



**ПОЛИТЕХ**

Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

На правах рукописи

**Давлятова Малика Абдимуратовна**

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ  
ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И  
ГЕНЕРИРУЕМЫХ УСЛУГ СВЯЗИ**

05.02.23 - Стандартизация и управление качеством продукции

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Санкт-Петербург  
2021

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Научный  
руководитель: **Стародубцев Юрий Иванович**  
Заслуженный деятель науки РФ, доктор военных наук,  
профессор

Официальные  
оппоненты: **Максимов Роман Викторович**  
Заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук,  
профессор, Краснодарское высшее военное училище имени  
генерала армии С.М. Штеменко, профессор 21 кафедры

**Лиференко Виктор Данилович**  
доктор технических наук, профессор, Военно-космическая  
академия имени А.Ф. Можайского, профессор 83 кафедры

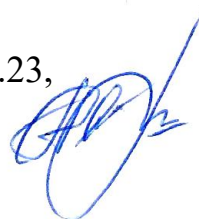
Ведущая  
организация: Федеральное государственное казённое военное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Академия Федеральной службы охраны Российской  
Федерации» (Академия ФСО России)

Защита состоится «02» октября 2021 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета У.05.02.23 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, корпус 4, аудитория 311).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (<https://library.spbstu.ru/ru/>).

Автореферат разослан «\_\_\_» августа 2021 года.

Ученый секретарь диссертационного совета У.05.02.23,  
кандидат технических наук



Газизулина А.Ю.

## **I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Актуальность темы диссертации.**

Отрасль связи – одна из наиболее быстро развивающихся отраслей экономики Российской Федерации. Отрасль связи является не только основой перехода к цифровой экономике, но и основным драйвером развития, обеспечивающим функционирование всех отраслей экономики. В частности, телекоммуникации сыграли огромную роль во время кризиса, вызванного пандемией новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Телекоммуникации являются основополагающей платформой, на базе которой функционируют в том числе приоритетные направления модернизации и технологического развития российской экономики.

Актуальность темы диссертации определяется развитием отрасли связи, осуществляемом по нескольким направлениям, основными из которых являются: обеспечение доступности услуг связи для населения путем устранения цифрового неравенства, расширение номенклатуры услуг связи, стимулирование развития инфраструктуры связи и инфокоммуникационных технологий.

Одним из важнейших направлений развития отрасли связи является обеспечение удовлетворенности потребителей качеством услуг связи и возможности осознанного выбора поставщиков услуг. Для реализации данного направления необходимо обеспечить решение задач управления качеством инфотелекоммуникационных систем (далее – ИТКС) и генерируемых ими услуг связи.

### **Степень изученности и разработанности проблемы.**

Теоретической основой диссертации послужили исследования в области управления качеством услуг таких зарубежных ученых, как К. Гренроос, Ф. Тейлор, Э. Деминг, К. Исикава, Г. Тагути, А. Фейгенбаум, Ф. Кросби, У. Шухарт и других.

В отечественной науке данное направление исследований представлено в работах таких ученых, как И.З. Аронов, А.В. Гличев, В.Н. Козловский, А.А. Курочкина, В.В. Окрепилов, Р.А. Фатхутдинов и других.

Проблемы управления качеством применительно к ИТКС и услугам связи рассматривалась в работах зарубежных и отечественных ученых, в частности В.Г. Анисимова, Е.Г. Анисимова, А.С. Белова, Е.А. Голубицкой, Т.А. Кузовковой, В.В. Макарова, Н.Ш. Ватолкиной, Ю.И. Стародубцева и др.

**Цель диссертации** – повышение качества услуг связи, предоставляемых операторами связи путем управления параметрами инфотелекоммуникационных систем и услуг связи.

**Задача исследования** – разработка научно-методического обеспечения, которое включает технические решения и способы повышения качества услуг связи:

1. Способ внешнего контроля качества предоставляемых сетью связи услуг;
2. Способ биллинга с учетом качества предоставляемых услуг связи;
3. Биллинговая система, учитывающая качество услуг связи, и способ ее реализации.

**Соответствие исследования паспорту специальностей ВАК.** Работа выполнена в соответствии с паспортом специальности ВАК 05.02.23 «Стандартизация и управление качеством продукции», в области исследования «1. Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов», «3. Методы стандартизации и менеджмента (контроль, управление, обеспечение, повышение, планирование) качества объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции».

**Теоретическую основу исследования** составили классические и современные теоретические разработки отечественных и зарубежных ученых, научные публикации и методические материалы научно-практических конференций и семинаров в области стандартизации и управления качеством инфотелекоммуникационной системы и услуг связи.

**Методологическая основа исследования.** Исследование основывается на следующих методах: контентанализ нормативно-правовых документов, теория управления, теория связи, теория прогнозирования, аналитико-имитационное моделирование, теория распознавания образов, табличный и графический методы концептуализации и интерпретации данных.

**Информационно-эмпирическая база.** Исследование базируется на информации, полученной из: нормативно-правовых актов, данных государственной службы статистики РФ, научных публикаций российских и иностранных ученых, публикаций в периодической печати, отображающих актуальные тенденции и передовой опыт по исследуемой теме, а также личного опыта трудовой деятельности на телекоммуникационных предприятиях ЗАО «Телрос», АО «Санкт-Петербургская телекоммуникационная компания» и в Департаменте по информационной безопасности ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

**Научная новизна диссертации** состоит в развитии методологических основ и научно-технических положений по управлению качеством инфотелекоммуникационных систем и услуг связи.

Научная новизна основных результатов исследования заключается в следующем:

1. Разработана аналитико-имитационная модель инфотелекоммуникационной системы с требуемым уровнем надежности ее элементов на основе инновационного способа моделирования, учитывающего деструктивные воздействия на каждый элемент инфотелекоммуникационной системы, при которых элемент инфотелекоммуникационной системы с заданной вероятностью в соответствии с обоснованным законом распределения переходит в неработоспособное состояние.

2. Разработан метод определения параметров направлений развития сетей операторов связи, учитывающий обработку статистических данных о количестве, типе, качестве услуг связи, содержащихся в биллинговых системах операторов связи, и позволяющий определить степень технической инновационности фрагмента инфотелекоммуникационной системы по сравнению с уровнем обеспечиваемого качества услуг связи иных фрагментов

инфотелекоммуникационной системы, с которыми осуществляется взаимодействие.

3. Разработан метод оценки вероятностно-временных показателей технического и инновационного ресурсов элементов инфотелекоммуникационной системы, учитывающий надежность оборудования, обеспечивающего заданные условия эксплуатации элементов инфотелекоммуникационной системы, реализующих основные услуги связи с требуемым качеством.

4. Разработаны научно-технические предложения и способы контроля качества предоставляемых услуг связи на основе инновационных способов, расширяющих функциональные возможности биллинговых систем в части учета качества предоставляемых услуг связи, позволяющих обеспечить повышение информированности операторов связи о качестве услуг связи с точностью до элемента составного канала связи, а также позволяющих обеспечить повышение достоверности информации о качестве предоставляемых услуг связи.

**Апробация и внедрение результатов работы.** Материалы диссертации докладывались и обсуждались на заседаниях Высшей школы сервиса и торговли ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого». Основные положения и результаты исследования докладывались и получили положительные отклики **на следующих научно-практических конференциях:** Конференция с международным участием XLVI «НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ» (Санкт-Петербург, 13–19 ноября 2017 г. СПбПУ); Молодежная конференция «Торговля и сервис от настоящего к будущему: инновации в сфере товаров и услуг» (Санкт-Петербург, 15–16 ноября 2017 г. СПбПУ); XXI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (Санкт-Петербург, 23–25 мая 2018 г, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»); IX международная Научно-практическая конференция «Наука. Общество. Бизнес». (Варшава, Польша. 4-5 октября 2018 г.); Международная научная конференция «DTMIS-2018: "Цифровая трансформация производства, инфраструктуры и сервиса» (Санкт-Петербург, 2018 г. СПбПУ); Конференция с международным участием «НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ» (Санкт-Петербург, 18–23 ноября 2019 г. СПбПУ); Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019 (TPACEE 2019) (Москва, Россия, 20-22 ноября 2019 г.).

**Публикации.** По теме диссертации автором была опубликована 21 научная работа общим объемом 73,3 п.ч. (участие соискателя 34,95 п.ч.), в т. ч.: 2 научные монографии; 2 статьи в научных изданиях, индексируемых международной базой Scopus; 8 статей в журналах, рекомендуемых ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ; 6 патентов на изобретения РФ, а также 1 зарегистрированная программа для ЭВМ.

**Структура диссертации** построена согласно логике изложения поставленных задач и полученных результатов. Работа представлена на 175 страницах и включает в себя: введение, четыре главы, заключение, список использованной литературы. Для удобства восприятия часть материала представлена в 23 таблицах и 27 рисунках.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** представлена тема исследования и обоснована её актуальность, определены предмет и объект исследования, описаны методы исследования, приведен анализ актуальной ситуации в отрасли связи и уровень научной разработанности темы, определена цель исследования и поставлены задачи, определена научная новизна и обоснована практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе «ХАРАКТЕРИСТИКА И ПАРАМЕТРЫ СЕТЕЙ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ»** охарактеризован объект исследования – ИТКС и внешние условия ее функционирования, осуществлен анализ требований международных и отечественных стандартов, регламентирующих качество услуг связи, выявлены внешние и внутренние факторы, влияющие на качество услуг связи. На базе полученных результатов осуществлена постановка научной задачи и формирование направлений ее решения.

Ключевыми характеристиками (параметрами) ИТКС являются:

- Номенклатура (перечень наименований типов услуг связи) и количество услуг связи по каждому типу;
- Характеристики (параметры) услуг связи;
- Параметры телекоммуникационной сети (технические характеристики каналов связи, используемого оборудования);
- Состав и структура ИТКС;
- Технические характеристики используемого программно-аппаратного оборудования (например, коммутационного оборудования);
- Квалификация персонала, эксплуатирующего сеть связи;
- Зона покрытия сети;
- Степень технологической инновационности, предопределяемой количеством типов услуг и их качеством, по сравнению с иными ИТКС, с которыми осуществляется взаимодействие;
- Возможности системы контроля качества сети и услуг связи, в том числе внешнего.

Общее развитие отрасли связи определяется, с одной стороны, ростом спроса на передачу данных (мобильную и фиксированную), с другой стороны – технологическим развитием (ростом технологических возможностей), основной движущей силой которого являются поставщики оборудования, а также различные институциональные образования (от 3GPP и GSMA до регуляторов в области телекоммуникаций отдельных стран). При этом в масштабе отрасли удастся достигать технологического баланса международных и отечественных стандартов с соблюдением интересов всех трех основных групп – абонентов, операторов и поставщиков оборудования.

Жизненный цикл ИТКС включает следующие этапы: подготовительный этап (сбор требований, общее описание состава работ, определение границ проекта и т.д.), проектирование системы, реализация, подготовка к эксплуатации, опытно-промышленная эксплуатация, сопровождение и развитие системы, утилизация.

Любая ИТКС рассчитывается на значительное, но ограниченное количество потребителей – абонентов, определяемое из количества поступающих запросов на соединение по каждому типу услуг и их характеристик (содержания). Исходя из анализа поступивших запросов и обработки статистических данных, содержащихся в биллинговой системе, определяются основные типы услуг и информационные потоки, которые ИТКС должна обеспечивать с определенным уровнем качества услуг связи.

Качество услуг связи зависит от значительного числа факторов. В результате проведенного анализа предложена классификация факторов, влияющих на оценку качества услуг связи:

1) психофизиологическое состояние потребителя услуг, поскольку в настоящее время абоненты формируют только индивидуальное и сугубо субъективное мнение о качестве той или иной услуги связи.

2) тип и качество оконечной аппаратуры, в том числе программного обеспечения, может существенно влиять на объем, характер и качество услуг. Необходимо добиться максимальной адаптации оконечного оборудования как к системе связи, так и к психофизиологическим характеристикам (особенностям) абонентов, поскольку они оказывают непосредственное воздействие на восприятие абонентом услуг связи.

3) система связи общего пользования создается, эксплуатируется и управляется значительным числом операторов связи, а, следовательно, транспортная сеть и сеть доступа в различных регионах РФ является неоднородной по составу, типу оборудования, структуре, используемым протоколам и другим характеристикам, принципиально влияющим на качество предоставляемых услуг.

В основу классификации положен факт влияния всех элементов, последовательно задействованных в представлении и потреблении услуг любой корреспондирующей пары, включая потребителей услуг связи.

На базе проведенного анализа выявлены следующие особенности ИТКС:

1) Качество ИТКС и услуг связи зависит от: характеристик элементов ИТКС и развитости взаимосвязи между ними, внешних условий функционирования ИТКС (выделяют техногенные и преднамеренные воздействия). В разряд ограничений вынесены преднамеренные деструктивные воздействия;

динамики изменения количества абонентов;

количества запросов по каждому типу услуг связи;

требований к качеству услуг связи по каждому типу.

2) Одна и та же ИТКС в разных условиях будет обладать разными свойствами и характеристиками.

3) В виду увеличения абонентской базы и роста количества оконечных устройств, можно говорить об увеличении нагрузки на сеть связи. Увеличение нагрузки на ИТКС является одним из ключевых дестабилизирующих факторов. Неравномерное во времени и пространстве увеличение нагрузки способствует необходимости обеспечения качества услуг связи и адаптивного повышения производительности средств связи на элементах ИТКС.

Увеличение нагрузки на сеть связи обусловлено следующими факторами:

- 1) неравномерный рост населения в различных регионах;
- 2) исходная неравномерность распределения (размещения) абонентов, сопровождающаяся значительными колебаниями в силу активизации внутренних и внешних миграционных процессов;
- 3) прогнозируемый рост числа интернет-пользователей и потребляемого трафика;
- 4) ускоренное увеличение количества персональных устройств и межмашинных соединений;
- 5) увеличение средней скорости широкополосного доступа и прирост видеотрафика и т.д.

**Во второй главе «МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЕТЕЙ И УСЛУГ СВЯЗИ»** проведен анализ известного методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи. Известные подходы к оценке качества услуг связи, в основном, разработаны применительно к ситуации, характеризующейся тем, что каждая система управления фактически опиралась на собственную, выделенную систему связи. При этом большая часть результатов применима к аналоговым системам связи с преимущественным закреплением каналов (трактов) за определенными информационными направлениями, которые в совокупности отражают структуру системы управления. Синтез систем связи осуществляется на базе требований соответствующей системы управления. В основу оценки систем связи легли характеристики (параметры) каналов (трактов) связи.

В результате проведенного анализа выявлены следующие недостатки известного методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи:

- качество предоставляемых услуг связи оценивается опосредованно, с недостаточным уровнем детализации и, как правило, на статистической основе;
- оценка качества услуг связи производится без учета характеристик технологического развития иных технических систем, с которыми осуществляется взаимодействие;
- проектирование, внедрение, опытно-промышленная эксплуатация ИТКС и оценка качества услуг связи производится без учета данных, содержащихся в биллинговых системах операторов связи;
- оценка качества услуг связи производится без всестороннего учета надежности оборудования, обеспечивающего заданные условия эксплуатации элементов ИТКС, реализующих основные услуги связи.

Ввиду сложности объекта исследования – ИТКС – проведение экспериментов является затруднительным, в связи с чем разработана **Аналитико-имитационная модель ИТКС с требуемым уровнем надежности ее элементов.**

Аналитико-имитационная модель разработана на базе инновационных способов:



1. Способ моделирования распределенной сети связи вышестоящей системы управления с необходимым уровнем надежности ее элементов (Патент на изобретение РФ №2736528).

2. Способ моделирования системы мониторинга для систем военной связи. (Патент на изобретение РФ №2714610).

Разработанная аналитико-имитационная модель осуществляет процесс моделирования сети связи с требуемым уровнем надежности ее элементов, заключающийся в том, что моделируют структуру и топологию ИТКС, моделируют основные процессы управления, оценивают степень удовлетворения абонентов ИТКС телекоммуникационными услугами.

Отличительными особенностями процесса моделирования сети связи в рамках разработанной модели являются дополнительные этапы: моделируют деструктивные воздействия (R) на каждый элемент ИТКС, при которых элемент распределенной сети связи с заданной вероятностью в соответствии с обоснованным законом распределения переходит в неработоспособное состояние, моделируют максимальную нагрузку (H) ИТКС, формируют модели оценки надежности ИТКС с использованием обоснованных законов распределения случайных величин (R) и (H), выбирают модель с доминирующим законом распределения случайных величин (R) и (H), сравнивают полученные значения вероятности безотказной работы с требуемым значением с учетом выбранного доминирующего закона распределения.

Исходные данные: набор независимых проектных параметров ИТКС  $\bar{X} = \{X_1, \dots, X_n\}$ , параметры  $X_i$ ,  $i = 1..n$ , обеспечивающие нагрузку - H, математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение деструктивных воздействий -  $m_R$ ,  $S_R$ , математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение максимальной нагрузки - H -  $m_H$ ,  $S_H$ , требуемое значение вероятности безотказной работы -  $ВБР_{\text{треб}}$ , постоянная Эйлера -  $\gamma$ .

В качестве доминирующего закона распределения в диссертации принимается нормальный закон распределения, который характеризуется плотностью вероятности вида:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

где  $\mu$  – параметр положения (математическое ожидание);  $\sigma$  – параметр масштаба (стандартное отклонение).

Блок-схема процесса моделирования ИТКС с требуемым уровнем надежности ее элементов представлена на рисунке 1.

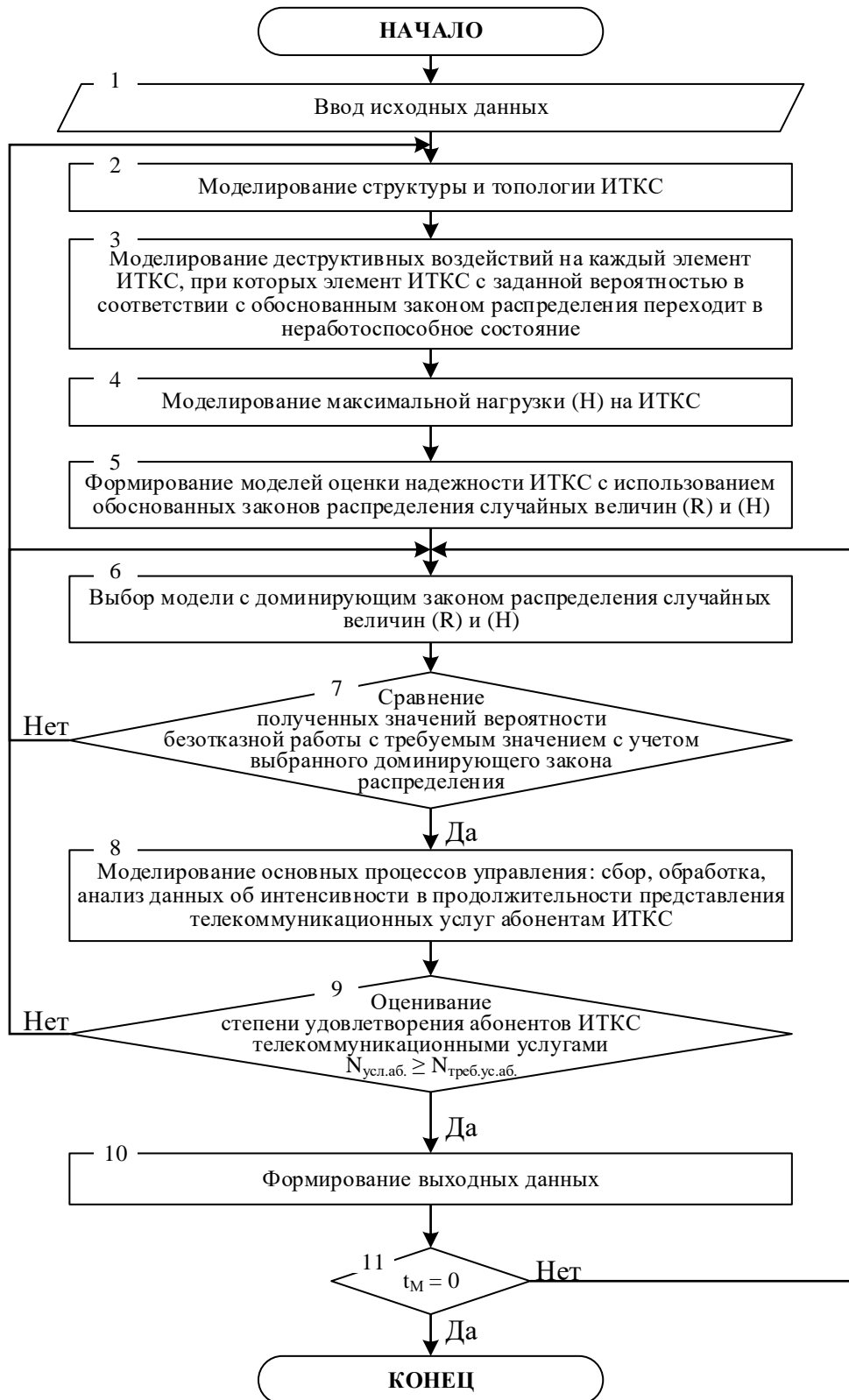


Рисунок 1 – Блок-схема процесса моделирования сети связи с требуемым уровнем надежности ее элементов

Таким образом, в случае, если абоненты не удовлетворены требуемым набором телекоммуникационных услуг, осуществляется возврат к блоку 2, где происходит моделирование новой структуры и топологии ИТКС, исходя из предъявляемых к ней требований.

Если же абоненты удовлетворены требуемым набором телекоммуникационных услуг, то переходят к блоку 10, где формируют выходные данные и затем к блоку 11, где производят остановку процесса моделирования.

В целях повышения качества ИТКС и услуг связи разработан **Метод определения параметров направлений развития сетей операторов связи**, предоставляющих большой набор услуг с повышенным качеством.

Алгоритм метода представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Алгоритм метода определения параметров направлений развития сетей операторов связи, предоставляющих большой набор услуг с повышенным качеством

Исходные данные:  $n$  – количество абонентов;  $k$  – количество услуг;  $\alpha$  – достоверность оценки;  $\varepsilon$  – точность оценки;  $k_{ij}^{cx}$  – коэффициент сходства  $i$ -го объекта с  $j$ -м объектом;  $\bar{t}_c$  – среднее время, в течение которого сохраняется

требуемый или заданный уровень различий;  $\mu$  – производительность коммутационного оборудования;  $F$  – ёмкость коммутационного оборудования;  $C$  – пропускная способность линий связи;  $\hat{R}(t)$  – технико-эксплуатационная надежность элементов и узлов в целом;  $G$  – условное выделение поколений технологии связи.

Последовательное выделение кластеров по плотности узлов и степени инновационности в рамках диссертации осуществляется посредством оценки инновационного ресурса определенного квазиоднородного фрагмента ИТКС.

Величина инновационного ресурса является функцией значительного числа аргументов:

1. внутренние (собственные характеристики узлов, линий связи или даже фрагментов системы связи);
2. внешние, характеризующие сходные параметры взаимодействующих узлов, линий связи или фрагментов системы связи, выделенных методами кластеризации (алгоритм ФОРЭЛ, например).

Количественно величина инновационного ресурса зависит как от детерминированных, так и от случайных факторов, а следовательно, может в общем случае оцениваться вероятностно-временной парой показателей  $\langle P, \bar{t} \rangle$  с соответствующими индексами  $P_{ij}, \bar{t}_{ij}$ , где  $i$  – заданный квазиоднородный фрагмент ИТКС, а  $j$  – другие отдельные квазиоднородные фрагменты ИТКС. Для оценки реальной, а не модельной ситуации в качестве показателя в диссертации применяются: коэффициент сходства  $i$ -го объекта с  $j$ -м объектом на заданный момент времени; среднее время, в течение которого сохраняется требуемый или заданный уровень различий.

Сравнительная оценка  $i$ -объекта с окружающим фоном по уровню инновационности проводится посредством применения методов кластеризации данных. В частности, в рамках диссертации разработано Программное средство выделения квазиоднородных фрагментов инфотелекоммуникационной системы (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU №2018660168), в основу которого положен метод кластеризации данных ФОРЭЛ.

Функционал качества имеет вид:

$$F = \sum_{j=1}^k \sum_{x \in K_j} \rho(x, W_j) \quad (2)$$

где первое суммирование ведется по всем кластерам выборки, второе суммирование – по объектам, принадлежащим текущему кластеру  $K_j$ , а  $W_j$  – центр текущего кластера,  $\rho(x, y)$  – расстояние между объектами.

Фрагмент неоднородной ИТКС с выделением неоднородностей, характеризующихся различным уровнем технологического развития, представлен на рисунке 3.

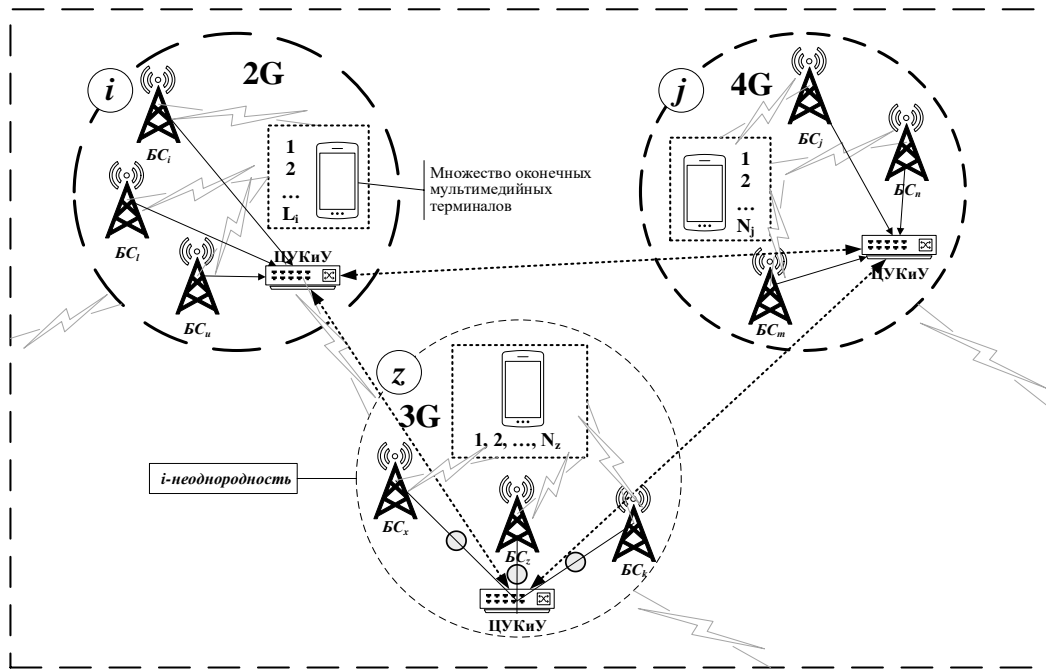


Рисунок 3 – Фрагмент ИТКС с выделением неоднородностей, характеризующихся различным уровнем технологического развития

Определение типа сети связи осуществляется посредством применения теории распознавания образов.

Далее осуществляется формирование структуры информационного тяготения между множеством абонентов выделенных квазиоднородных фрагментов. На базе результатов, полученных в ходе реализации вышеуказанных этапов, осуществляется определение координат потенциального внедрения инноваций.

На этапе сравнительного анализа  $i$ -объекта с эталонным описанием выделенных поколений развития системы связи в рамках диссертации предлагается рассчитывать коэффициент сходства заданного фрагмента ИТКС с текущим уровнем, характеризующим идентичные по функциям или роли объектам других операторов, либо другим фрагментам ИТКС.

Исходя из базы данных биллинговой системы  $i$ -оператора формируется матрица показателей (таблица 1) и принимается решение о масштабе инновационных решений.

Таблица 1 – Матрица, формируемая из базы данных биллинговой системы

Показатель		$G_i$	$G_j$	$G_k$	$G_x$	$G_y$
$G_i$	$\sum_{i=1}^n t_i$ совокупная продолжительность соединений по всем видам услуг, мин. (за ед. времени)	$T_i$	$T_{ij}$	$T_{ik}$	$T_{ix}$	$T_{iy}$
	$\sum_{i=1}^n S_i$ стоимость услуг, руб. (за ед. времени)	$S_i$	$S_{i+j}$	$S_{i+k}$	$S_{i+x}$	$S_{i+y}$
	$n$ количество абонентов, чел.	$n_i$	$n_j$	$n_k$	$n_x$	$n_y$
	$k$ количество предоставляемых услуг связи, шт	$k$	$k+l_j$	$k+l_k$	$k+l_x$	$k+l_y$

Рассчитанный  $K_{ин}$  позволяет объективно оценить степень различия  $i$ -объекта с объектом, принятым за эталон. Матрица (таблица 1) позволяет  $i$ -оператору, оценив собственный ресурсный потенциал, выбрать масштаб инновационных изменений, направленный на увеличение типов услуг связи и их качества.

Далее осуществляется оценка дополнительных показателей, в том числе экономических, для определения целесообразности внедрения инноваций.

Выходные данные: параметры инновационного развития (локация, время и масштаб внедрения инноваций).

Суть разработанного метода обобщенно заключается в реализации следующих этапов:

1) выделение квазиоднородных фрагментов ИТКС, генерирующих определенное количество типов услуг связи с заданным качеством;

2) выявление статистической зависимости информационного тяготения множества абонентов квазиоднородных по качеству элементов выделенных фрагментов ИТКС;

3) оценка инновационного ресурса (временной интервал, в течение которого с заданной вероятностью  $i$ -й объект обладает отличительными особенностями по количеству и качеству услуг связи по отношению к множеству аналогичных по функциям объектов, которые обеспечивают иную производительность и качество услуг связи).

Периодичность оценки зависит темпов научно-технического развития в области связи и количества абонентов в заданном фрагменте ИТКС, а также степени изменения технологических характеристик взаимодействующих фрагментов ИТКС.

Разработанный метод направлен на определение степени технической инновационности фрагмента ИТКС, следовательно, объема и качества услуг связи, по сравнению с уровнем технологического развития иных фрагментов ИТКС, с которыми осуществляется взаимодействие.

В рамках диссертации разработан **Метод оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса фрагментов ИТКС, генерирующих услуги связи определенного типа.**

Применительно к аппаратной части ИТКС технический износ сохраняет свое значение, но применительно к программной части – требует коррекции, поскольку она не подвержена техническому износу. Степень утраты инновационного ресурса, в свою очередь, предопределяется темпами внедрения инновационных решений.

Процесс физического износа рассматривается как процесс постепенного истощения технического ресурса.

Подход к установлению сроков службы аппаратной части ИТКС должен исходить из теории надежности, поскольку современные технические средства состоят из множества взаимодействующих компонентов.

В результате анализа справочников надежности радиоэлектронных изделий выявлена обратная зависимость степени интеграции от надежности изделия.

Надежность элементов ИТКС зависит от: степени интеграции, температуры окружающей среды, типа корпуса, напряжения питания, жесткости условий эксплуатации и т.п.

Зависимость характеристик надежности и степени интеграции при  $t=25^\circ$  и значения коэффициента режима  $K_{с.т}$  в зависимости от сложности интегральной микросхемы и температуры окружающей среды представлены на рисунках 4 и 5 соответственно.

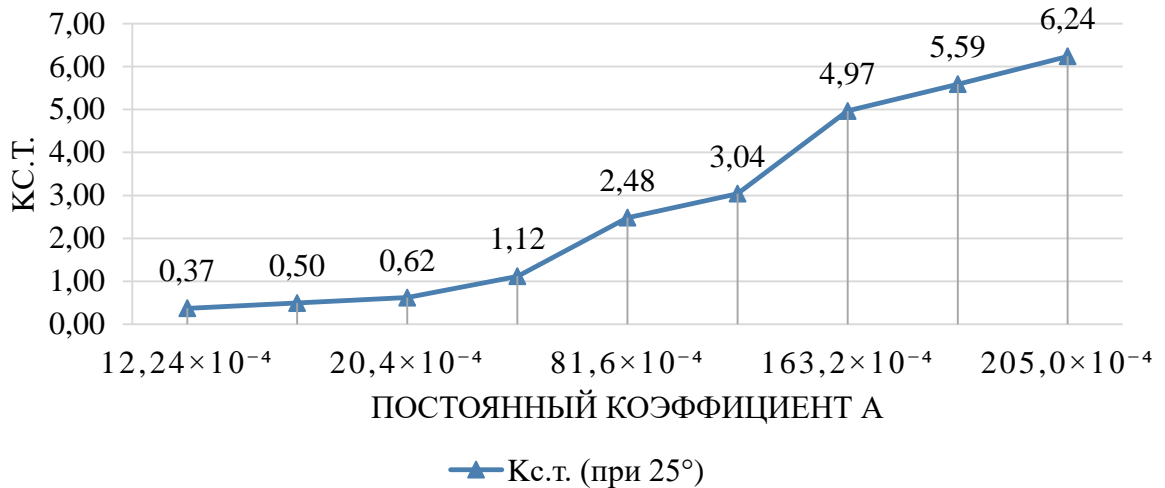


Рисунок 4 – Зависимость характеристик надежности от степени интеграции

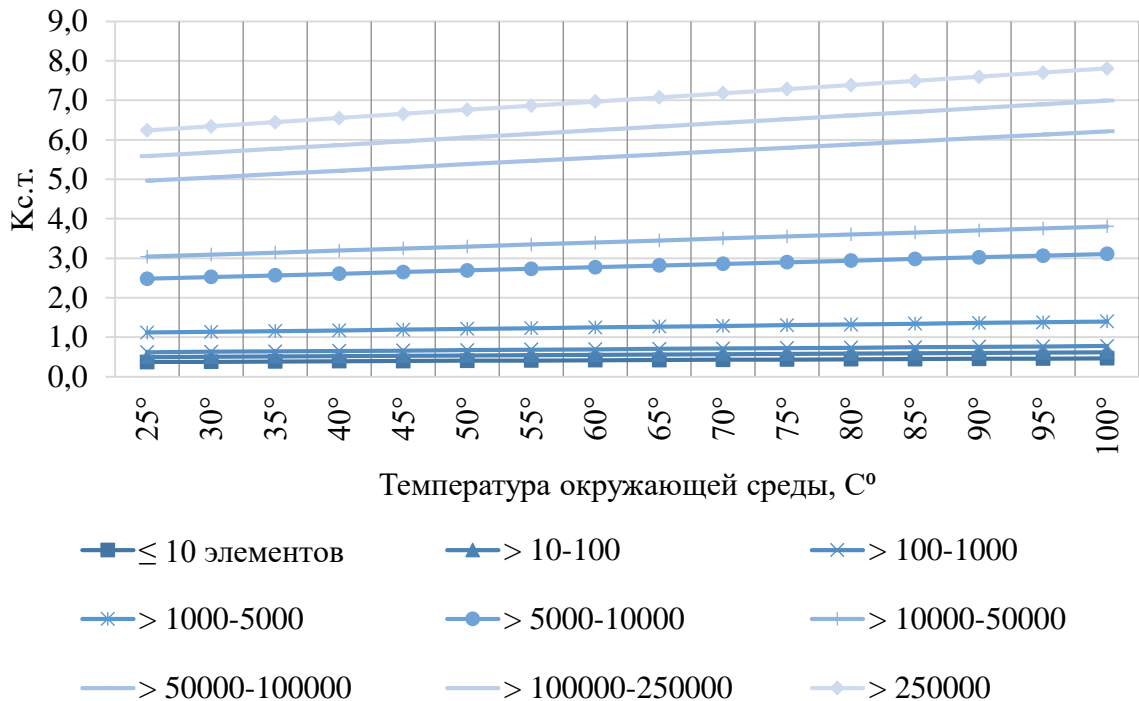


Рисунок 5 – Значения коэффициента режима  $K_{с.т}$  в зависимости от сложности интегральной микросхемы и температуры окружающей среды

Таким образом, выявлено, что изменение температуры корпуса в 4 раза практически эквивалентно снижению надежности при увеличении степени интеграции на 1 порядок, то есть надежность аппаратных средств напрямую зависит от условий эксплуатации.

Время и вероятность выхода из строя того или иного элемента ИТКС необходимо рассчитывать исходя из расчета времени и вероятности выхода из строя устройств, обеспечивающих заданные условия функционирования, для которых нормированы показатели надежности. В этой связи, структурно-логическую схему рекомендуется составлять не только для основных, но и для обеспечивающих устройств.

В рамках метода разработаны две эквивалентные схемы:

- 1) для последовательно соединенных элементов, необходимых для выполнения основных функций;
- 2) для параллельного соединения ветвей, одна из которых включает элементы, обеспечивающие заданные условия эксплуатации.

Финальная оценка технического ресурса фрагмента ИТКС, генерирующего услуги связи определенного типа, для параллельной эквивалентной схемы осуществляется по выражению:

$$T = \frac{1}{\Lambda} = - \frac{t}{\ln[1 - (1 - e^{-\lambda_1 t}) \cdot (1 - e^{-\lambda_2 t})]}, \quad (3)$$

где  $T$  – средняя наработка на отказ,  $\Lambda$  – интенсивность отказов.

Разработанный метод позволяет определить технический ресурс фрагмента ИТКС, генерирующего услуги связи определенного типа.

**В третьей главе «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УСЛУГ СВЯЗИ»** осуществлен анализ известных способов контроля качества услуг связи, а также представлены разработанные технические предложения:

- способ внешнего контроля качества предоставляемых сетью связи услуг (Патент на изобретение РФ №2669535);
- способ биллинга с учетом качества предоставляемых услуг связи (Патент на изобретение РФ №2708512);
- автоматизированная система и способ приема платежей за качественные услуги связи (Патент на изобретение РФ №2705422).

Разработанный **способ внешнего контроля качества предоставляемых сетью связи услуг** направлен на решение технической проблемы, заключающейся в представлении потребителям услуг связи объективных данных о качестве предоставляемых услуг без их вмешательства в процесс функционирования сети.

Из существующего уровня техники известны различные способы определения представления услуги передачи данных, но способы представления потребителям услуг связи объективных данных о качестве предоставляемых услуг без их вмешательства в процесс функционирования сети, отсутствуют.

Способ внешнего контроля качества предоставляемых сетью связи услуг заключается в том, что задают объект измерения; передают и принимают импульсную последовательность; обнаруживают битовые ошибки; подсчитывают их количество; дополнительно задают исходные данные: пары корреспондирующих абонентов; тестовую последовательность, известную заданной паре абонентов, состоящую из  $K$  бит, требуемую вероятность битовой ошибки ( $P_{\text{ош}}$ ); периодичность ( $T_{\text{изм}}$ ) проведения измерений вероятности битовой



ошибки ( $P_{\text{ош}}$ ) при максимальной скорости передачи ( $V_{\text{max пер}}$ ); в непрерывно функционирующей сети, в реальных условиях эксплуатации передают и принимают тестовую последовательность между парой корреспондирующих абонентов при максимальной скорости передачи ( $V_{\text{max пер}}$ ); рассчитывают вероятность битовой ошибки ( $P_{\text{ош}}$ ) тестовой последовательности; запоминают в матрицу ( $M$ ) их значения вероятности на информационном направлении; сравнивают значения требуемой вероятности битовой ошибки ( $P_{\text{ош тр}}$ ) со значениями вероятности битовой ошибки ( $P_{\text{ош}}$ ) тестовой последовательности и формируют сигнал, подтверждающий качество предоставляемых услуг связи.

Таким образом, обеспечивается реализация потребителями услуг связи внешнего, независимого и объективного контроля за качеством предоставляемых услуг без остановки любого элемента сети, без применения специальных средств измерения, в условиях всех воздействующих факторов.

**Разработанный способ биллинга с учетом качества предоставляемых услуг связи** направлен на расширение функциональных возможностей биллинговых систем.

Способ биллинга с учетом качества предоставляемых услуг заключается в том, что производят аутентификацию и авторизацию клиента, собирают данные о предоставляемых услугах, определяют стоимость предоставленных услуг, формируют отчет, записывают в запоминающее устройство пороговые значения показателей качества предоставляемых услуг, формируют с помощью кодера тестовую последовательность, во время получения услуги передают по каналам связи тестовую последовательность, принимают тестовую последовательность, вычисляют с помощью декодера значения показателей качества, сравнивают с помощью процессора вычисленные значения показателей качества с заданными пороговыми значениями, если вычисленное значение показателя меньше порогового, продолжают сбор данных, содержащих информацию о предоставляемых услугах, и определение стоимости предоставленных услуг, если вычисленное значение показателя качества больше порогового, то определяют временной интервал, в течение которого вычисленное значение показателя качества больше порогового, считают в данном временном интервале услугу не оказанной, исключают из расчета стоимости.

Таким образом, за счет учета качества предоставляемых услуг достигается повышение информированности производителей о качестве услуг связи с точностью до элемента составного канала связи.

Разработанное техническое решение **«Биллинговая система, учитывающая качество услуг связи, и способ ее реализации»** направлено на расширение области применения существующих систем и способов, создание автоматизированной системы приема платежей за качественные услуги связи, позволяющей объективно определять уровень качества предоставляемых услуг связи для потребителя. Блок-схема автоматизированной системы формирования исходных данных представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Блок-схема автоматизированной системы формирования исходных данных

Алгоритм работы автоматизированной системы формирования исходных данных реализуется следующим образом:

Предварительно данные, сообщенные участниками системы (регистрационные данные участников системы (например, платежные и иные реквизиты, необходимые для проведения финансовых операций и т.д.), идентификационные данные участников системы (логин и пароль), данных о тарифах на предоставляемые услуги, данные об остатке средств на лицевом счете абонента) через устройство ввода-вывода 1, устройство управления коммутатором 2, устройство лицевыми счетами абонентов 6 передают в устройство хранения 8, где записывают в соответствующие базы данных.

Отличительной особенностью является этап формирования тестовой последовательностью устройством периодической генерации и передачи уникальной тестовой последовательности 5. Тестовая последовательность через окончательный мультимедийный терминал «А» 4, устройство коммутации 3 передается через ИТКС корреспонденту.

На приемной стороне тестовая последовательность поступает в устройство оценки текущего качества услуг 11, где производится измерение и расчет заданных показателей качества услуг связи. Данные о значениях показателей текущего качества услуг поступают в устройство сравнения 10, на второй вход которого поступают критериальные значения одноименных показателей качества заданных услуг связи. В течение времени получения услуги в устройство оценки разговоров 7 поступают данные о предоставленных услугах (номера вызывающего и вызываемого абонента; длительность разговора и т.д.).

Сигнал с выхода логической схемы «2И» 12 поступает в устройство оценки разговоров 7. Если устройством оценки разговоров 7 принят сигнал «1», то

считают, что качество предоставленных услуг не соответствуют установленным нормам. В устройстве оценки разговоров 7 фиксируют временной интервал, в течение которого показатели качества услуг не соответствовали заданным требованиям. Если принят сигнал «0», то считают, что качество предоставленных услуг соответствуют установленным нормам и в соответствии с полученными данными о разговорах абонентов и тарифах на предоставляемые услуги, в устройстве оценки разговоров 7 производится расчет стоимости. Таким образом, за счет учета качества услуг связи появляется возможность коррекции платежей и достигается повышение информированности производителей о качестве услуг связи с точностью до элемента составного канала связи.

**В четвертой главе «УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАЗРАБОТАННЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ»** охарактеризована идея модернизации биллинговой системы в направлении создания возможности индивидуализированного учета качества получаемых (потребляемых) услуг связи. Реализация разработанных решений возможна только на основе своевременных и достоверных данных, характеризующих как состояние системы связи, так и реальный спрос на услуги связи. Разработана инновационная технология повышения квалификации персонала предприятий связи и результаты оценки ее эффективности.

**Эффективность** разработанных решений заключается в следующем:

1. Для операторов связи:

1.1. Разработанное в рамках диссертации методическое обеспечение позволяет выявлять фрагменты ИТКС, не обеспечивающие полного набора услуг связи с требуемым качеством по отношению к другим операторам связи.

1.2. Эффективность разработанной аналитико-имитационной модели ИТКС с требуемым уровнем надежности ее элементов составляет порядка **22%** (оценка проводилась путем сравнения достоверности оценки полученных результатов при моделировании процессов, реализующих способ-прототип и при моделировании ИТКС с необходимым уровнем надежности ее элементов в рамках разработанной аналитико-имитационной модели).

1.3. Модернизация биллинговых систем позволяет выявлять элементы ИТКС, снижающие качество услуг связи на основе статистической и структурной обработки массива данных идентифицированных абонентов, запросы которых не были обслужены, следовательно, повышать количество качественных услуг.

1.4. Методика оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса фрагментов ИТКС, генерирующих услуги связи, позволяет обоснованно выбирать оборудование, обеспечивающее заданные условия эксплуатации.

2. Для абонентов:

2.1. Предлагаемые технические решения позволяют абонентам независимо оценивать качество услуг связи.

2.2. Информация в расчетах за услугу может содержать персонифицированные данные, характеризующие качество услуг связи, в отличие от типовой статистической оценки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ключевые результаты диссертации:

1. В результате анализа выявлены следующие недостатки известного методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи:

- качество предоставляемых услуг связи оценивается опосредованно, с недостаточным уровнем детализации и, как правило, на статистической основе;
- оценка качества услуг связи производится без учета характеристик иных технических систем, с которыми осуществляется взаимодействие;
- проектирование, внедрение, опытно-промышленная эксплуатация ИТКС и оценка качества услуг связи производится без учета данных, содержащихся в биллинговых системах операторов связи;
- оценка качества услуг связи производится без всестороннего учета надежности оборудования, обеспечивающего заданные условия эксплуатации элементов ИТКС, реализующих основные услуги связи.

3. Разработана аналитико-имитационная модель ИТКС с требуемым уровнем надежности ее элементов на основе инновационного способа моделирования, учитывающего деструктивные воздействия на каждый элемент ИТКС, при которых элемент ИТКС с заданной вероятностью в соответствии с обоснованным законом распределения переходит в неработоспособное состояние.

4. Разработан метод определения параметров направлений развития сетей операторов связи, учитывающий обработку статистических данных о количестве, типе, качестве услуг связи, содержащихся в биллинговых системах операторов, и позволяющий определить степень технической инновационности фрагмента ИТКС по сравнению с уровнем обеспечиваемого качества услуг связи иных фрагментов ИТКС, с которыми осуществляется взаимодействие.

5. Разработан метод оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса фрагментов ИТКС, учитывающий надежность оборудования, обеспечивающего заданные условия эксплуатации элементов ИТКС, реализующих основные услуги связи с требуемым качеством.

6. Разработанный способ внешнего контроля качества предоставляемых сетью связи услуг обеспечивает реализацию потребителями услуг связи внешнего, независимого и объективного контроля за качеством предоставляемых услуг без остановки любого элемента сети и без применения специальных средств измерения, в условиях всех воздействующих факторов.

7. Разработанный способ биллинга с учетом качества предоставляемых услуг связи направлен на расширение функциональных возможностей биллинговых систем. За счет учета качества предоставляемых услуг достигается повышение информированности производителей о качестве услуг связи с точностью до элемента составного канала связи.

8. Реализация биллинговых систем с функцией оценки качества услуг связи позволит обеспечить входной и/или выходной контроль при обработке транзитного трафика, что соответствует основным принципам теории качества.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

### В изданиях, входящих в МБД SCOPUS

1. Davliatova M., Brechko A., Lvova N., Sorokin M. Enterprise functioning quality management under conditions of destructive program actions // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019. С. 012131. (0,5 п.л., в т.ч. 0,25 авт.).
2. Davliatova M., Starodubtsev Yu., Khnykina T., Semenova Yu.E. The problem of timely training and retraining of workforce and innovative methods of the problem solution // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2018. С. 012116. (0,5 п.л., в т.ч. 0,25 авт.).

### Монографии

3. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Бегаев А.Н. Управление качеством информационных услуг / под общ. ред. Ю. И. Стародубцева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 454 с. (36,75 п.л., в т.ч. 12,25 авт.).
4. Экономика цифровых информационных ресурсов: монография / Ю.И. Стародубцев, М.А. Давлятова ; под общ. ред. Ю.И. Стародубцева. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 452 с. (28,25 п.л., в т.ч. 18 авт.).

### В изданиях, рекомендованных ВАК РФ

5. Давлятова М.А. Методическое обеспечение в области управления качеством сетей и услуг операторов связи // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2021. №3. С. 51-63. (0,8 п.л.)
6. Давлятова М.А. Научно-технические решения и способы контроля качества услуг связи // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2021. №4. С.86-97. (0,8 п.л.)
7. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И. Алгоритм определения параметров инновационного развития предприятий связи // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 4. С. 251-262. (1,5 п.л., в т.ч. 1,0 авт.).
8. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Ильина О.В. Перспективы развития систем стандартизации на основе принципа конкурентной гармонизации // Международный технико-экономический журнал. 2017. № 2. С. 77-81. (0,8 п.л., в т.ч. 0,5 авт.).
9. Давлятова М.А., Курочкина А.А., Стародубцева В.В. Оценка нормативных документов в области качества услуг, предоставляемых на базе инфотелекоммуникационной сети // Перспективы науки. 2016. № 12 (87). С. 107-110. (0,3 п.л., в т.ч. 0,1 авт.).
10. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Стародубцев Г.Ю. и др. Проблема оценки качества услуг, предоставляемых электронными бизнес-технологиями и направления ее решения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2016. № 10. С. 43-47. (1,0 п.л., в т.ч. 0,5 авт.).
11. Давлятова М.А., Стародубцев Г.Ю., Хныкина Т.С. Эволюция развития теории и практики управления качеством // Международный технико-экономический журнал. 2017. № 2. С. 82-85. (0,8 п.л., в т.ч. 0,5 авт.).

12. Davliatova M.A., Starodubtseva V.V., Kurochkina A.A. Assessment of regulating documents in the field of information and telecommunication services // Components of Scientific and Technological Progress.2016.№4(30).С.10-13. (0,5 п.л., в т.ч. 0,25 авт.).

#### **Патенты на изобретения**

13. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Сорокин М.А. и др. Способ биллинга с учетом качества предоставляемых услуг связи. Патент РФ №2708512 от 09.12.2019.

14. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Сорокин М.А. и др. Автоматизированная система и способ приема платежей за качественные услуги связи. Патент РФ №2705422 от 07.11.2019.

15. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Вершенник Е.В. и др. Способ внешнего контроля качества предоставляемых сетью связи услуг. Патент РФ №2669535 от 11.10.2018.

16. Давлятова М.А., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. и др. Способ моделирования распределенной сети связи вышестоящей системы управления с необходимым уровнем надежности ее элементов. Патент РФ №2736528 от 17.11.2020.

17. Давлятова М.А., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. и др. Способ моделирования системы мониторинга для систем военной связи. Патент РФ №2714610 от 18.02.2020.

18. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Ильина О.В. и др. Способ формирования модели компетенций // Патент на изобретение РФ 2701993 от 02.10.2019.

#### **Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ**

19. Давлятова М.А. Программное средство выделения квазиоднородных фрагментов инфотелекоммуникационной системы // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018660168, 17.08.2018. Заявка № 2018616816 от 02.07.2018.

#### **В других научных изданиях (РИНЦ)**

20. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И. Методика оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса элементов систем связи и АСУ // В сборнике: Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях Труды III Межвузовской научно-практической конференции. 2018. С. 316-321. (0,5 п.л., в т.ч. 0,25 авт.).

21. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Коровина Е.К. Задачи управления качеством электронных бизнес-технологий // В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. 2016. С. 497-499. (0,3 п.л., в т.ч. 0,1 авт.).