурсами и способностями для принятия нужных решений. Коуч ничего не советует. Он в первую очередь умеет слушать (что в наше время является в общем-то редкостью, особенно для руководителей) и задавать эффективные вопросы.

Особенностью общения коуча и клиента является то, что коуч не занимает роль эксперта, может вообще не владеть темой. Уитмор подчеркивает, что клиент достигает больших результатов когда коуч не владеет темой, потому что тогда он не дает советов и не переносит личный опыт в сферу работы клиента. Он помогает клиенту лучше сконцентрироваться и поддерживает, чтобы продлить его импульс к действию.

Тимоти Гэлвэй - один из основоположников коучинга так определил его сущность: «Коучинг - это раскрытие потенциала человека с целью максимального повышения его эффективности. Коучинг не учит, а помогает учиться». Методики коучинга уходят в тренерскую работу, опираются на гуманистическую психологию, работы Дэниела Гоулмена в сфере эмоционального интеллекта, традицию сократовских диалогов и ориентированы прежде всего не на точное выполнение инструкций, а на раскрытие внутреннего потенциала. Смысл коучинга заключается в пробуждении и развитии потенциала личности в процессе труда, которое достигается за счет повышения осознания (своих целей, возможностей, ресурсов). На эффективность работы организации влияет не только то, что знает и умеет персонал, а то, что он хочет делать и как это делает. Коучинг позволяет получить инициативных и деятельных сотрудников, которые по собственному желанию делают максимум из того, на что способны в данный момент.

Включая незадействованные ресурсы личности (а как известно человек в среднем использует лишь небольшую долю своих потенциальных возможностей), коучинг позволяет добиваться результатов экологично, действуя в большей степени на вдохновении, чем на напряжении. Между тем напряжение свойственно российскому менталитету. Как верно заметил автор одной из книг о коучинге «наш менталитет за бесконечно долгие годы крепостничества и революций дошел до непоколебимой аксиомы, что все великое и хорошее надо выстрадать. Глубоко выстрадать, помучиться до боли, до стискивания зубов, до хруста в суставах. И только тогда может родиться то, что действительно достойно назвать ценным. Это наше видение мы переносим на все - на

работу, любовь, коллег, постройку дома, вождение автомобиля. Обратите внимание на выражение лица водителей в мегаполисе - обреченная напряженность и стойкая высокомерность. Полная готовность вступить, если не в бой, так к финальному участию в гонке на выживание. Именно напряженность, а не сосредоточенность» [1, с. 15].

Коучинг включает два уровня обучения. Первый уровень - создание нового сценария своих действий. Второй - человек приобретает уверенность и способность в принципе самостоятельно разрабатывать новые сценарии. Очень наглядно это отражает китайская пословица: «Если вы дали человеку рыбу, вы его накормили на день, если вы его научили ловить рыбу, вы его обеспечили пищей на всю жизнь». Если вы обучили сотрудника одной конкретной методике — это одно, если вы его обучили на примере конкретной методики самому разрабатывать новые методики для выполнения разнообразных задач — это совсем другое. Быть коучем означает, помочь поймать конкретную рыбу и одновременно научить ловить все виды остальных [1, с. 127].

Коучинг предполагает стиль исключения в руководстве людьми. Руководить в русском языке буквально означает «водить за руку». В английском языке слово «руководить» имеет древние корни и переводиться как «знать». Нашим подчиненным важно знать, куда они идут, а идеально иметь на руках карту этой «местности». Коуч - менеджер, он же проводник, он же ведущий за руку, он же знаток карты, имеющий опыт и уже определивший все механизмы, закономерности и обычаи этой местности. Но, его ведение и контроль не постоянны. Коуч или менеджер работающий в стиле коучинга, вмешивается в процесс клиента (подчиненного) только тогда, когда возникают заминки при его продвижении вперед, когда он действительно в чем-то нуждается. А пока события развиваются в правильном направлении, или наблюдается явный прогресс опекаемого, руководитель, он же опекун, не вмешивается. Принцип коучинга: «Если что-то работает - не трогайте». Стиль исключения, правильно дозируя самостоятельность и ответственность, позволяет воспитать лидеров. Дозированное опекание - ключ к раннему проявлению самостоятельности [1, с. 131].

Основным результатом коучинга является достижение жизненных целей. привнесение гармонии в личную и профессиональную жизнь, обретение силы и усиление жизненной мотивации. Коуч помогает клиенту сосредоточиться на том, что наиболее важно для него, и действовать согласно этим ценностям. Воодушевление, мотивация и удовольствие - вот что обычно сопровождает процесс этого взаимодействия.

Предпосылки коучинга.

Все люди обладают способностью к развитию.

Наши убеждения, относящиеся к собственному потенциалу, прямо связаны с нашей успешностью.

Люди способны изменяться только в тех случаях, когда хотят этого и готовы к этому.

То, как мы определяем успех, окажет прямое воздействие на наши достижения.

Люди учатся только тогда, когда по-настоящему вовлечены в процесс.

Мы ограничиваем наш потенциал рамками наших убеждений (например, считая, что определенные вещи невозможны из-за внешних или ситуационных барьеров).

Для того чтобы помогать другим, мы должны непрерывно прогрессировать сами.

Мы можем учиться с помощью всего, что мы делаем, однако обучение происходит только тогда, когда мы мыслим и строим планы на будущее (теория обучения Колба).

Цель современных технологий по управлению персоналом, в том числе коучинга, состоит в преодолении отчужденности сотрудника от организации, согласовании личных и организационных целей, поиске возможностей для реализации сотрудников в компании, возрастании человеческого капитала организации. Можно утверждать, что конечной целью кадрового менеджмента является индивидуация и рост ресурсов сотрудников, которые напрямую влияют на качество выполняемого им труда. Термин «индивидуация» использовал К. Г. Юнг для обозначения процесса развития человека, достижения им большей психологической целостности. Я бы использовала его, добавив еще некоторые оттенки смысла. Индивидуация – это процесс раскрытия потенциала человека, становление его индивидуальности посредством социализации в организации и через организацию в общественную жизнь в целом, процесс роста внешних и внутренних ресурсов. Индивидуация – процесс противоположный по своим характеристикам отчуждению – постепенному истощению сил в процессе труда. Можно также сказать, что если индивидуация подразумевает рост осознания, то отчуждение - постепенное рассеивание осознания, «замыливание» взгляда, превращение труда в рутину, работу «на автомате» [2].

Индивидуальность – результат процесса индивидуации, не определяема внешними причинами в отличие от вещи, способна создавать нечто новое: в решениях, идеях, инновациях. Индивидуальность способна сделать проводником своего влияния любое материальное образование. Что такое бренд сегодня? Это вещь, которая стала нести в себе отпечаток некой личности, вещь, которая стала проводником некой индивидуальности, за которую потребитель готов платить дополнительную стоимость. Сегодня, в условиях насыщенности рынка в развитых странах индивидуальность становится самым дорогим товаром. Индивидуальность подразумевает способность к творчеству - создавать, продуцировать нечто новое, непредусмотренное сложившимся ходом вещей.

Когда в организации используется коучинг, действует коучинг-культура, то это создает мощную основу для процессов индивидуации сотруд ников компании, роста ее кадрового потенциала и, как следствие, конкурентоспособности в целом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Аветистов А.* Альфа-коучинг. -М., 2008.
2. Системный анализ и принятие решений. Под редакцией В.Н. Волковой и В.Н.Козлова. М., 2004.
3. Инновации в стратегическом управлении региональным и муниципальным развитием. Под редакцией В.А. Гневко.
4. Инновационная подготовка кадров государственной службы. Под общей редакцией В.Л. Романова, Л.А, Василенко М.: РГАС,2007

**А.А. Яковенко, Н.А. Шустова**

# СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ И РЕАЛИЗАЦЕЙ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОГРАММ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», (СКФ МТУСИ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: факторы, инновация, инвестиции, лидерство

В статье авторы раскрыли сущность и содержание инновационной деятельности организации, сделали попытку рассмотреть факторы, влияющие на инвестиции и условия, способствующие создать технические новшества

**A.A. Yakovenko, N.A. Shustova**

# STRATEGY OF MANAGEMENT OF DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE PROGRAMS

Keywords: factors, innovations, investments, leadership

In the article the authors revealed the essence and content of the innovative activity of the organization, made an attempt to consider the factors influencing the investments and conditions that contribute to creating technical innovations.

Мировой опыт показывает, что устойчивое развитие экономики и в первую очередь производств тех или иных товаров, видов оказываемых услуг в текущее время и долгосрочной перспективе зависят от двух основополагающих факторов – ресурсных возможностей и инновационного характера предпринимательского менеджмента.

Нет необходимости сомневаться в объективности обоснованности первого из них. Чем больше финансовых и материально-технических возможностей у хозяйствующего субъекта, тем масштабнее цели и задачи ему могут быть «по плечу». Но вместе с этим в значительной мере успех любого дела зависит от третьего ресурсного компонента – людей, которые этим видом деятельности будут заниматься.

Как известно основной целью инновационной деятельности является создание, накопление и развитие научно-технического потенциала любой организации, обеспечивающего ее эффективную и безопасную работу на достаточно продолжительную перспективу. При этом инновационное управление включает в себя процесс объективного и углубленного анализа текущего состояния, стратегического прогноза, генерирования новых целей и идей с помощью частичных преобразований или полного реинжиниринга используемой производственно-технической и управленческой практики.

Развитие рыночных отношений в нашей стране и выход ее на международный рынок сопровождается высокой степенью конкуренции как внутренних, так и внешних

производителей. А если к тому добавит, что с экономическими возрастает роль социальных факторов, то можно с полной уверенностью говорить о сложности и проблемности формируемых задач в сфере инновационной деятельности. Подготовка новых или переквалификация действующих специалистов, особенно управленцев, становится неотложной и сложной задачей по целому ряду объективных и субъективных причин.

К их числу в первую очередь можно было бы отнести неготовность, а может быть неспособность негосударственных органов и в первую очередь правительства формулировать как ткущие, так и долговременные цели трансформации всех составляющих компонентов экономической и социальной политики современного российского общества с использованием инновационной политики.

Современные политики и теоретики либо не знают, либо умышленно не хотят говорить об опоминавшихся ранее программ советского периода реконструкции и научно-технического прогресса, которые были неотъемлемой составляющей всей государственной политики.

Сохранившиеся хозяйственники и специалисты тех времен, помнят каким был строгим спрос за невыполнение плана по внедрению новой техники, прогрессивных технологий.

Высокий и сложный уровень производственных процессов, повсеместная компьютеризация, использование прогрессивных технологий при разработке новых проектов, особенно инновационного характера приводят к изменению содержания труда, а значит, требует новых знаний, навыков, четкой согласованности в деятельности кадров различных подразделений.

Сейчас конкурентоспособность во многом зависит от обеспеченности квалифицированным персоналом всех звеньев не только производственных процессов. Но и научно-исследовательских, маркетинговых и коммерческих секторов.

Новаторство существует повсеместно при разработке новой продукции, технологических процессов, распространении продукции, менеджменте и т.д., а точнее говоря в любой сфере человеческой деятельности.

Инновацию можно в основе рассматривать как периодические изменения трех важных факторов: технологии, окружающей среды и самой организации. Нововведения в технологии позволяют получать новые материалы, более прогрессивное оборудование и методы превращения ресурсов в товары и услуги. Этот процесс, бесспорно, оказывает воздействие на окружающую среду с точки зрения экологии, так и на рынок, который воспринимает новый продукт. И, естественно, инновации чаще всего серьезно влияют на саму организационную структуру. Есть много причин, побуждающих организацию заниматься инновациями, о которых будет сказано далее.

Но инновационный процесс, прежде всего, связан с генерированием новых идей, доведением до практического воплощения. А этим, как правило, занимаются творческие, неординарные личности, для которых должны быть созданы надлежащие условия. И это при соблюдении еще одного важного условия – продвижение новых разработок происходит наряду с традиционной для организации деятельностью. Поэтому стратегические планы должны тесно увязываться с текущими, обладать достаточными целевыми ориентирами при необходимой гибкости для преодоления прогнозируемых и неопределенных рисков.

Как видно, стандартных путей для успеха в области инноваций не существует. И все-таки можно сформулировать несколько условий, соблюдение которых будет способствовать успеху инновационного процесса:

– ориентация исключительно на потребителей. Инновационный процесс должен начинаться с изучения их запросов, чтобы затем выработать новые идеи или создать технологические новшества, которые позволят решить их реальные проблемы;
– открытая структура организации. Открытость предполагает соответствие общей атмосферы личным качествам и стилю действий тех людей (предпринимателей), которых должна поддерживать эта организация;
– разделение ответственности. Если совместить ответственность за организацию поддержания текущих процессов и внедрение новых, то безотлагательность проблем, связанных с правыми, немедленно оттеснит те, решение которых направлено в будущее;
– наличие скорее междисциплинарной, чем функциональной структуры. Это диктуется необходимостью одновременного совершенствования во всех относящихся к делу областях знаний, с тем, чтобы каждая проблема, возникающая в инновационном процессе, рассматривалась и решилась как можно в более широком контексте;
– поддержка высшего руководства. Оно должно верить в важность нововведений при формировании будущего организации, принимать связанные с этим риски и участвовать в управлении инновационном процессом;
– наличие инструментов контроля, встроенных в систему комплексного управления качеством;
– наличие успешной системы управления инновациями, что должно привлекать предпринимателей-профессионалов, способных нести рыночные риски и преданных идее успешного внедрения новшеств. Другая система должна предусматривать стимулы, которые могут заинтересовать этих крайне редких, но очень ценных новаторов;
– сильный лидер из числа топ-менеджеров, который будет мотивировать, вдохновлять и подталкивать профессиональных новаторов.

Один из главных вопросов, которые наиболее часто при принятии решений об инвестициях задают себе реформаторы – «нужны ли они нам, или нет?». Осознавая весь объем и сложность предстоящих действий инновационного цикла, и в тоже время необходимость преодоления нависших над организацией проблем, кризисных опасностей следует рассматривать различные альтернативы.

Адаптация – это поверхностные изменения, требующие:

– роста: число работников возрастает, например, с 10 до 30 человек за первый год существования доже для малой организации;
– замены: старое оборудование заменяется новым такого же типа и технологии;
– совершенствования: закупаются, например, новые лампы, которые обеспечивают лучшее освещение при меньшем расходе электроэнергии.

Однако изменения могут оказывать и более глубокое воздействие. В этом они соответствуют развитию, которое включает:

– преобразование: пересмотр структурных форм (размер подразделений, число иерархических уровней) с помощью внутренних и внешних консультантов;

– обновление или введение принципиально новых базовых принципов, когда общая идея организации меняется от «функциональных подразделений» к общей структуре «стратегических областей». Все процедуры и структуры компании, ее политика и стратегия ориентируются на потребителя, а все изменения обусловлены внешней средой;

Саморазвитие организаций с использованием преимущество диагностики собственных идей, ресурсов. Это означает, что члены организации, способные анализировать запросы потребителей и создавать новые организационные концепции, адекватные модели менеджмента, подходящие технологии т.п. для перспективных целей. Саморазвитие подразумевает, что назначение организации может быть определено менеджерами и работниками самостоятельно.

Выход из сложной или совсем кризисной ситуации требует, как правило, новой идеи, нового образца мышления. И, прежде всего, важна ориентация на внутренние проблемы организации. При этом идеи преобразований вырабатываются, как правило, не одним человеком, а всеми работающими коллегами.

В большинстве случаев для организаций, производящих и реализующих товары и услуги, важнейшим и основополагающим являются:

Количественные показатели. Примерами типичных количественных показателей, по которым можно судить о степени совершенства в работе организаций являются:

а) уровень эффективности и темпы роста производства;

б) общая тенденция в изменении доли рынка (ранжирование по занимаемым нишам на рынке);

в) средняя прибыль на общую стоимость активов, собственный капитал и объем продаж.

Для достижения этих целей следует проанализировать итоги как минимум 10-летней истории хозяйственной детальности компании. При этом должны учитываться способность оперативно приспосабливаться к постоянно меняющимся ситуациям на рынке:

– как использовались прежние инвестиции в создании новых или усовершенствовании старых технологий;
– достаточные ли они для того, чтобы получить прибыль от экономии, обусловленной ростом масштаба или размеров рынка?
– осуществлялись ли значительные инвестиции в распределение и маркетинг конкретной продукции?
– сформировалась ли команда менеджеров, занимающихся интеграцией производства и размещение готовой продукции.

Качественные факторы. Стремительно и постоянно изменяющийся мир потребностей общества все больше и больше побуждает производителей товаров и услуг наряду с количественными ориентирами все больше внимания стали уделять потребительским свойствам и качеству. Любая компания в своих стратегических и тактических планах должна ориентироваться на следующие количественные факторы:

1) способность определять будущие потребности рынка и развивать соответствующие этим потребностям технологии на основе интегрированных походов;
2) способность быстрее и с меньшими издержками, чем конкуренты, создавать и поставлять на рынок новые, более качественные товары и услуги;
3) готовность лиц, ответственных за принятие решений, идти на риск;

4) умение создавать оптимальный для человека режим сопряжения технологического оборудования и программного обеспечения;
5) способность улучшать качество рабочей среды, включая установление гармоничных партнерских отношений между администрацией и работниками с целью с максимизации их интеллектуального вклада и фактической производительности труда.

Управление инновациями требует постоянного сосредоточения на обновлении лидерского стиля руководства. Для развития инновационного лидерства следует сформулировать основные задачи и функции, которые должны использоваться в управлении инновациями:

- формулировка ясной, хорошо и всем понятной стратегии организации, ее перспективы, которые следует довести до каждого члена организации;
- руководству компании необходимо иметь ясную объективную картину настоящей и будущей ситуации, тех организационных перемен, которые предстоит реализовать для адаптационных процессов ведения бизнеса нововведений с учетом будущих требований;
- в инновационной организации менеджмента важно прогнозировать не только предстоящие изменения во внутренней среде, но и предвидеть возможные трансформации во внешней среде, на рынках в государственных регулирующих предписаниях;
- разработать модели стимулирования и мотивации сотрудников;
- руководство, как главный представитель компании, должно уметь создавать внешний имидж и поддерживать представления о замыслах и практических действиях для их достижения на весь инновационный период;
- вести мониторинг и контроль процессов преобразований в сфере профессиональной деятельности и системы управления компаний.

Что касается организационных аспектов лидерства, то есть распределения различных задач по разным должностным позициям в организации, то необходимо учитывать следующее:

- выбор наиболее инициативных прогрессивно мыслящих сотрудников из менеджерского состава, специалистов, способных сформировать инновационную программу, организационные меры по ее реализации;
- провести дифференциацию задач по иерархическим уровням, которых в инновационной организации не должно быть много. Задачи, в области компетентности и ответственности следует координировать так, чтобы не было дублирования;
- реализация инновационной программы требует дифференциации по функциональным областям.

Таким образом мы видим, что инновация – это сложный процесс и результат превосходной работы всей организации, а не только отдельных функциональных подразделений. Успех реализации замысла зависит от сложной работы всех участников внутренней сферы.

Следует помнить, что результаты реализации инновационных программ проявляются через годы. Поэтому чем раньше это начнется у нас, тем быстрее наступит прогресс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Клеймер Г.Б.* Микроэкономика знаний.: Экономика, 2007.
2. *Максимцев И.А.* Привлечение иностранных инвестиций в инновационное развитие. СПб. : Экономика и управление, 2007. № 6
3. *Подтелок К.В.* Организация процесса обучения персонала компании. Журнал «Экономика и управление»,2007. №5.
4. *Портер М.* Конкуренция. Перевод с английского. М.: Издательский дом «Вильямс»,2002.
5. *Портер М.* Международная конкуренция. М.: «Международные отношения»,1993.
6. Инновации и риски в отрасли связи. Яковенко А.А., Пятина А.А..Труды СКФ МТУСИ. «Полиграфический центр». СКФ МТУСИ, Ростов-на-Дону,2017.
7. *Яковенко А.А., Галухин М.А.* Трансформации современного общества и инновации в управлении персоналом. Труды СКФ МТУСИ. «Полиграфический центр». СКФ МТУСИ, Ростов – на – Дону, 2017.
8. *Янковский К., Мухарь И.* Организация инвестиционной деятельности. СПб.: Питер,2011.
9. Инновационная подготовка кадров государственной службы. Под общей редакцией В.Л. Романова, Л.А. Василенко. Издание второе.: М.: РГАС, 2007.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **Абдужалилов Ж.А.,** преподаватель. Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хорезми, Ташкент, Узбекистан
2. **Абрамова Надежда Игоревна,** преподаватель высшей квалификационной категории ГБПОУ РО «РКРИПТ». Ростовский-на-Дону колледж радиоэлектроники, информационных и промышленных технологий.
3. **Акимочев Егор Алексеевич,** студент. Московский Технический университет связи и информатики.
4. **Акопян Ваник Артакович,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
5. **Акулин Павел Петрович,** студент. Донской государственный технический университет (ДГТУ).
6. **Бабычев Алексей Михайлович,** студент магистратуры. Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГОБУ ВО «СибГУТИ» в г. Ектеринбурге
7. **Батурина Наталия Юрьевна,** доцент ДГТУ, кандидат технических наук, доцент. Кафедра «Радиоэлектроника» Донского Государственного Технического Университета (ДГТУ)
8. **Баяндурова А.А.,** студент. Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия
9. **Бедретдинов Александр Дамирович,** студент 3-го курса ДГТУ. Донской государственный технический университет (ДГТУ).
10. **Безуглый Юрий Андреевич,** курсант. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
11. **Беленькая Марина Наумовна,** доцент кафедры МСиУС. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
12. **Белубекян Мелс Вагаршакович,** старший научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук, профессор. Институт механики НАН Армении.
13. **Бинеев Энвер Абдулхакович**, профессор , К.Т.Н. Сев.-Кав. ф-л МТУСИ , г. Ростов-на-Дону, Россия.
14. **Богинская Вера. Владимировна,** доцент, доцент, к.х.н. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
15. **Болдырихин Николай Вячеславович,** доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
16. **Бородин Алексей Викторович,** доцент кафедры ОНП, к. ф.- м. н., доцент. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

17. **Боярчук Андрей Эдуардович,** профессор кафедры кандидат технических наук профессор. Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону, Россия.
18. **Будылдина Надежда Вениаминовна,** зам. зав. Кафедрой, к.т.н., доцент. Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГОБУ ВО «СибГУТИ» в г. Ектеринбурге.
19. **Бутенко Владислав Александрович,** магистрант гр. 2МИБ1601. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»
20. **Попова В.П.,** студент. ф-л МГУТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия.
21. **Вершенник Алексей Васильевич,** преподаватель. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
22. **Вершенник Елена Валерьевна,** старший преподаватель, кандидат технических наук. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
23. **Винокуров Сергей Андреевич,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
24. **Власова Полина Сергеевна,** курсант. Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации»
25. **Волкова Анастасия Александровна,** студент. Донской государственный технический университет (ДГТУ).
26. **Воротынцева Александра Дмитриевна,** курсант 107 учебной группы. Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия
27. **Гараков В.Г.,** к.ф.-м.н., проф. Институт Механики, НАН Армении.
28. **Герасимов Игорь Николаевич,** доцент каф. ИТСС, ктн доцент. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
29. **Гизатуллин Марат Галимянович,** доцент кафедры информационного обеспечения органов внутренних дел, кандидат технических наук, доцент. Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия
30. **Глушак Елена Владимировна,** доцент каф. к.т.н. ФГБОУ ВО ПГУТИ. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия
31. **Гниломёдов Ефим Иванович,** доцент кафедры МЭС УрТИСИ СибГУТИ. Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).

32. **Головина Ирина Витальевна,** и.о. зав. кафедрой «Экономика и управление», к.э.н., доцент. Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону, Россия.
33. **Головской Василий Андреевич,** доцент кафедры, кандидат технических наук. Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М. Штеменко.
34. **Гончарова Оксана Владимировна,** к.э.н. Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону, Россия.
35. **Данилов Виктор Александрович,** профессор, д.т.н , профессор. Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону, Россия.
36. **Данилова Людмила Викторовна,** доцент, к.ф.-м.н., доцент. ФГБОУ ВО РГУПС.
37. **Деремов Михаил Валерьевич,** студент. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
38. **Докучаев Сергей Аркадьевич,** ст. преподаватель. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
39. **Дорохин Иван Владимирович,** магистрант ДГТУ. Донской государственный технический университет.
40. **Евстафьев Вячеслав Владимирович,** доцент кафедры, к.т.н., доцент. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
41. **Елисеев Александр Вячеславович,** профессор кафедры «Радиоэлектроника» ДГТУ, д.т.н., доцент. Донской государственный технический университет.
42. **Елисеев Владислав Сергеевич,** студент. Донской Государственный Технический Университет.
43. **Ершов Валерий Васильевич,** доцент кафедры, к.т.н., доцент; Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
44. **Жильникова Екатерина Васильена,** магистрант. Донской Государственный Технический Университет.
45. **Жильцов Василий Александрович,** ст. гр. ТКСм-17. ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».
46. **Жуковский Александр Георгиевич,** д. полит. н., к.т.н, заместитель директора СКФ МТУСИ, Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
47. **Жуковский Денис Александрович,** доцент, к. п. н. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
48. **Загинайло Максим Васильевич,** магистрант. Донской Государственный Технический Университет.

49. **Зайцев Евгений Сергеевич,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
50. **Закалкин Павел Владимирович,** научный сотрудник, кандидат технических наук. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
51. **Зверев Алексей Петрович,** к.т.н., доцент кафедры инфокоммуникационных технологий и систем связи, доцент. Академия гражданской защиты МЧС России
52. **Игнатьев Олег Леонидович,** кандидат технических наук, доцент, доцент, кафедра «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления» (ВТ и АСУ).
53. **Игнатьева Олеся Владимировна,** кандидат технических наук, доцент, доцент, кафедра «Вычислительная техника и автоматизированные системы управления» (ВТ и АСУ)
54. **Игначкова Е. В.,** студент. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
55. **Казачанская Е.А.,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
56. **Калиенко Иван Викторович,** доцент кафедры «Радиоэлектроника» ДГТУ, кандидат технических наук, доцент. Кафедра «Радиоэлектроника» Донского Государственного Технического Университета (ДГТУ)
57. **Калинченко Галина Анатольевна,** к.ф-м.н., старший научный сотрудник (PhD, Seniour researcher). ELI Beamlines research center, the Czech Republic, Dolní Břežany.
58. **Калмыкова Яна Олеговна,** курсант Уральского юридического института МВД России. Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации».
59. **Карлаш Анастасия Николаевна,** студентка. Ростовский государственный экономический университет (РГЭУ (РИНХ)), г. Ростов-на-Дону, Россия.
60. **Качнов Станислав Алексеевич,** студент. Донской государственный технический университет.
61. **Кашуба Константин Алексеевич,** студент 3 курса ДГТУ. Кафедра «Радиоэлектроника» Донского Государственного Технического Университета (ДГТУ).
62. **Киреев Максим Олегович,** магистрант. ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. Самара, Россия.
63. **Кирьянов Александр Владимирович,** преподаватель, кандидат технических наук. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
64. **Кобак В.Г.** профессор, д.т.н. доцент. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
65. **Коломиец Елена Анатольевна,** студентка. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

66. **Конкин Борис Борисович,** Кандидат физико-математических наук, доцент, зав. кафедры Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
67. **Константинова Яна Борисовна,** доцент, к.-ф-м.н., доцент. . Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
68. **Корионов Игорь Павлович,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
69. **Коробенко С.В.,** Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Ростовской области «Ростовский-на-Дону колледж радиоэлектроники, информационных и промышленных технологий», Ростов-на-Дону, Россия.
70. **Королева Людмила Петровна,** Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр», преподаватель цикла гуманитарных и социально-экономических дисциплин
71. **Костецкая Галина Сергеевна,** доцент, к.ф.-.м.н. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
72. **Кошепаров Дмитрий Яковлевич,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
73. **Краснов Кирилл Александрович,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
74. **Кубах Екатерина Владимировна,** студент. Южный федеральный университет, г.Ростов-на-Дону, Россия
75. **Кузин Александр Павлович,** старший преподаватель. Донской государственный технический университет.
76. **Куприянов Никита Алексеевич,** курсант. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
77. **Кусайкин Дмитрий Вячеславович,** Доцент кафедры ОПДТС УРТИСИ СИБГУТИ, к.т.н. Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
78. **Кутиков Павел Александрович,** курсант. Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр», курсант

79. **Лаврентьев Кирилл Иванович,** курсант. Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр», курсант
80. **Лободинов Валерий Сергеевич,** студент. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
81. **Львов Владимир Леонтьевич,** Старший преподаватель. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
82. **Мамедов Виталий Сергеевич,** курсант, командир отделения. Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М. Штеменко.
83. **Мамедов Эльдар Эльчинович,** магистрант ДГТУ. Донской государственный технический университет.
84. **Манин Александр Анатольевич,** директор СКФ МТУСИ, к.т.н. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
85. **Маршаков Даниил Витальевич,** доцент, к.т.н. Донской Государственный Технический Университет.
86. **Махров Станислав Станиславович,** к.т.н., старший преподаватель. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
87. **Мержвинский А.А.,** преподаватель. Институт кибернетики им. В.М.Глушкова, г. Киев, Украина
88. **Михальчук Владислав Дмитриевич,** студент. ДГТУ.
89. **Моловцев Михаил Дмитриевич,** студент. Московский Технический университет связи и информатики.
90. **Мухачев Сергей Валентинович,** начальник кафедры информационного обеспечения органов внутренних дел Уральского юридического института МВД России, кандидат физико-математических наук, доцент. Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации»
91. **Николаева Татьяна Николаевна,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
92. **Новиков Сергей Петрович,** доцент, Донской Государственный Технический Университет.
93. **Нуйкин Егор Сергеевич,** студент. ФГБОУ ВО ПГУТИ. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Самара, Россия

94. **Нуриев Нуру Натигович,** курсант. Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр», курсант
95. **Опарин Алексей Юрьевич,** к.ф.н., действительный член академии МАНЭБ. Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности.
96. **Орлов Владимир Георгиевич,** доцент, к.т.н. Московский Технический университет связи и информатики.
97. **Осипенко И.А.,** доцент, доцент, к.ф.-м.н. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) .
98. **Павлов Артем Александрович,** студент. ДГТУ.
99. **Пан Сергей Романович,** студент 4-го курса ДГТУ. Донской государственный технический университет (ДГТУ).
100. **Папян Арарат Артурович,** научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук. Институт механики НАН Армении.
101. **Парфентьева О.В.,** студентка. Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону, Россия.
102. **Перепепечаев Александр Викторович,** студент. Донской государственный технический университет.
103. **Першин Михаил Михайлович,** курсант 107 учебной группы. Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия
104. **Половинченко Марина Игоревна,** студент. Донской Государственный Технический Университет.
105. **Поляков Игорь Игоревич,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
106. **Полякова М.В.,** студент. Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия.
107. **Попова Анжелика Вячеславовна,** курсант. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
108. **Пугачев Игорь Владимирович,** аспирант каф. "Радиоэлектроника" ДГТУ. Донской государственный технический университет (ДГТУ).
109. **Решетникова Ирина Витальевна,** доцент каф. ИТСС, кт.н. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
110. **Решетникова Ксения Алексеевна,** студентка СКФ МТУСИ; Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
111. **Романов Геннадий Романович,** магистрант. Донской Государственный Технический Университет.
112. **Руденко Николай Валерьевич,** доцент кафедры «Радиоэлектроника», к.т.н., доцент. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия;

113. **Рудиченко Ольга Сергеевна,** студент. Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС).
114. **Русанов Р.И.,** магистрант. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
115. **Рыбалко Игорь Петрович,** доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
116. **Рыбалко Павел Игоревич,** студент. Ростовский государственный экономический университет (РГЭУ (РИНХ)), г. Ростов-на-Дону, Россия.
117. **Салифов Ильнур Илдарович,** доцент кафедры МЭС, к.т.н. Уральский технический институт связи и информатики (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге.
118. **Сахаров Иван Александрович,** старший преподаватель. Донской Государственный Технический Университет
119. **Светличная Наталия Олеговна,** доцент, к.ф.н. . Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
120. **Семенов Владислав Александрович,** студент. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
121. **Семиряд Никита Юрьевич,** студент . Донской государственный технический университет.
122. **Синева Ирина Сергеевна,** доцент, к.ф.-м.н., доцент. Московский Технический университет связи и информатики.
123. **Снежков В.И.,** проф., проф., д.ф.-м.н. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
124. **Соколова О.И.,** студент. Ростовский государственный университет путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия.
125. **Соколова Ольга Олеговна,** студентка. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
126. **Сосновский Иван Александрович,** декан СКФ МТУСИ. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
127. **Сумарокова Ольга Владимировна.** ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. Самара, Россия.
128. **Сумин Денис Леонидович,** студент. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

129. Сухоев Алексей Павлович, студент аспирантуры. Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
130. **Табунщикова Полина Михайловна,** студентка ДИ-21. . Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
131. **Тимирбулатова Тамара Эдуардовна,** студентка. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
132. **Трофименко Владимир Николаевич,** доцент, к.т.н., доцент. Донской государственный технический университет (ДГТУ).
133. **Тузко Ярослав Николаевич,** студент. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия.
134. **Усманова Н.Б.,** преподаватель. Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хорезми, Ташкент, Узбекистан
135. **Устименко Дмитрий Леонидович,** доцент, Кандидат философских наук. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
136. **Файсханов Ирек Фоатович,** преподаватель. Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Уральский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации».
137. **Федоров Вадим Геннадьевич,** преподаватель. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
138. **Фокин Владислав Евгеньевич,** студент. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
139. **Харченко Виктор Викторович,** заместитель начальника кафедры ВУНЦ ВВС «ВВА», кандидат технических наук, доцент. Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).
140. **Харченко Данил Викторович,** курсант. Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).
141. **Хороший Антон Алексеевич,** студент. Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
142. **Хурматов Роман Ильдарович,** студент аспирантуры. Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).

143. **Чуб Е.Г.,** студент. Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия.
144. **Шадрунова Ольга Олеговна,** студент. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
145. **Шевчук Петр Сергеевич,** профессор Д.Т.Н., профессор Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».
146. **Шестаков Иван Игоревич,** старший преподаватель кафедры МЭС УрТИСИ СибГУТИ. Федеральное агентство связи Уральский технический институт связи и информатики (филиал) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге (УрТИСИ СибГУТИ).
147. **Шункова Ирина Юрьевна,** курсант. Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург.
148. **Шустова Наталия Андреевна,** студентка. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
149. **Юрченко Евгения Владимировна,** аспирант УрТИСИ СибГУТИ. Уральский технический институт связи и информатики (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге
150. **Юхнов Василий Иванович,** заведующий кафедрой ИТСС, кандидат технических наук доцент. Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону, Россия.
151. **Явтушенко Павел Владимирович,** студент. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
152. **Яковенко Анатолий Алексеевич,** профессор кафедры ЭиУ СКФ МТУСИ. Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.
153. **Янкина Ангелина Игоревна,** студент. Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону, Россия.
154. **Яремко Игорь Николаевич,** доцент кафедры «Автоматики и телекоммуникаций», к.т.н. ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет».

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ


Абдужаилов Ж.А. .....399
Абрамова Н.И. .....25
Акимочев Е.А. .....15
Акопян В.А. .....30
Акулин П.П. .....453
Артозей Г.А. .....225
Бабычев А.М. .....20
Бадыштова К.Д. .....531
Батурина Н.Ю. .....25
Баяндурова А.А. .....332
Бедретдинов А.Д. .....627
Безуглый Ю.А. .....458
Беленькая М.Н. .....30, 501
Белоусов И.В. .....36, 42
Белубекян М.В. .....48, 55
Бинеев Э.А. .....534
Богинская В.В. .....61
Болдырихин Н.В. ...215, 217, 296, 322, 518
Борисов Б.П. .....66, 74, 463
Бородин А.В. .....78
Боярчук А.Э. .....537, 542
Будылдина Н.В. .....20
Бутенко В.А. .....82
Вершенник А.В. .....458, 466, 472, 477, 484
Вершенник Е.В. .....466, 472, 477
Винокуров С.А. .....547
Власов Д.А. .....98
Власова П.С. .....633
Волков В.С. .....66, 74
Волкова А.А. .....627
Воротынцева А.Д. .....557
Гараков В.Г. .....48
Гахраманова Н.Д. .....190
Герасимов И.Н. .....102
Гизатуллин М.Г. .....557, 562
Гирин. И.С. .....215
Глушак Е.В. .....222, 305, 368, 416
Гниломёдов Е.И. .....108
Головина И.В. .....567
Головской В.А. .....493, 505
Гончарова О.В. .....571, 574
Грабовый К.Д. .....580
Данилов В.А. .....117, 122
Данилова Л.В. .....117
Дерканосов М.А. .....127
Докучаев С.А. .....583, 586
Дорохин И.В. .....145, 152
Евстафьев В.В. .....134, 138, 353
Елисеев А.В. .....145, 152
Елисеев В.С. .....322
Енгибарян И.А. .....442
Ершов В.В. .....161
Жабинский Ю.В. .....122
Жильникова Е.В. .....488
Жильцов В.А. .....166
Жмайлова Н.Б. .....173
Жук А.С. .....493
Жуковский А.Г. .....145, 152, 225, 229, 234, 239, 244
Жуковский Д.А. .....229
Загинайло М.В. .....178
Зайцев Е.С. .....30
Закалкин П.В. .....458, 484
Зверев А.П. .....183
Ибрагимов Б.Г. .....190, 196
Игнатьев О.Л. .....205
Игнатьева О.В. .....205
Игначкова Е.В. .....212, 275
Исаев Я.С. .....196
Казачанская Е.А. .....326
Калиенко И.В. .....25, 61, 590
Калинченко Г.А. .....251
Калмыкова Я.О. .....511
Карлаш А.Н. .....598
Качмар С.А. .....260
Качнов С.А. .....215, 217
Кашуба К.А. .....25
Ким Е.И. .....36
Киреев М.О. .....222
Кирьянов А.В. .....466
Клейменова Р.Е. .....442
Кобак В.Г. .....225, 229, 234, 239, 244
Колбасин Д.В. .....212
Коломиец Е.А. .....102
Конкин Б.Б. .....602
Константинова Я.Б. .....251
Корионов И.П. .....501
Коробенко С.В. .....518
Королева Л.П. .....270, 272
Костецкая Г.С. .....583, 586
Кошепаров Д.Я. .....30
Краснов К.А. .....501
Красулин В.В. .....254
Крылов Д.И. .....260
Кубах Е.В. .....263
Кузин А.П. .....229, 244
Куприянов Н.А. .....484
Кутиков П.А. .....270
Лаврентьев К.И .....272
Лобзенко П.В. .94, 212, 260, 531, 580, 616, 620, 625
Лободинов В.С. .....353

Львов В.Л. ....275
Львов К.В. ....275
Мамедов В.С. ....505
Мамедов Э.Э. ....145, 152
Манин А.А. ....405, 518
Маршаков Д.В. ....178
Махров С.С. ....82
Мелешин А.С. ....270, 272, 310
Мержвинский А.А. ....282
Михальчук В.Д. ....296
Моловцев М.Д. ....299
Молоковский И.А. ....447
Мухачев С.В. ....511
Николаева Т.Н. ....614
Новиков С.П. ....453
Нуйкин Е.С. ....305
Нуриев Н.Н. ....310
Опарин А.Ю. ....606
Орлов В.Г. ....15
Осипенко И.А. ....61, 590
Павлов А.А. ....296
Пан С.Р. ....608
Папян А.А. ....55
Парфентьева О.В. ....567
Перепечаев А.В. ....514
Першин М.М. ....562
Пешкевич А.А. ....234, 239
Погребняк С.А. ....313
Половинченко М.И. ....322
Поляков И.И. ....614
Полякова М.В. ....343
Полянский А.С. ....260
Полянский С.А. ....94, 212, 531, 580, 616, 620, 625
Попов С.В. ....313
Попова А.В. ....458, 472
Попова В.П. ....534
Поркшеян В.М. ....234, 244
Пугачев И.В. ....608
Рахимьянова Т.В. ....616
Рачинский Б.В. ....625
Решетникова И.В. ....326, 364
Решетникова К.А. ....161, 332, 343, 348
Романов Г.Р. ....488
Рощин А.А. ....620
Руденко Н.В. ....134, 138, 161, 353, 359
Рудиченко О.С. ....627
Русанов Р.И. ....161
Рыбалко И.П. ....183, 322
Рыбалко П.И. ....598
Салифов И.И. ....431
Сафарьян О.А. ....442
Сахаров И.А. ....488
Светличная Н.О. ....251, 310, 586
Семенов В.А. ....134, 138
Семиряд Н.Ю. ....364
Сенникова В.Е. ....42
Середин А.А. ....625
Синева И.С. ....299
Снежков В.И. ....590
Соколова О.И. ....332, 343, 348
Соколова О.О. ....353
Сосновский И.А. ....405, 518
Сумарокова О.В. ....368
Сумин Д.Л. ....134, 138
Табунщикова П.М. ....251
Тимирбулатова Т.Э. ....359, 371
Ткачук Е.О. ....376, 385
Ткачук Е.О. ....254
Ткачукс В. ....254
Ткачукс Н. ....385
Трофименко В.Н. ....608, 627
Тузко Я.Н. ....359
Тютюнникова А.И. ....442
Усик А.С. ....122
Усманова Н.Б. ....399
Устименко Д.Л. ....614
Файсханов И.Ф. ....522, 633
Федоров В.Г. ....472
Фокин В.Е. ....405
Харченко В.В. ....408
Харченко Д.В. ....408
Хороший А.А. ....501
Хуснуллин В.И. ....416
Чикалов А.Н. ....98, 127
Чуб Е.Г. ....348
Шадрунова О.О. ....640
Швидченко С.А. ....239
Шевчук П.С. ....36, 42
Шестаков И.И. ....108
Шимельфених К.А. ....66, 74
Шункова И.Ю. ....458, 466, 477
Шустова Н.А. ....647
Щербань И.В. ....173, 263
Юрченко Е.В. ....431
Юхнов В.И. ....405, 442, 537, 542
Явтушенко П.В. ....78, 571
Якименко С.И. ....447
Яковенко А.А. ....640, 647
Янкина А.И. ....463, 574
Янкина Ю.Ю. ....225
Яремко И.Н. ....166