**Костин Александр Алексеевич. Модели и методы проектирования систем управления телекоммуникационными сетями : Дис. ... д-ра техн. наук : 05.12.13 : Санкт-Петербург, 2003 355 c. РГБ ОД, 71:04-5/10-6**

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА

*На правах рукописи*

**

уд-.:, і. у Г'іо стєпгпь ДU

 **ЖЖШЇ'С,**

****

****

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ**

Специальность 05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Диссертация

на соискание ученой степени доктора технических наук

Санкт-Петербург

2003

**СОДЕРЖАНИЕ**

**ВВЕДЕНИЕ** 5

1. **ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ** 19

* 1. Эволюция методов эксплуатации и систем, обеспечивающих

поддержание процессов технического обслуживания, администрирования и управления телекоммуникационными сетями и их элементами 19

* 1. Анализ тенденций изменения технологий управления сетями

электросвязи 25

* 1. Автоматизация бизнес-процессов операторов связи 29
	2. Анализ существующих методов проектирования и

планирования систем управления сетями электросвязи 33

* 1. Методологический подход к проектированию систем

управления телекоммуникациями 42

Выводы первой главы 47

1. **РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ, ИССЛЕДОВАНИЕ**

**ХАРАКТЕРИСТИК И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТЕЙ СВЯЗИ** 49

* 1. Функциональные модели СТЭ элементов сетей связи 49
	2. Разработка однофазовой модели СТЭ для элементов

сети 51

* 1. Анализ алгоритмов функционирования двухуровневой СТЭ... 62
	2. Оптимизация СТЭ 70

***щ*** Выводы второй главы 76

1. **РАЗРАБОТКА МНОГОФАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ И**

**МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ** 77

з

* 1. Разработка функциональной модели многоуровневой СТЭ 77
	2. Разработка многофазовой модели централизованной СТЭ и

исследование ее характеристик 79

* 1. Исследование вариантов реализации моделей СТЭ для

распределенных объектов технического обслуживания 98

* 1. Оптимизация распределения функций между уровнями

централизованной СТЭ 106

* 1. Разработка и исследование моделей типа M/G/l—» GI/M/1 для

специального класса OAMS систем 115

Выводы третьей главы 125

1. [**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ И УСЛУГАМИ** 127](#bookmark2)
	1. Информационная модель СУЭ 127
	2. Задачи разработки моделей систем управления электросвязью 129
	3. Разработка концептуальной модели СУЭ 132
	4. Разработка модели и исследование характеристик СУЭ для

категории управления неисправностями 138

* 1. Разработка модели и исследование характеристик СУЭ для

категории управления рабочими характеристиками 147

* 1. Разработка модели и исследование характеристик СУЭ для

категории управления конфигурацией 153

* 1. Разработка модели и исследование характеристик СУЭ для

категории управления безопасностью 157

* 1. Разработка общей модели СУЭ 163

♦ 4.9. Исследование характеристик системы управления услугами... 166

4.10.Разработка модели и исследование характеристик системы интегрированного управления телекоммуникационными сетями и услугами 174

4.11 .Оптимизация систем управления телекоммуникациями 185

Выводы четвертой главы 195

1. **ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ 1**97
	1. Разработка метода планирования управления

телекоммуникационными сетями и услугами 197

* 1. Разработка методики решения оптимизационных задач при распределении общих сетевых ресурсов управления NRtmn в

[СУЭ 216](#bookmark166)

* 1. Реализация проектов систем технической эксплуатации

оборудования сетей электросвязи 230

* 1. Реализация методов модульного проектирования систем

управления телекоммуникациями 256

Выводы пятой главы 263

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** 265

Литература 269

ПРИЛОЖЕНИЕ П.1. Акты внедрения результатов

диссертационной работы 293

ПРИЛОЖЕНИЕ П.2. Результаты проведения оптимизации для

концептуальной СУЭ 302

ПРИЛОЖЕНИЕ П.З. Результаты проведения оптимизации для

частных моделей СУЭ 306

ПРИЛОЖЕНИЕ П.4. Распределение функций СУЭ по уровням

управления для некоторых категорий управления 316

ПРИЛОЖЕНИЕ П.5. Реализация методики решения ф оптимизационных задач с использованием «Программы

исследования и оптимизации СУЭ» 337

ПРИЛОЖЕНИЕ П.6. Результаты оптимизации ИСУТ 350

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность проблемы.** В настоящее время развитие телекомму­никаций происходит в направлении создания рынка телекоммуникацион- ных услуг, внедрения новых телекоммуникационных и информационных технологий, их конвергенции. Внедрение новых услуг, как и поддержание существующих, требует соответствующих сетевых ресурсов, при этом со­временные телекоммуникационные услуги реализуются на основе новых телекоммуникационных и информационных технологий и создания муль- тисервисных сетей.

Условия рынка требуют повышения качества предоставляемых по­требителям услуг и, как следствие этого, увеличения затрат на поддержа­ние требуемого качества услуг со стороны операторов связи. Однако опе­раторы связи заинтересованы в снижении эксплуатационных расходов и повышении эффективности процессов эксплуатации сетей связи и их эле- ментов.

Как показывает мировой опыт, решение указанных задач невозмож­но без создания и внедрения на телекоммуникационных сетях эффектив­ных систем управления, позволяющих поддерживать на заданном уровне сетевые ресурсы, необходимые для предоставления качественных услуг. На указанные цели в мире тратится 10 - 20% от стоимости оборудования телекоммуникационной сетей. Следует учитывать, что на существующих сетях используется различное телекоммуникационное оборудование: элек­тромеханические телефонные станции и системы передачи ИКМ, совре­менные цифровые системы коммутации и оборудование SDH, а также обо- • рудование, поддерживающее новейшие инфокоммуникационные техноло­

гии. При этом применяются различные методы эксплуатации, существует различная степень приспособленности оборудования сетей к современным технологиям управления.

Комплексное решение вышеперечисленных задач представляет сложную научную проблему, связанную с разработкой научно­обоснованных методов проектирования систем, обеспечивающих поддер­жание процессов эксплуатации, технического обслуживания, администри­рования и управления телекоммуникационными сетями и их элементами.

Существующий метод проектирования систем управления на основе технологии TMN (системы управления телекоммуникациями), разработан­ной МСЭ-Т (рекомендация М.3010), заключается в создании информаци­онных моделей TMN с использованием протокольно-ориентированного подхода, который не позволяет оптимизировать процессы эксплуатации и управления сетями связи. Внедрение новой технологии управления CORBA, основанной на идее открытого распределенного управления, по­зволило лишь более гибко строить взаимодействие различных систем управления между собой.

Необходимость исследования данной проблематики следует также из сложившейся практики проектирования систем управления ведущими ми­ровыми телекоммуникационными производителями. Создаются лишь ин­формационные модели систем управления на основе технологии TMN, ориентированные на поддержку интерфейсов с телекоммуникационным оборудованием, производимым той же компанией, но без учета сетевых аспектов управления.

Вместе с тем, внедрение систем управления на основе модели TMN на сетях операторов связи определяет необходимость решения научно- технических задач, связанных с исследованием производительности сис­тем управления и повышением эффективности использования ресурсов управления для обеспечения заданных норм качества предоставляемых се­тями услуг.

Учет сетевых аспектов управления, особенно в современных условиях при автоматизации бизнес-процессов операторов связи, требует

разработки новых методов проектирования интегрированных систем управления телекоммуникациями (телекоммуникационными сетями и услугами - ИСУТ). При разработке методов проектирования должны учитываться как эволюционное развитие систем управления, так и их

»

реальное использование на телекоммуникационных сетях.

Сетевые аспекты проектирования систем управления, кроме того, должны отражать использование методов системного проектирования и разработку соответствующего методологического подхода, основанного на учете факторов, связанных с эволюцией методов эксплуатации сетей связи, автоматизации бизнес-процессов операторов связи, а также сетевым харак­тером процессов управления телекоммуникационными сетями.

Проблемы, связанные с сетевым управлением, решались отечествен­ными и зарубежными учеными применительно к сетям ЭВМ. Широко из­вестны теоретические работы, связанные с созданием методов динамиче­ского управления распределением информационных потоков на сетях свя- зи.

Однако имеются серьезные недостатки в современной теории проек­тирования и исследования информационных процессов в системах управ­ления на основе модели TMN, находящейся по существу в стадии станов­ления и отстающей от результатов исследований других аспектов созда­ния, проектирования и исследования современных сетей связи и их эле­ментов. Для реализации методов проектирования систем управления необ­ходима разработка моделей, адекватно описывающих функционирование различных типов систем управления.

В связи с этим решаемые в данной работе задачи разработки моделей • и методов проектирования систем управления телекоммуникационными

сетями являются актуальными и своевременными.

**Цель работы.** Целью диссертационной работы является решение проблемы проектирования систем управления телекоммуникационными

сетями в современных условиях конвергенции телекоммуникационных технологий и создание элементов теории их проектирования, содержащих комплекс моделей, методов проектирования и оптимизации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

* провести систематизированный анализ методов эксплуатации и систем, обеспечивающих поддержание процессов эксплуатации, админи­стрирования, технического обслуживания и управления телекоммуникаци­онными сетями и их элементами, и выявить факторы, которые необходимо учитывать при проектировании систем управления;
* разработать единый методологический подход к системному про­ектированию рассматриваемых классов систем управления;
* разработать модели и методы проектирования систем управле­ния для существующих и мультисервисных сетей на основе единого мето­дологического подхода и с учетом выявленных на этапе анализа факторов;
* выбрать критерии и провести оптимальное распределение функ­ций (ресурсов управления) между иерархическими уровнями систем управления рассматриваемых классов;
* разработать подход к планированию управления телекоммуника­ционными сетями и услугами;
* разработать прикладные программные средства и инженерные методики для проведения исследований характеристик, оптимизации и проектирования систем управления;
* разработать практические рекомендации использования получен­ных теоретических результатов.

**• Методы исследования.** В основу проводимых исследований

положены методы: теории массового обслуживания, теории телетрафика, теория сетей связи, исследования и оптимизации сложных иерархических систем, распределения ресурсов в информационных системах,

статистической оптимизации (случайный поиск), глобального поиска.

**Научная новизна** работы заключается **в** следующем:

1. Сформулирован новый методологический подход к проектирова­нию систем управления телекоммуникационными сетями и их элементами, учитывающий различные факторы развития и совершенствования сетей связи и методов их эксплуатации, возможности использования различных технологий для построения информационных моделей систем управления, а также поддержку бизнес-процессов операторов связи.
2. Разработана совокупность моделей систем, обеспечивающих поддержку процессов эксплуатации, технического обслуживания, админи­стрирования и управления телекоммуникационными сетями, а также под­держку процессов управления услугами.
3. Проведен выбор критерия эффективности и решены задачи опти­мального распределения общих сетевых ресурсов управления между уровнями иерархии систем управления, реализующих различные катего- рии управления технологии TMN и бизнес-процессы операторов связи.
4. Разработаны методы проектирования систем управления теле­коммуникационными сетями на основе предложенного методологическо­го подхода. Построены модели, реализованные в виде модулей на различ­ных этапах проектирования.
5. Предложен новый подход к планированию управления телеком­муникационными сетями и услугами.
6. Научная новизна заключается и в самом предмете исследования: создании элементов теории проектирования систем управления современ­ными мультисервисными сетями и разработке при этом новых моделей,

■» методов проектирования и оптимизации.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Элементы теории многоуровневого модульного проектирования систем управления телекоммуникационными сетями, содержащей

построение комплекса моделей, методов проектирования и оптимизации, а также исследование характеристик систем управления.

1. Модели, методы проектирования, оптимизация и исследование характеристик децентрализованных и централизованных систем техниче­ской эксплуатации существующих сетей связи.
2. Модели и методы проектирования систем управления современ­ными мультисервисными сетями.
3. Выбор критерия эффективности и оптимальное распределение сетевых ресурсов управления между иерархическими уровнями систем управления различных классов.
4. Модель и проектирование системы интегрированного управления телекоммуникационными сетями и услугами.
5. Новый подход к планированию управления телекоммуникацион­ными сетями и услугами.

Реализация разработанных моделей и методов проектирования сис­тем управления позволяет на 20 - 30% повысить производительность сис­тем управления, что дает возможность эквивалентного увеличения зоны обслуживания на телекоммуникационной сети.

**Личный вклад.** Все результаты, составляющие содержание данной работы, получены автором самостоятельно. В гл. 5 использованы результа­ты анализа нескольких проектов систем технической эксплуатации и пла­нов управления телекоммуникационными сетями, а также программные реализации разработанных моделей и методик, выполненных коллективом разработчиков под научным руководством и при непосредственном уча­стии автора.

**Практическая ценность** результатов диссертационной работы заключается в том, что теоретические исследования, выполненные в работе, доведены до инженерных решений в виде набора модулей для проектирования систем управления различных классов. Разработанные

методы проектирования систем управления представлены в виде соответствующих методик для непосредственного практического использования в научно-исследовательских, проектных, производственных и эксплуатационных организациях. Разработанные модели, алгоритмы, формулы, предназначенные для исследования характеристик и оптимизации систем управления, реализованы в виде программных средств на ПК, для которых разработаны соответствующие инструкции пользователям.

Выводы данной работы по разработке функциональных требований к системам управления различных уровней и интегрированной системе управления телекоммуникационной сетью отражены в нормативных доку­ментах Минсвязи России.

Полученные в диссертации результаты использованы в учебном процессе в СПб ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича.

**Реализация и внедрение результатов исследований.** Представлен- ная работа является частью работ, проводимых СПб ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича.

Разработанная на основе результатов данной работы автоматизиро­ванная система технической эксплуатации цифровых систем передачи (АСТЭ ЦСП) находится в коммерческой эксплуатации на Санкт- Петербургской телефонной сети.

Комплекс технических средств централизованного технического об­служивания систем ИКМ-30-4, спроектированный с использованием раз­работанного в диссертации метода, реализован в виде модуля техническо­го обслуживания в НИИ ЦСПИ «Такт», который серийно производится Ф объединением Морион (г. Пермь).

Результаты разработки систем технической эксплуатации для циф­ровых систем коммутации и передачи использованы в НИР и ОКР, прове­денных ЛОНИИС и ЦНИИС.

Разработанный метод планирования управления

телекоммуникациями положен в основу системных проектов создания интегрированных систем управления сетями связи в ОАО «Челябинсксвязьинформ» и «Уралсвязьинформ».

Результаты теоретических исследований использованы в НИР «Ас­пект - ГУТ», выполненной по заданию Минсвязи России.

Выводы и рекомендации диссертации использованы в разработанных под руководством автора двух нормативных документах, утвержденных Минсвязи России, а также компанией Lucent Technologies при адаптации систем управления и разработке проектов для сетей операторов ВСС Рос­сии.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы были представлены и обсуждались на: Азиатско-Тихоокеанских Симпозиумах по управлению и эксплуатации сетей связи: APNOMS'98 (Сендай, Япония, 1998), APNOMS'99 (Кионджу, Южная Корея, 1999), APNOMS'2000 (Нара, Япония, 2000), APNOMS'2001 (Сидней, Австралия, 2001), APNOMS'2002 (Чеджу, Южная Корея, 2002); Международных конференциях по информационным сетям и системам: ICINAS'93, ICINAS'94, ICINAS'96, ICINAS'98 (Санкт-Петербург, 1993, 1994, 1996 и

1. ; Международных конференциях по информационным сетям, системам и технологиям: ICINASTe-2001 (Минск, Беларусь, 2001), ICINSAT-2002 (Санкт-Петербург, 2002); Международных семинарах по теории телетрафика (Москва, 1989; Санкт-Петербург, 1993, 1995); совместных международных семинарах МСЭ-Т - ГУТ (Санкт-Петербург, 1995, 1998; Пермь, 2001); конференции «Сети связи Северо-Западного региона. Проблемы и перспективы NORWECOM-99” (Санкт-Петербург,
2. ; Международной конференции по коммуникациям ІЕЕЕЯСС 2001 (Санкт-Петербург, 2001); 4-ой Международной конференции «Развитие телекоммуникаций в регионах России. Перспективные технологии для

российского телекоммуникационного рынка» (Пермь, 2000); 1-ой Международной конференции «Пути создания интеллектуальной мультисервисной сети связи в составе Российской инфотелекоммуникационной инфраструктуры» (Санкт-Петербург, 2001); Международной конференции «Внедрение современных технологий в ведомственных и корпоративных сетях связи» (Москва, 2001); Международной конференции «Будущее электронных коммуникаций” (Москва, 1994); Международных конференциях по волоконной оптике и телекоммуникациям ISFOC'92 и ISFOC'93 (Санкт-Петербург, 1992 и 1993); Всесоюзной НТК «Применение цифровых систем коммутации на сетях электросвязи» (Куйбышев, 1991); Всесоюзной НТК «Совершенствование технических средств связи для решения проблем информатизации общества в новых условиях» (Санкт-Петербург, 1991); Международных конференциях «Региональная информатика»: РИ 92 и РИ 93 (Санкт- Петербург, 1992 и 1993); Международной конференции «Проблемы функционирования информационных сетей ПФИС-91» (Новосибирск, 1991); V Всесоюзном симпозиуме по проблемам управления на сетях и узлах связи (Минск, 1985); Всесоюзной НТК «Надежность и качество функционирования информационных сетей и их элементов ТШСЭ-85» (Новосибирск, 1985); Всесоюзной НТК «Применение электронных управляющих машин в коммутационной технике» (Минск, 1984); XLII Всесоюзной научной сессии, посвященной Дню Радио (Москва, 1988); Всесоюзной НТК «Проблемы развития ЦСП городских и сельских сетей связи» (Новосибирск, 1987), а также других всероссийских, республиканских, городских совещаниях и семинарах и НТК профессорско-преподавательского состава СПб ГУТ.

На разработанные в рамках данной работы устройства получены 3 авторских свидетельства.

**Публикации.** Результаты выполненных исследований и технических

разработок, связанных с темой диссертации, изложены в научных журналах, сборниках и трудах международных и всероссийских симпозиумах и других конференциях. Опубликовано более 80 печатных работ. Основные результаты диссертации изложены в 62 опубликованных работах, из них 38 в соавторстве. Перечень основных публикаций приведен в конце автореферата.

В работах, опубликованных в соавторстве, соискателем: предложена идеология построения и функциональная архитектура автоматизированной централизованной системы технической эксплуатации ЦСП [10,11,12,15, 48,52-55,]; разработаны методы анализа и проектирования систем техниче­ской эксплуатации телекоммуникационных сетей и их элементов (цифро­вых систем передачи и коммутации) [9,12,46,47,57]; предложены принци­пы построения моделей, выбор критерия и методы оптимизации систем технической эксплуатации [27,28,49,50]; разработана многоуровневая структура и функциональная модель системы управления на основе TMN [29,42,59]; проведен анализ технологий управления [7,8,14, 34,36,38,39,43,58]; предложен метод планирования управления телекомму­никационными сетями и услугами и алгоритм создания плана управления сетью связи [61]; разработан метод проектирования и оптимизации систем управления различных классов на основе TMN и стандартов Теле Ме­неджмент Форума [23,24,33,42,44]; предложена методология системного проектирования систем управления на ВСС России [35]; предложены ори­гинальные методы контроля систем связи [1,2,3].

Структура **и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и 6 приложений. Общий объем • диссертации 355 страниц, в том числе 292 страницы основной части,

содержащей: 107 рисунков, 7 таблиц, 24 страницы литературы из 212 наименований. Приложения к диссертации содержат 63 страницы.

В **первой главе** проводится систематизированный анализ объекта

исследований: систем, обеспечивающих поддержание процессов

эксплуатации, технического обслуживания, администрирования и управления телекоммуникационными сетями и их элементами. При анализе эволюции методов эксплуатации и изменении технологий управления сетями связи выявлены факторы, которые необходимо учитывать при разработке методов проектирования систем управления.

Особое внимание уделено учету новых требований, связанных с ав­томатизацией бизнес-процессов у операторов связи. На основании сфор­мулированной цели приводится анализ предмета исследований - методов проектирования рассматриваемого класса систем эксплуатации, техниче­ского обслуживания и управления телекоммуникационными сетями и их элементами.

Существующие методы проектирования систем управления связаны с разработкой информационных моделей и профилей протоколов TMN и не решают проблему повышения эффективности процессов эксплуатации сетей электросвязи и качества предоставляемых услуг. Анализ публикаций отечественных и зарубежных авторов позволил сделать вывод о том, что методы моделирования и проектирования систем управления, построенных на основе технологии TMN, практически отсутствуют. Разработка этих ме­тодов и их практическая реализация является предметом исследований.

Сформулирован новый методологический подход к проектированию систем управления телекоммуникационными сетями и их элементами, за­ключающийся в реализации многоуровневого модульного принципа про­ектирования и построении при этом моделей и оптимизации систем управ­ления. Предложенный подход учитывает различные факторы развития и • совершенствования сетей связи и методов их эксплуатации, возможности

использования различных технологий для построения информационных моделей систем управления, а также поддержку бизнес-процессов у опера­торов связи.

Вторая глава работы посвящена разработке моделей и метода проектирования систем технической эксплуатации для элементов сетей связи (систем OAMS-NE). Предложен набор функциональных и математических моделей систем OAMS-NE.

Для рассматриваемого класса систем приведен выбор критерия и решена задача оптимизации OAMS, заключающаяся в оптимальном рас­пределении функций системы между ее двумя уровнями и нахождении при этом оптимальных значений выбранных параметров системы. Приведен­ные расчеты для реальных объектов технического обслуживания подтвер­дили корректность полученных теоретических результатов.

В третьей главе диссертации решаются задачи разработки моделей для многоуровневых систем технической эксплуатации сетей связи (цен­трализованных OAMS) и методов их проектирования на основании пред­ложенного в первой главе методологического подхода.

Разработана четырехуровневая модель OAMS, а также исследованы варианты ее реализации для распределенных объектов технического об­служивания.

Разработан метод проектирования информационных характеристик централизованных OAMS, позволяющий также оптимально распределять функции между уровнями иерархии по выбранному критерию.

Приведенный анализ численных значений характеристик OAMS по­зволил сделать вывод об эффективности разработанного метода по сравне­нию с существующими. Производительность систем OAMS может быть увеличена на 25-30% по сравнению с существующим методом проектиро­вания. Возможно эквивалентное увеличение зоны обслуживания при за­данной производительности.

Разработана модель для специального класса встречающихся на практике двухуровневых OAMS, которая описывается двухфазовой СМО типа M/G/l—>GI/M/1 с приоритетным обслуживанием и неограниченной

очередью перед каждой фазой. Получены и исследованы следующие характеристики модели: среднее время ожидания обслуживания перед каждой фазой, среднее время пребывания на каждой фазе для приоритетных и неприоритетных потоков требований. Предложен подход к исследованию подобных систем в случае редких требований высшего приоритета по отношению к неприоритетным требованиям, позволяющий получить приближенные формулы всех характеристик системы. Исследованы частные случаи рассматриваемой модели, а именно модель типа M/D/l—»GI/M/1.

**Четвертая глава** диссертации посвящена разработке моделей и ме­тодов проектирования систем управления эксплуатацией сетей электросвя­зи (СУЭ), построенных на основе технологии TMN. При этом разрабаты­вается набор модулей проектирования систем управления, реализующих предложенный в 1 гл. методологический подход.

Разработана концептуальная модель СУЭ в виде четырехфазовой модели и исследованы ее характеристики.

Разработаны частные модели систем управления для архитектуры и категорий управления TMN. Приведено исследование их характеристик. С использованием метода композиции разработана общая модель для архи­тектуры TMN. Обоснован выбор обобщенного критерия эффективности для оптимизации систем управления, который задан в виде функционала потерь, зависящего от характеристик и параметров систем управления.

Разработана модель системы интегрированного управления теле­коммуникациями (ИСУТ) и метод проектирования и исследования ее ха­рактеристик.

Решены задачи, связанные с оптимизацией систем управления, в ча­стности, проведено оптимальное распределение ресурсов системы управ­ления NRtmn между различными уровнями СУЭ и ИСУТ.

Приведена численная оценка полученных результатов,

показывающая эффективность разработанного метода проектирования.

**В пятой главе** диссертации разработан оригинальный подход к пла­нированию управления телекоммуникационными сетями и услугами, реа­лизующий методологический подход к проектированию систем управле­ния на уровне планирования управления. Разработанный подход положен в основу нескольких проектов, реализованных на сетях связи операторов **ВСС** России. Кроме того, в главе содержатся результаты практического использования теоретических положений диссертации, внедренных в реальную эксплуатацию, в производство, в нормативные документы Минсвязи России, а также в НИР и ОКР.

Приведено описание разработанной методики решения оптимизаци­онных задач при распределении общих сетевых ресурсов управления **NR1Mn в СУЭ.**

В диссертации доказана необходимость использования методов статистической оптимизации для решения сформулированных задач оптимизации. Выбраны следующие методы оптимизации, сочетающие локальный и глобальный поиск:

* поиск оптимума функции одной переменной;
* локальный поиск с «наказанием» случайностью;
* локальный поиск с непрерывным самообучением;
* глобальный поиск со случайной сеткой;
* глобальный поиск с детерминированной кубической сеткой.

**В заключении** формулируются научные и практические результаты диссертационной работы.

**Приложения** содержат акты внедрения и результаты исследования характеристик и оптимизации параметров систем управления, а также руководство пользователю программных приложений, реализующих разработанную методику решения оптимизационных задач.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В соответствии с поставленной целью, заключающейся в решении проблемы проектирования систем управления телекоммуникационными сетями в современных условиях конвергенции телекоммуникационных технологий и создании элементов теории их проектирования, в диссерта­ционной работе получены следующие теоретические и практические ре­зультаты;

1. Проведен анализ эволюции методов и систем эксплуатации, адми­нистрирования, технического обслуживания и управления телекоммуника­ционных сетей и их элементов; выявлены факторы, которые необходимо учитывать при разработке адекватных моделей и методов, позволяющих проводить исследование ххарактеристик, оптимизацию и проектирование указанных систем.
2. Доказано, что учет сетевых аспектов управления, особенно в со­временных условиях при автоматизации бизнес-процессов операторов свя­зи, требует разработки новых методов проектирования систем управления телекоммуникациями (телекоммуникационными сетями и услугами).
3. Предложен методологический подход к проектированию систем управления телекоммуникационными сетями и услугами, включающий со­вокупность моделей и модулей на различных уровнях проектирования:
* уровень системного проектирования;
* уровень планирования управления телекоммуникациями;
* уровень планирования управления сетями и услугами;
* уровень проектирования систем, поддерживающих процессы экс­плуатации, технического обслуживания, администрирования и управления.
1. Предложен набор функциональных моделей систем эксплуата­ции, администрирования и технического обслуживания для различных

элементов сети и разработан метод проектирования систем технической эксплуатации, описываемых однофазовыми моделями типа М/G/l с раз­личными приоритетами поступающих потоков заявок.

* 5. Выбран критерий и решена задача оптимизации систем техниче­ской эксплуатации элементов сетей связи, заключающаяся в оптимальном распределении функций системы между ее двумя уровнями и нахождении при этом оптимальных значений параметров, характеризующих эти функ­ции. Исследованы характеристики и проведена оптимизация систем техни­ческой эксплуатации для реальных объектов технического обслуживания, представляющих собой совокупности однородных элементов сети.
1. Разработана обобщенная функциональная модель централизован­ной СТЭ, отражающая реализацию фаз *(р\+(/>&* технического обслуживания цифровых систем связи в соответствии с рекомендацией МСЭ-Т М.20, а также четырехфазовая математическая модель системы. Проведено иссле-
* дование характеристик системы при обслуживании простейших потоков заявок с абсолютными и относительными приоритетами для одноканаль­ных и многоканальных СМО, число мест для ожидания не ограничено, время обслуживания распределено по показательному закону, дисциплина обслуживания FIFO. Проведено исследование различных вариантов реали­зации моделей систем СТЭ, обслуживающих распределенные объекты технического обслуживания.
1. Разработан метод проектирования централизованных СТЭ, а так­же метод, позволяющий оптимизировать распределение функций между уровнями иерархии СТЭ по выбранному критерию оптимальности. Пока-

*Ф* зана эффективность применения разработанного метода оптимизации, за­

ключающаяся в повышении производительности СТЭ реальной сети связи на 20-30%, что эквивалентно такому же увеличению зоны обслуживания при заданной производительности системы.

1. Разработана модель для специального класса встречающихся на практике двухуровневых СТЭ, которая описывается двухфазовой СМО ти­па M/G/1-»GI/M/1 с приоритетным обслуживанием и неограниченной оче-

• редью перед каждой фазой. Получены и исследованы следующие характе­

ристики модели: среднее время ожидания обслуживания перед каждой фа­зой, среднее время пребывания на каждой фазе для приоритетных и непри­оритетных потоков требований. Предложен подход к исследованию подоб­ных систем в случае редких требований высшего приоритета по отноше­нию к неприоритетным требованиям, позволяющий получить приближен­ные формулы всех исследуемых характеристик системы. Исследованы ча­стные случаи СМО типа M/G/l—»GI/M/1, а также M/D/l—»GI/M/1.

1. Разработаны методы проектирования различных классов систем управления эксплуатацией (СУЭ) сетей электросвязи, построенных на ос­нове технологии TMN и промышленных стандартов Теле Менеджмент Фо-

\* рума.

1. Сделан выбор обобщенного критерия эффективности для опти­мального распределения общих сетевых ресурсов управления NRtmn меж­ду уровнями системы управления TMN. Критерий эффективности задан в виде функционала потерь, зависящего от характеристик задач и параметров систем TMN.
2. Разработана концептуальная модель СУЭ в виде четырехфазовой модели и исследованы ее характеристики. Разработаны и исследованы ча­стные модели TMN для четырех категорий управления, определенных в рекомендации МСЭ-Т М.3400. Получена общая модель СМО для TMN на

*0* основе композиции частных моделей, а также проведено исследование ее

характеристик.

1. Разработана модель системы интегрированного управления теле­коммуникационными сетями и услугами ИСУТ, полученная путем компо-

зиции моделей СУЭ и СУУ. Проведено исследование такой характеристи­ки функционирования ИСУТ, как зависимость полного среднего времени пребывания в системе от загрузки фазы СМО 1 при поступлении на вход

* ИСУТ двух или трех потоков требований с различными приоритетами. По­лученные результаты исследований использованы при проектировании ре­альных ИСУТ. Решены задачи, связанные с оптимизацией систем управле­ния, описываемых разработанными моделями СМО. В частности, проведе­но оптимальное распределение функций из общего сетевого ресурса управления NRtmn между различными уровнями СУЭ и ИСУТ.
1. Предложен метод планирования управления телекоммуникаци­онными сетями и услугами, реализующий методологический подход к про­ектированию систем управления на уровне планирования управления. Раз­работаны обобщенные алгоритмы создания планов управления телекомму­никационными сетями и услугами и методика создания планов управления
* для исходных данных, предоставляемых операторами связи. Практическое использование разработанного метода подтверждено реальными проектами для операторов связи ВСС России.
1. Разработана инженерная методика решения оптимизационных задач при распределении общих сетевых ресурсов управления NRtmn , ис­пользуемая для практических целей. Приведены примеры реализации про­ектов систем технической эксплуатации сетей электросвязи на сетях опера­торов ВСС России, подтверждающие полученные теоретические результа­ты. Рассмотрена реализация методов модульного проектирования и плани­рования систем управления телекоммуникационными сетями и услугами.