

На правах рукописи

ЛОХТИН

Владимир Иванович

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ
В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ**

Специальность 05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2006

Работа выполнена в Санкт -Петербургском государственном университете телекоммуникаций имени проф. М.А. Бонч-Бруевича

Научный руководитель доктор технических наук
А.А. Костин

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Г.Г. Яновский

кандидат технических наук, доцент
Ю.В. Семенов

Ведущая организация: ФГУП ЛОНИИС

Защита диссертации состоится «___»_____2005 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета при Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций имени проф. М.А. Бонч-Бруевича по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 61, ауд. 413.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направлять по вышеуказанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета.

Автореферат разослан «___»_____2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

В.Х. Харитонов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В настоящее время развитие телекоммуникаций происходит в направлении расширения рынка телекоммуникационных услуг, на фоне внедрения новых телекоммуникационных и информационных технологий и их конвергенции. Внедрение новых услуг, как и поддержание существующих, требует соответствующих сетевых ресурсов. При этом современные инфокоммуникационные услуги предоставляются на основе новых телекоммуникационных и информационных технологий, являющихся основой создания и построения сетей связи следующего поколения (NGN).

Условия рынка требуют от операторов повышения качества предоставляемых потребителям услуг, что, в свою очередь, приводит к увеличению затрат на поддержание сетевых ресурсов. С другой стороны, операторы связи заинтересованы в снижении эксплуатационных расходов и повышении эффективности процессов управления сетями связи и их элементами.

Развитие сетей электросвязи от полностью аналоговых сетей прошлого до существующих синхронных цифровых сетей и мультисервисных сетей ближайшего будущего определяет применение различных методов эксплуатации, при этом существует различная степень приспособленности оборудования сетей к современным технологиям управления.

Комплексное решение вышеперечисленных задач представляет сложную научную проблему, связанную с разработкой научно-обоснованных методов повышения эффективности процессов управления ресурсами в создаваемых сетях NGN и проектированием соответствующих систем управления, обеспечивающих поддержание процессов эксплуатации, технического обслуживания, администрирования и управления сетями и услугами.

Объектом исследований в диссертационной работе являются процессы управления в мультисервисных сетях.

С точки зрения процессов управления специфика мультисервисных сетей определяется следующими факторами:

- мультисервисные сети состоят из сравнительно большого числа разнотипных компонентов, в то время как существующие сети характеризуются небольшим числом крупных и менее разнотипных коммутационных устройств;
- мультисервисные сети поддерживают большее число интерфейсов и обеспечивают более высокую пропускную способность, чем существующие сети;
- в отличие от существующих сетей, мультисервисные сети обеспечивают универсальный набор решений для поддержки процессов управления в сетях различного назначения (фиксированных и мобильных телефонных сетях, сетях передачи данных, сетях сигнализации и т.д.);
- мультисервисные сети способны предоставлять и поддерживать неограниченное количество видов услуг (от традиционных до новых инфотелекоммуникационных) при произвольном порядке наращивания числа приложений;
- мультисервисные сети обеспечивают поддержку процессов управления оборудованием различных производителей;

- Мультисервисные сети функционируют в условиях значительной географической протяженности: в режиме, близком к режиму реального времени, обеспечивают согласованное выполнение функций управления для оборудования, работающего в разных часовых поясах;

- системы управления мультисервисных сетей, предназначенные для обработки и хранения информации управления, обладают соответствующими ресурсами производительности и необходимыми возможностями для создания нормальной работы обслуживающего персонала.

Методы системного проектирования процессов управления в мультисервисных сетях, наряду с влиянием перечисленных факторов, должны учитывать сетевые аспекты проектирования систем управления.

Широко известны работы представителей школ профессоров В.Г. Лазарева и Г.П. Захарова, связанные с разработкой методов динамического управления и моделированием алгоритмов маршрутизации в различных сетях связи.

В книге известных ученых Я.С. Дымарского, Н.П. Крутяковой и Г.Г. Яновского “Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи” (серия изданий «Связь и бизнес», М.: ИТЦ «Мобильные коммуникации», 2003) рассмотрены прикладные вопросы сетевого управления, в частности, методы моделирования алгоритмов маршрутизации в различных типах сетей связи (с коммутацией каналов, с коммутацией пакетов, в сетях с быстрой коммутацией пакетов типа КП-В и КП-Д и др.).

Созданию элементов теории проектирования систем управления сетями и услугами посвящены работы А.А. Костина.

Вместе с тем, необходимы дальнейшие углубленные исследования процессов управления в создаваемых системах управления сетями следующего поколения, направленные на повышение эффективности процессов управления с учетом специфики мультисервисных сетей.

Цель работы. Целью диссертационной работы является решение задач, связанных с исследованием процессов управления в мультисервисных сетях, разработкой методов повышения эффективности процессов управления и методов проектирования собственно систем управления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ мирового опыта и задачи операторов связи по созданию и внедрению систем управления телекоммуникационными сетями и услугами;
- анализ существующих методов проектирования процессов управления и систем управления телекоммуникационными сетями и услугами;
- разработка моделей отдельных процессов управления ресурсами мультисервисной сети;
- разработка метода исследования характеристик процессов управления ресурсами и метода проектирования систем управления мультисервисной сети;
- моделирование и исследование эффективности процессов управления устранением неисправностей в системах управления сетями связи;

- разработка прикладных программных средств с целью проведения расчетов и исследования характеристик процессов и систем управления;
- разработка практических рекомендаций по использованию полученных теоретических результатов.

Методы исследования. В основу проведенных исследований положены методы теории массового обслуживания, теории телетрафика, исследования сложных иерархических систем.

Научная новизна работы в целом состоит в разработке моделей отдельных процессов управления в мультисервисных сетях, методов повышения эффективности процессов управления и методов проектирования систем управления мультисервисными сетями.

Конкретно это выражается в следующем.

1. Разработана модель процессов управления неисправностями в мультисервисных сетях.
2. Разработан метод исследования характеристик процессов управления ресурсами мультисервисных сетей.
3. Разработан метод проектирования систем управления мультисервисными сетями.
4. Проведено математическое моделирование и исследована эффективность процессов управления устранением неисправностей в системах управления сетями связи .

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Обоснование необходимости разработки новых методов, обеспечивающих повышение эффективности процессов управления в мультисервисных сетях.
2. Модель процессов управления неисправностями в мультисервисных сетях.
3. Методы проектирования процессов управления и систем управления в мультисервисных сетях.
4. Задачи исследования отдельных характеристик процессов управления сетями нового поколения и способы их решения.
5. Оценка параметров систем управления, поступающих на рынок телекоммуникаций.
6. Модель процессов восстановления в системах управления сетями связи следующего поколения и методика их проектирования.

Личный вклад автора. Основные научные положения, теоретические выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертационной работе, получены автором самостоятельно.

Практическая ценность. Практическая ценность работы заключается в применении разработанных моделей, методов и методик для инженерного проектирования процессов управления и систем управления мультисервисными се-

тями. Кроме того, разработанный инженерный метод позволяет провести быструю оценку параметров процессов управления и соответствующих систем управления в продуктах, поступающих на телекоммуникационный рынок. Метод проектирования процессов восстановления может быть использован для оценки качества проведения ремонтно-восстановительных работ, а также при разработке организационно- штатных структур различных центров управления сетями связи.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы использованы в ОАО «Связьинвест» при разработке «Концепции системы управления сетями связи МРК» и «Требований к системе управления сетями связи межрегиональной компании». Выводы и рекомендации диссертации использованы в НИР и ОКР, проводимых в ЦПУ ТС СПб ГУТ в процессе проектирования различных систем управления сетями связи .

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были представлены и обсуждались на следующих конференциях и семинарах: 7-я и 8-я международные конференции «Развитие телекоммуникаций в России» (Сочи, 2004 и 2005); научная сессия НТОРЭС им. А.С. Попова, посвященная дню радио (Москва, 2004); 4-ая международная конференция « Системно-сетевые решения и оборудование для построения сетей связи на основе технологий NGN» (Нижний Новгород, 2004); V международный научный семинар «Информационные сети, системы и технологии» (Москва, 2004); международная конференция «Задачи управления сетями электросвязи» (Суздаль, 2004); международная конференция «Проблемы и системы эксплуатационного управления и информационной безопасности сетей связи» (Санкт-Петербург, 2004); юбилейная научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава научных сотрудников и аспирантов СПб ГУТ имени проф. М.А. Бонч-Бруевича (Санкт-Петербург, 2005); V международная научная конференция «Информационные сети, системы и технологии» (Москва, 2005).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 13 печатных трудах .

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, ... приложений. Работа содержит ... страниц машинописного текста, рисунков, список литературы из..... наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснован выбор темы диссертации, ее актуальность, научная новизна, сформулированы цели и задачи исследования.

В **первой главе** излагаются результаты проведенного анализа существующих подходов, моделей и методов описания процессов и систем управления сетями связи. Выявлены специфические факторы в сетях связи следующего поколения NGN, которые необходимо учитывать при разработке процессов управления этими сетями, а также при проектировании систем управления ресурсами сети и услугами.

Анализ мирового опыта по внедрению систем управления позволил изучить влияние телекоммуникационных технологий на развитие методов эксплуатации сетей связи. На втором этапе анализа удалось оценить влияние телекоммуникационных технологий на развитие технологий управления, в частности, на автоматизацию различных процессов управления телекоммуникационными ресурсами и услугами.

Концепцией проектирования целостной системы управления сетями электросвязи явился проект TMN, разработанный МСЭ-Т в 1986 году. Система управления сетями электросвязи (TMN) концептуально представляет собой отдельную инфраструктуру, которая взаимодействует с сетью электросвязи в нескольких различных точках с помощью сети передачи данных и допускает использование части сети электросвязи для обеспечения своих связей.

Организационная структура TMN обеспечивает согласованное взаимодействие между различными типами систем управления и/или оборудованием сети электросвязи. TMN – многофункциональная система управления, предназначенная для централизации и интеграции определенного вида функций.

Проект TMN обусловил плавный переход от этапа автоматизации к этапу интеграции.

Один из недостатков TMN на базе OSI/ONP состоит в том, что спецификации услуг управления, ресурсов и интерфейсов испытывают сильную зависимость от протоколов, которые базируются на CMIP/SNMP.

На этапе автоматизации бизнес-процессов операторов связи выявлены факторы, которые влияют на процесс разработки методов проектирования процессов управления для заданных бизнес-процессов операторов связи, а также систем управления телекоммуникационными ресурсами.

Рассмотренные выше технологии управления, используемые для реализации TMN, предполагают на современном этапе развития телекоммуникаций в мире широкое внедрение систем поддержки эксплуатации (OSS).

Система NGOSS – это система управления, позволяющая реализовывать сквозное управление заказчиками, услугами и сетью NGN при помощи автоматизированного конфигурирования, мониторинга и наблюдения за работоспособностью услуг в ходе реализации функций: Fulfillment (F) (выполнение), Assurance(A) (поддержание) и Billing (B) (биллинг). Одним из основополагающих документов, разработанных TMF является схема телекоммуникационных операций (Telecom Operations Map – TOM), которая служит для описания направления процессов и является отправной точкой для разработки и интеграции систем поддержки бизнеса и эксплуатации (OSS/BSS).

Схема TOM базируется на многоуровневой архитектуре управления TMN (Рекомендация МСЭ-Т М.3050) и функциях управления услугами, однако, в от-

личие от классической TMN (Рекомендация МСЭ-Т М.3010), где наиболее детально проработаны вопросы управления на уровнях управления сетевыми элементами и сетью, ТОМ бóльшее внимание уделяет уровням управления услугами и бизнесом.

Проведенный анализ различных технологий управления ресурсами телекоммуникационных сетей позволил сделать вывод о том, что для проектирования процессов и систем управления современными сетями, создаваемыми на основе концепции NGN, необходима разработка методов, позволяющих проектировать процессы управления для автоматизации заданных бизнес-процессов оператора. Проектирование процессов управления позволит в дальнейшем перейти к проектированию и созданию систем управления мультисервисными сетями.

Кроме того, в первой главе проведен анализ существующих методов проектирования процессов и систем управления. Основываясь на методологии системного проектирования систем управления, разработанной в докторской диссертации А.А.Костина, поставлены задачи дальнейших исследований.

Вторая глава посвящена разработке модели процессов управления неисправностями в мультисервисной сети.

Концептуальная модель процессов управления сетью электросвязи (СУЭ), представляющая собою четырехфазовую систему массового обслуживания (СМО), была предложена в трудах А.А. Костина. Особенности реализации процессов управления в мультисервисных сетях определяют необходимость разработки соответствующих моделей, описывающих эти процессы для различных категорий управления.

Основываясь на методологии системного проектирования процессов и систем управления, в диссертации разработана модель процессов управления неисправностями для мультисервисной сети. Важность решения задачи наблюдения (аварийного надзора) за состоянием ресурсов мультисервисной сети вытекает из необходимости обеспечения процессов поддержки услуг, предоставляемых мультисервисной сетью.

Структура разработанной модели четырехфазовой СМО представлена на рис.1.

Обработка поступающей информации в СМО 0 заключается в определении серьезности аварии, а также в возможности её локализации внутри сетевого элемента (NE) автономными средствами. В случае невозможности локализации и устранения аварии в самом сетевом элементе, заявка передаётся на следующий уровень управления для её последующей обработки.

Система управления сетевыми элементами EMS состоит из двух частей: первая, описываемая как СМО 1, является индивидуальной для каждого сетевого элемента; вторая – СМО 2 представляет собой групповое устройство, обслуживающее все поддерживаемые NE.

На вход СМО 2 поступают заявки с выходов всех N СМО 1, а также поток заявок с интенсивностью $\lambda_{\text{вн}}^{(2)}$ непосредственно от сетевых элементов, который характеризует обобщённые аварийные сигналы от всех NE.

На вход СМО 3 поступает поток заявок с интенсивностью $\lambda_{\text{УН}}^{(3)}$ (система управления сетью NMS), где осуществляется общесетевая обработка информации от предыдущих уровней, а также обработка потоков заявок об общесетевых неисправностях.

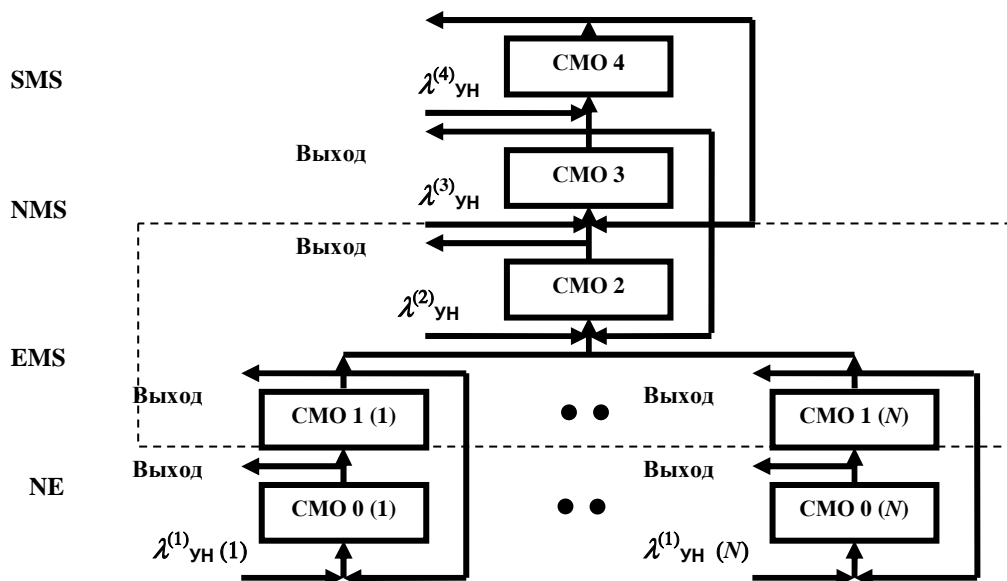


Рис. 1. Модель процессов управления неисправностями в мультисервисной сети.

Система управления услугами SMS (СУУ) описывается при помощи СМО 4, в которой обрабатывается поток заявок с интенсивностью $\lambda_{\text{УН}}^{(4)}$, поступающих от уровня NMS в случае невозможности оказания той или иной услуги.

На каждой из рассмотренных фаз (СМО 0 – СМО 4) обслуженные заявки либо покидают систему, либо возвращаются на дообслуживание на предыдущую фазу. Исходные данные для описания работы системы:

- N – число сетевых элементов;
- $\lambda_{\text{УН}}^{(1)}(1), \lambda_{\text{УН}}^{(1)}(2), \dots, \lambda_{\text{УН}}^{(1)}(N), \lambda_{\text{УН}}^{(2)}, \lambda_{\text{УН}}^{(3)}, \lambda_{\text{УН}}^{(4)}$ – интенсивности входящих потоков заявок;

- $b_{k,\text{УН}}^{(1)}(j) = \frac{1}{\mu_{k,\text{УН}}^{(1)}(j)}$, $k=0,1; j=1,2,\dots,N$, – среднее время обслуживания заявки потока $\lambda_{\text{УН}}^{(1)}(j)$ в фазах СМО 0(j) и СМО 1(j), составляющих j -й блок;

- $b_{k,\text{УН}}^{(i)} = \frac{1}{\mu_{k,\text{УН}}^{(i)}}$, $i=1,2,3,4; k=2,3,4, k \geq i$ – среднее время обслуживания заявки потока $\lambda_{\text{УН}}^{(i)}$ в фазе СМО k ;

- $p_{1,\text{УН}}^{(1)}(j)$ – вероятность для заявки потока $\lambda_{\text{УН}}^{(1)}(j)$ вернуться на повторное обслуживание (дообслуживание) в j -м блоке, $j=1, 2, \dots, N$;

- $q_{k,\text{УН}}^{(1)}(j)$ – вероятность для заявки потока $\lambda_{\text{УН}}^{(1)}(j)$ выйти из системы после обслуживания в СМО $k(j)$, $k=0,1, j=1, 2, \dots, N$;

- $p_{k,\text{УН}}^{(i)}$ – вероятность для заявки потока $\lambda_{\text{УН}}^{(i)}$ вернуться на повторное обслуживание (дообслуживание) в СМО k , $i=1,2, 3; k=2, 3; (k \geq i)$;

обслуживание (дообслуживание) в СМО k , $i=1,2, 3$; $k=2, 3$; ($k \geq i$);

– $q_{k,УН}^{(i)}$ – вероятность для заявки потока $\lambda_{УН}^{(i)}$ выйти из системы после обслуживания в СМО k , $i=1,2,3,4$, $k=2,3,4$, причем $p_{3,УН}^{(1)} + q_{4,УН}^{(1)} = 1$; $p_{3,УН}^{(3)} + q_{4,УН}^{(3)} = 1$; $q_{4,УН}^{(2)} = q_{4,УН}^{(4)} = 1$.

В работе получены основные характеристики разработанной модели процессов управления неисправностями: времена пребывания заявок различных потоков в отдельных фазах системы, в блоках, допускающих возвращение на дообслуживание, а также в системе в целом.

В **третьей главе** диссертации проводится разработка метода исследования характеристик и проектирования процессов управления в мультисервисных сетях.

В работах А.А. Костина предложены различные модели систем управления сетями управления электросвязью СУЭ. Физическая архитектура СУЭ реализована либо на классической модели TMN, либо на модели СУЭ, учитывающей концепцию NGOSS форума TMF. При этом СУЭ является многоуровневой системой, как показано в главе 2. В данной главе проводится анализ характеристик процессов управления в СУЭ для классической идеологии TMN и для интегрированной модели управления сетями ИСУТ применительно к мультисервисной сети. Исследована возможность использования вместо ИСУТ более простой модели СМО для TMN (рис.2). Структура ИСУТ приведена на рис. 3.

В интегрированной модели СМО 01 соответствует уровню EMS, СМО 02 – NMS, а блок СМО 1 + СМО 2 – уровню SMS. В модели СМО для TMN уровню SMS(СУУ) соответствует СМО 4, уровню NMS – СМО 3, а уровню EMS – СМО 2.

Очевидно, что СМО 01 в ИСУТ будет соответствовать СМО 2 модели СМО для TMN (назовем это первой фазой), СМО 02 – СМО 3 (вторая фаза), СМО 1+СМО 2 – СМО 4 (третья фаза).

Рассмотрим общие параметры и характеристики моделей. Для сравнения разработанных моделей в простейшем случае предположим, что на вход поступает только три потока заявок. Обозначим их следующим образом:

- интенсивность потока неисправностей: λ_0 (СУУ) или $\lambda^{(2)}$ (СУЭ);
- интенсивность потока сообщений на предоставление услуги: λ_{11} (СУУ) или $\lambda^{(3)}$ (СУЭ);
- интенсивность потока сообщений на поддержание услуг: λ_{12} (СУУ) или $\lambda^{(4)}$ (СУЭ).

Рассмотрим соответствие между другими параметрами моделей. Поток λ_0 характеризуется вероятностью q_0 выхода заявок после первой фазы, а также средним временем обслуживания заявок в первой и второй фазах – соответственно $b_0^{(01)}$ и $b_0^{(02)}$. Для потока $\lambda^{(2)}$ определены следующие параметры: вероятность выхода заявок после первой фазы $q_2^{(2)}$; вероятность выхода заявок после

второй фазы $q_3^{(2)}$; вероятность возвращения на дообслуживание в первую фазу $p_2^{(2)}$; средние времена обслуживания заявок на первой, второй и третьей фазах – $b_2^{(2)}$, $b_3^{(2)}$ и $b_4^{(2)}$.

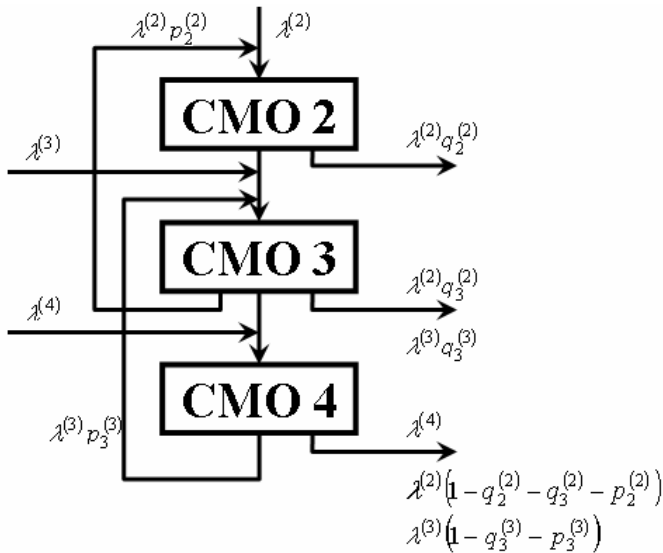


Рис. 2. Преобразованная модель СМО TMN для мультисервисной сети

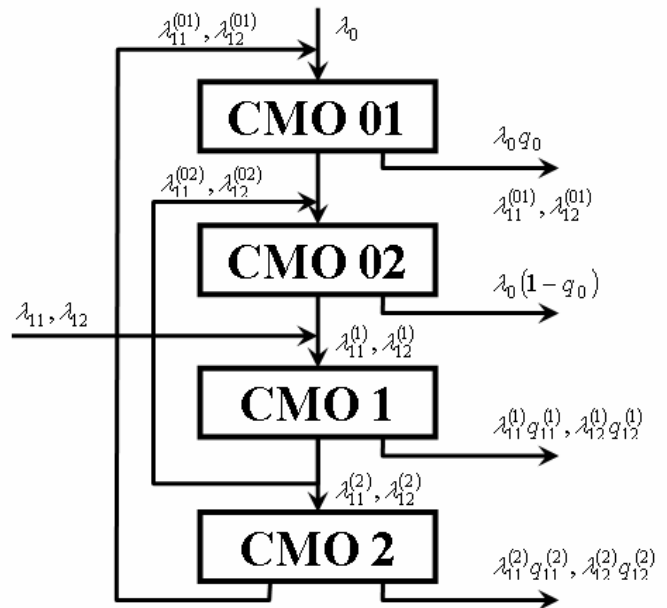


Рис. 3. Преобразованная интегрированная модель процессов управления мультисервисной сети

Анализ характеристик процессов обслуживания заявок в рассматриваемых моделях позволяет сделать следующее предположение: параметр q_0 соответствует $q_2^{(2)}$, параметр $b_0^{(01)}$ соответствует $b_2^{(2)}$, а параметр $b_0^{(02)}$ соответствует $b_3^{(2)}$.

Поток λ_{11} (рис. 3.) характеризуется следующими параметрами:

- $q_{11}^{(1)}$ и $q_{11}^{(2)}$ - вероятности выхода заявок из системы после СМО 1 и СМО 2;
- $p_{11}^{(1)}$ и $p_{11}^{(2)}$ - вероятности возвращения заявок на дообслуживание в СМО 1 и СМО 2;
- $b_{11}^{(01)}$ и $b_{11}^{(02)}$ - средние времена обслуживания заявок в первой и второй фазах;
- $b_{11}^{(1)} + b_{11}^{(2)}$ - среднее время обслуживания заявок в третьей фазе.

Поток $\lambda^{(3)}$ (рис. 2.) характеризуется следующими параметрами:

- $q_3^{(3)}$ - вероятность выхода после второй фазы;
- $p_3^{(3)}$ - вероятность возвращения на дообслуживание во вторую фазу;
- $q_4^{(3)} = 1 - p_3^{(3)}$ - вероятность выхода после третьей фазы;

- $b_3^{(3)}$ и $b_4^{(3)}$ - средние времена обслуживания во второй и третьей фазах соответственно.

Из дальнейшего сопоставления моделей видно, что $p_3^{(3)}$ соответствует $(p_{11}^{(1)} + p_{11}^{(2)})/2$, $q_4^{(3)}$ соответствует $(q_{11}^{(1)} + q_{11}^{(2)})/2$, $b_4^{(3)}$ соответствует $(b_{11}^{(1)} + b_{11}^{(2)})/2$, а $b_3^{(3)}$ соответствует $b_{11}^{(02)}$.

Для потока λ_{12} определены те же параметры, что и для потока λ_{11} . Поток $\lambda^{(4)}$ характеризуется только средним временем обслуживания заявок в третьей фазе $b_4^{(4)}$. Времени $b_4^{(4)}$ соответствует $(b_{12}^{(1)} + b_{12}^{(2)})/2$.

Заметим, что для некоторых параметров модели ИСУТ и модели СМО для ТМН соответствие не найдено. Такие параметры являются индивидуальными.

Далее рассмотрим выходные данные, которыми являются средние времена пребывания заявок различных потоков в различных фазах, а также во всей системе. Для потока λ_0 можно рассчитать средние времена пребывания заявок в первой и второй фазах $\tau_0^{(01)}$ и $\tau_0^{(02)}$, а для потока $\lambda^{(2)}$ средние времена пребывания заявок в первой, второй и третьей фазах $\tau_2^{(2)}$, $\tau_3^{(2)}$ и $\tau_4^{(2)}$ соответственно.

Для потоков λ_{11} и λ_{12} рассчитываются средние времена пребывания заявок во всех СМО модели ИСУТ: $\tau_{11}^{(01)}$, $\tau_{11}^{(02)}$, $\tau_{11}^{(1)}$ и $\tau_{11}^{(2)}$ для λ_{11} ; $\tau_{12}^{(01)}$, $\tau_{12}^{(02)}$, $\tau_{12}^{(1)}$ и $\tau_{12}^{(2)}$ для λ_{12} . Для потока $\lambda^{(3)}$ можно найти средние времена пребывания заявок во второй и третьей фазах $\tau_3^{(3)}$ и $\tau_4^{(3)}$, а для потока $\lambda^{(4)}$ – среднее время пребывания в третьей фазе $\tau_4^{(4)}$.

Также все потоки характеризуются полными средними временами пребывания в системе.

Получены формулы для преобразованной модели ИСУТ.

Условия стационарности:

$$\begin{cases} \rho_{11}^{(1)} + \rho_{12}^{(1)} < 1 \\ \rho_{11}^{(2)} + \rho_{12}^{(2)} < 1 \\ \rho_0^{(01)} + \rho_{11}^{(01)} + \rho_{12}^{(01)} < 1 \\ \rho_0^{(02)} + \rho_{11}^{(02)} + \rho_{12}^{(02)} < 1, \end{cases} \quad (1)$$

где
$$\rho_{11}^{(1)} = \frac{\lambda_{11} b_{11}^{(1)}}{1 - p_{11}^{(1)}}, \quad \rho_{12}^{(1)} = \frac{\lambda_{12} b_{12}^{(1)}}{1 - p_{12}^{(1)}},$$

$$\rho_{11}^{(2)} = \frac{\lambda_{11} (1 - p_{11}^{(1)} - q_{11}^{(1)}) b_{11}^{(2)}}{1 - p_{11}^{(1)}}; \quad \rho_{12}^{(2)} = \frac{\lambda_{12} (1 - p_{12}^{(1)} - q_{12}^{(1)}) b_{12}^{(2)}}{1 - p_{12}^{(1)}}; \quad (2)$$

$$\rho_0^{(01)} = \lambda_0 b_0^{(01)}; \quad \rho_{11}^{(01)} = \frac{\lambda_{11} (1 - p_{11}^{(1)} - q_{11}^{(1)}) p_{11}^{(2)} b_{11}^{(01)}}{1 - p_{11}^{(1)}}; \quad \rho_{12}^{(01)} = \frac{\lambda_{12} (1 - p_{12}^{(1)} - q_{12}^{(1)}) p_{12}^{(2)} b_{12}^{(01)}}{1 - p_{12}^{(1)}};$$

$$\rho_0^{(02)} = \lambda_0 (1 - q_0) b_0^{(02)}; \quad \rho_{11}^{(02)} = \frac{\lambda_{11} p_{11}^{(1)} b_{11}^{(02)}}{1 - p_{11}^{(1)}}; \quad \rho_{12}^{(02)} = \frac{\lambda_{12} p_{12}^{(1)} b_{12}^{(02)}}{1 - p_{12}^{(1)}}.$$

Средние времена пребывания в различных фазах системы:

$$\begin{aligned}
\tau_{11}^{(1)} &= \frac{b_{11}^{(1)} + b_{11}^{(1)}(\rho_{11}^{(1)})}{(1 - \rho_{11}^{(1)})(1 - p_{11}^{(1)})}, \\
\tau_{12}^{(1)} &= \frac{1}{(1 - \rho_{11}^{(1)} - \rho_{12}^{(1)})(1 - p_{12}^{(1)})} \left(b_{12}^{(1)} + \frac{\rho_{11}^{(1)} b_{11}^{(1)} + \rho_{12}^{(1)} b_{12}^{(1)}}{1 - \rho_{11}^{(1)}} \right), \\
\tau_{11}^{(2)} &= \frac{b_{11}^{(2)} + \rho_{11}^{(2)} b_{11}^{(2)}}{1 - \rho_{11}^{(2)}}; \quad \tau_{12}^{(2)} = \frac{1}{1 - R_{12}^{(2)}} \left(b_{12}^{(2)} + \frac{\rho_{11}^{(2)} b_{11}^{(2)} + \rho_{12}^{(2)} b_{12}^{(2)}}{1 - R_{11}^{(2)}} \right), \\
\tau_{11}^{(01)} &= \frac{1}{1 - R_{11}^{(01)}} \left(b_{11}^{(01)} + \frac{\rho_{11}^{(01)} b_{11}^{(01)} + \rho_0^{(01)} b_0^{(01)}}{1 - R_0^{(01)}} \right), \\
\tau_{12}^{(01)} &= \frac{1}{1 - R_{12}^{(01)}} \left(b_{12}^{(01)} + \frac{\rho_{12}^{(01)} b_{12}^{(01)} + \rho_{11}^{(01)} b_{11}^{(01)} + \rho_0^{(01)} b_0^{(01)}}{1 - R_{11}^{(01)}} \right), \\
\tau_{11}^{(02)} &= \frac{1}{1 - R_{11}^{(02)}} \left(b_{11}^{(02)} + \frac{\rho_{11}^{(02)} b_{11}^{(02)} + \rho_0^{(02)} b_0^{(02)}}{1 - R_0^{(02)}} \right) \frac{p_{11}^{(1)}}{1 - p_{11}^{(1)}}, \\
\tau_{12}^{(02)} &= \frac{1}{1 - R_{12}^{(02)}} \left(b_{12}^{(02)} + \frac{\rho_{12}^{(02)} b_{12}^{(02)} + \rho_{11}^{(02)} b_{11}^{(02)} + \rho_0^{(02)} b_0^{(02)}}{1 - R_{11}^{(02)}} \right) \frac{p_{12}^{(1)}}{1 - p_{12}^{(1)}},
\end{aligned} \tag{3}$$

$$\tau_0^{(01)} = \frac{b_0^{(01)}}{1 - \rho_0^{(01)}}, \quad \tau_0^{(02)} = \frac{b_0^{(02)}}{1 - \rho_0^{(02)}},$$

где

$$\begin{aligned}
R_{12}^{(2)} &= \rho_{11}^{(2)} + \rho_{12}^{(2)}; \quad R_{11}^{(2)} = \rho_{11}^{(2)}; \\
R_0^{(01)} &= \rho_0^{(01)}; \quad R_{11}^{(01)} = \rho_{11}^{(01)} + \rho_0^{(01)}; \\
R_{12}^{(01)} &= \rho_{12}^{(01)} + \rho_{11}^{(01)} + \rho_0^{(01)}; \\
R_0^{(02)} &= \rho_0^{(02)}; \quad R_{11}^{(02)} = \rho_{11}^{(02)} + \rho_0^{(02)}; \\
R_{12}^{(02)} &= \rho_{12}^{(02)} + \rho_{11}^{(02)} + \rho_0^{(02)}.
\end{aligned} \tag{4}$$

Средние времена пребывания в системе:

$$\begin{aligned}
\tau_{11} &= \tau_{11}^{(1)} + p_{11}^{(1)} \tau_{11}^{(02)} + (1 - p_{11}^{(1)} - q_{11}^{(1)}) \tau_{11}^{(2)} + (1 - p_{11}^{(1)} - q_{11}^{(1)}) p_{11}^{(2)} \tau_{11}^{(01)}; \\
\tau_{12} &= \tau_{12}^{(1)} + p_{12}^{(1)} \tau_{12}^{(02)} + (1 - p_{12}^{(1)} - q_{12}^{(1)}) \tau_{12}^{(2)} + (1 - p_{12}^{(1)} - q_{12}^{(1)}) p_{12}^{(2)} \tau_{12}^{(01)}; \\
\tau_0 &= \tau_0^{(01)} + (1 - q_0) \tau_0^{(02)}.
\end{aligned} \tag{5}$$

Аналогично получены формулы преобразованной модели СМО для ТМН.

Условия стационарности:

$$\begin{cases} \rho_2^{(2)} < 1 \\ \rho_3^{(2)} + \rho_3^{(3)} < 1 \\ \rho_4^{(2)} + \rho_4^{(3)} + \rho_4^{(4)} < 1, \end{cases} \quad (6)$$

где
$$\rho_2^{(2)} = \frac{\lambda^{(2)} b_2^{(2)}}{1 - p_2^{(2)}(1 - q_2^{(2)})};$$

$$\rho_3^{(2)} = \frac{\lambda^{(2)} b_3^{(2)}(1 - q_2^{(2)})}{1 - p_2^{(2)}(1 - q_2^{(2)})}; \quad \rho_3^{(3)} = \frac{\lambda^{(3)} b_3^{(3)}}{1 - p_3^{(3)}(1 - q_3^{(3)})}; \quad (7)$$

$$\rho_4^{(2)} = \frac{\lambda^{(2)} b_4^{(2)}(1 - q_2^{(2)})(1 - p_2^{(2)} - q_3^{(2)})}{1 - p_2^{(2)}(1 - q_2^{(2)})}; \quad \rho_4^{(3)} = \frac{\lambda^{(3)} b_4^{(3)}(1 - q_3^{(3)})}{1 - p_3^{(3)}(1 - q_3^{(3)})}; \quad \rho_4^{(4)} = \lambda^{(4)} b_4^{(4)}.$$

Средние времена пребывания в различных фазах:

$$\tau_2^{(2)} = \frac{b_2^{(2)}}{(1 - p_2^{(2)}(1 - q_2^{(2)}))(1 - \rho_2^{(2)})}, \quad (8)$$

$$\tau_3^{(2)} = \frac{b_3^{(2)}(1 - q_2^{(2)})}{(1 - p_2^{(2)}(1 - q_2^{(2)}))(1 - \rho_3^{(2)})}, \quad (9)$$

$$\tau_4^{(2)} = \frac{b_4^{(2)}}{1 - \rho_4^{(2)}}; \quad (10)$$

$$\tau_3^{(3)} = \alpha_3^{(3)} \left(\frac{b_3^{(3)}}{1 - R_3^{(2)}} + \frac{\rho_3^{(2)} b_3^{(2)} + \rho_3^{(3)} b_3^{(3)}}{(1 - R_3^{(2)})(1 - R_3^{(3)})} \right), \quad (11)$$

где
$$\alpha_3^{(3)} = \frac{1}{1 - p_3^{(3)}(1 - q_3^{(3)})}, \quad R_3^{(2)} = \rho_3^{(2)}, \quad \lambda_3^{(2)} = \frac{(1 - q_2^{(2)})\lambda^{(2)}}{1 - p_2^{(2)}(1 - q_2^{(2)})},$$

$$\lambda_3^{(3)} = \frac{\lambda^{(3)}}{1 - p_3^{(3)}(1 - q_3^{(3)})}, \quad R_3^{(3)} = \rho_3^{(2)} + \rho_3^{(3)}. \quad (12)$$

$$\tau_4^{(3)} = \alpha_4^{(3)} \left(\frac{b_4^{(3)}}{1 - R_4^{(2)}} + \frac{\rho_4^{(2)} b_4^{(2)} + \rho_4^{(3)} b_4^{(3)}}{(1 - R_4^{(2)})(1 - R_4^{(3)})} \right), \quad (13)$$

где
$$\alpha_4^{(3)} = \frac{(1 - q_3^{(3)})}{1 - p_3^{(3)}(1 - q_3^{(3)})}, \quad R_4^{(2)} = \rho_4^{(2)}, \quad \lambda_4^{(2)} = \frac{(1 - q_2^{(2)})(1 - p_2^{(2)} - q_3^{(2)})\lambda^{(2)}}{1 - p_2^{(2)}(1 - q_2^{(2)})},$$

$$\lambda_4^{(3)} = \frac{(1 - q_3^{(3)})\lambda^{(3)}}{1 - p_3^{(3)}(1 - q_3^{(3)})}, \quad R_4^{(3)} = \rho_4^{(2)} + \rho_4^{(3)}. \quad (14)$$

$$\tau_4^{(4)} = \frac{b_4^{(4)}}{1 - R_4^{(3)}} + \frac{\rho_4^{(2)} b_4^{(2)} + \rho_4^{(3)} b_4^{(3)} + \rho_4^{(4)} b_4^{(4)}}{(1 - R_4^{(3)})(1 - R_4^{(4)})}, \quad (15)$$

где
$$R_4^{(4)} = \rho_4^{(2)} + \rho_4^{(3)} + \rho_4^{(4)}, \quad \lambda_4^{(4)} = \lambda^{(4)}. \quad (16)$$

Полные средние времена пребывания в системе:

$$\begin{aligned}\tau^{(2)} &= \tau_2^{(2)} + (1 - q_2^{(2)})\tau_3^{(2)} + (1 - q_3^{(2)} - p_2^{(2)})\tau_4^{(2)}; \\ \tau^{(3)} &= \tau_3^{(3)} + (1 - q_3^{(3)})\tau_4^{(3)}; \\ \tau^{(4)} &= \tau_4^{(4)}.\end{aligned}\tag{18}$$

Проведены расчеты и анализ характеристик процессов управления в разработанных моделях. Параметры потоков информации при проведении расчетов выбраны на основе обработки статистической информации о неисправностях в телекоммуникационном оборудовании, находящемся в эксплуатации.

Полученные аналитические соотношения являются основой при проектировании систем управления как мультисервисными сетями, так и существующими цифровыми сетями для конкретных данных заказчика. Кроме того, они могут использоваться при проведении сравнительного анализа продуктов - систем управления, поступающих на рынок для конкретных данных заказчика, а также при проведении дальнейших исследований в диссертации.

Четвертая глава диссертации посвящена моделированию и исследованию эффективности процессов управления устранением неисправностей в системах управления сетями связи.

Процесс устранения неисправностей (восстановления) неразрывен с другими циклами процесса управления. Реализация фазы ϕ_6 технического обслуживания сетей связи и их элементов в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т М.20 предполагает проведение ремонтно-восстановительных работ. Поскольку эти работы по устранению неисправностей проводятся централизованным способом восстановительными бригадами, возникает задача управления процессом централизованного устранения неисправностей от M объектов технического обслуживания (ОТО) N восстановительными бригадами ($N < M$).

В диссертации предложен подход к решению задачи оценки эффективности рассматриваемых процессов восстановления.

Выделим три состояния ОТО в зависимости от текущего значения показателя качества его функционирования:

А: ОТО функционирует с удовлетворительным качеством, его техническое обслуживание (ТО) нецелесообразно;

В: ОТО функционирует с удовлетворительным качеством, но целесообразно приступить к его ТО;

С: ОТО функционирует с неудовлетворительным качеством, необходимо приступить к его ТО.

Введение трех состояний ОТО дает возможность реализации различных алгоритмов ТО, определяющих необходимость, приоритетность и полноту технического обслуживания. Результаты анализа различных факторов, влияющих на процессы восстановления, позволяют сформулировать четыре алгоритма процесса централизованного устранения неисправностей: полного восстановления с относительными и абсолютными приоритетами заявок; частичного восстановления с относительными и абсолютными приоритетами заявок.

В качестве показателей эффективности рассматриваемого процесса управления примем следующие величины, характеризующие функционирование объектов в состоянии С с неудовлетворительным качеством:

T_c – среднее время ожидания восстановления объектом в состоянии С;

L_c – среднее число объектов, ожидающих восстановления в состоянии С.

На рис. 4. представлен граф состояний одного ОТО, а моделью описанного процесса может служить замкнутая сеть массового обслуживания, представленная на рис. 5.

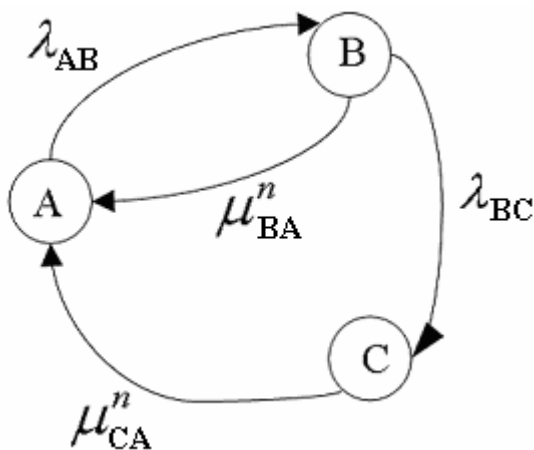


Рис. 4. Граф состояний ОТО

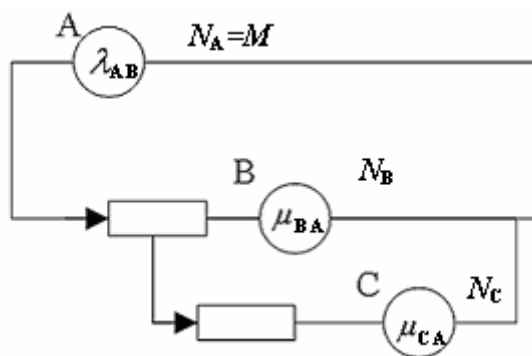


Рис. 5. Замкнутая сеть массового обслуживания

Для предложенной модели процессов управления устранением неисправностей, представляющей собой замкнутую сеть массового обслуживания, проведена оценка выбранных показателей эффективности процессов управления устранением неисправностей в мультисервисной сети:

$$T_c = \varphi(M, N, \lambda, \mu, \alpha, \theta), \quad L_c = f(M, N, \lambda, \mu, \alpha, \theta), \quad (19)$$

где λ - интенсивность перехода ОТО из состояния А в состояние С под воздействием потока отказов; μ - интенсивность технического обслуживания ОТО при его восстановлении из состояния С в состояние А; α и θ - параметры, характеризующие процессы управления.

Для оценки выбранных показателей T_c и L_c в предложенной модели использован агрегативный подход.

Составлены и решены уравнения, описывающие вероятности состояний. Разработанный метод расчета показателей эффективности является приближенным. Однако погрешность данного метода при определении показателей T_c и L_c не превышает 5 - 10% по сравнению с точным, но более трудоемким точным методом расчета.

На рис.6 приведена зависимость показателя L_c (среднего числа ОТО, ожидающих ТО) от числа k 30-канальных ЦСП, образующих одно направление связи. Зависимость показана при числе восстановительных бригад $N=1$ и различных значениях времени восстановления одной ЦСП T_{B1} . На рис.7 приведена за-

висимость показателя T_C от числа восстановительных бригад N при $k=10$ и различных значениях T_{B1} . Из графиков видно, что при заданных исходных данных практически не требуется более двух восстановительных бригад.

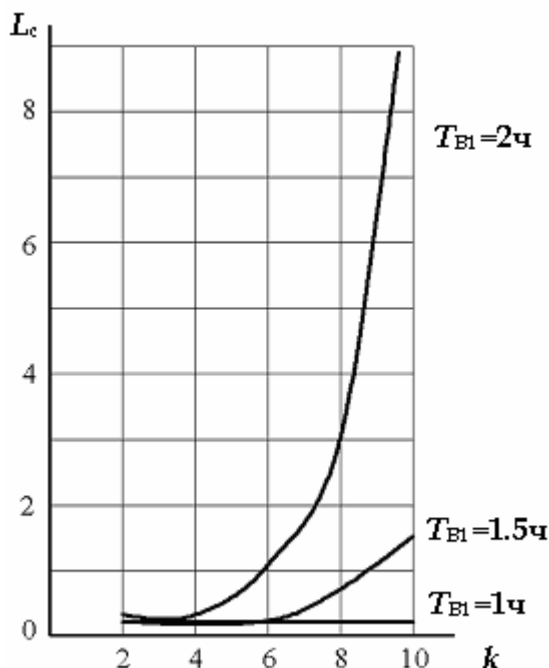


Рис. 6. Зависимость $L_c=f(k)$

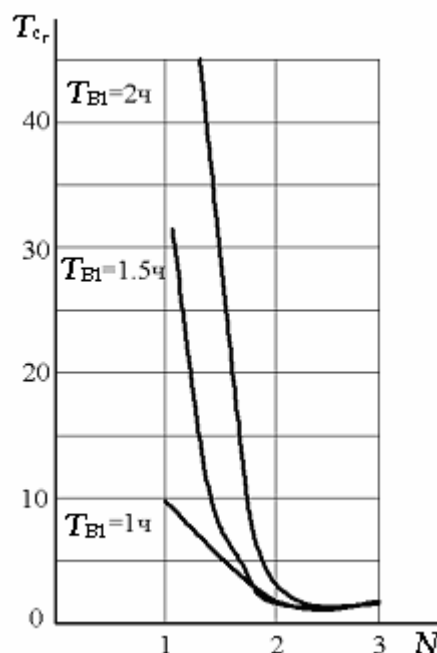


Рис. 7. Зависимость $T_c=f(N)$

Пятая глава диссертации посвящена практическим вопросам реализации разработанных моделей и методов проектирования процессов управления в сетях связи, в том числе и сетях, построенных на основе концепции NGN и NGOSS форума TMF.

Разработанные во второй и третьей главах диссертационной работы методы проектирования процессов управления и систем управления были положены в основу создания Концепции системы управления сетями связи Межрегиональной компании (МРК). С точки зрения оператора, предоставляющего услуги, МРК может рассматриваться как многопрофильный оператор связи (МОС), предоставляющий разнообразные инфотелекоммуникационные услуги, в том числе и услуги создаваемых сетей NGN.

Таким образом, речь идет о Концепции создания системы управления сетями связи многопрофильного оператора связи (СУСС МОС).

Указанная Концепция включает в себя решение следующих задач:

- цели и задачи создания СУСС МОС;
- функции СУСС МОС;
- общие требования к СУСС МОС;
- организационная структура СУСС МОС;
- функциональная архитектура СУСС МОС;
- методы проектирования СУСС МОС;
- внедрение СУСС МОС.

Полученные в диссертационной работе результаты были использованы при подготовке указанных разделов Концепции.

Кроме того, в работе предложена методика сравнительной оценки параметров характеристик реальных продуктов - систем управления, поступающих на телекоммуникационный рынок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе получены следующие теоретические и практические результаты.

1. На основе проведенного анализа существующих подходов, моделей и методов описания процессов и систем управления сетями связи выявлены специфические факторы в сетях связи следующего поколения NGN, которые необходимо учитывать при разработке процессов управления этими сетями.

Проведен анализ существующих методов проектирования процессов и систем управления и поставлены задачи дальнейших исследований.

2. Разработаны модели процессов управления неисправностями в мультисервисных сетях.

3. Разработан метод исследования характеристик и проектирования процессов управления в мультисервисных сетях.

4. Проведено моделирование и исследование эффективности процессов управления устранением неисправностей в системах управления сетями связи.

5. Разработаны прикладные программные средства для проведения расчетов и исследования характеристик процессов и систем управления.

6. Разработаны практические рекомендации по использованию полученных теоретических результатов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. *Лохтин В.И.* Мультисервисные сети связи: реальность и перспективы// Построение интеллектуальной мультисервисной сети связи в составе российской инфотелекоммуникационной инфраструктуры»: Тез. докл. II межд. конф. 21-23 августа 2002 г. - «Вестник связи». - Москва. - №9. - 2002. - С.6-8.

2. *Лохтин В.И., Костин А.А.* Различные стратегии внедрения систем интегрированного управления и поддержки эксплуатации сетей связи ЕСЭ России// 7-ая международная конференция «Развитие телекоммуникаций в России». Материалы конференции. 27-29 апреля 2004. - Сочи. - 2004. - С. 25-28.

3. *Лохтин В.И., Костин А.А.* Анализ существующих методов проектирования систем управления телекоммуникационными сетями// Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова. Серия: Научная сессия, посвященная дню радио. Выпуск LIX-1. - Москва. - 2004. - С. 24-26.

4. *Лохтин В.И.* Подходы к стратегии внедрения систем интегрированного управления сетями связи в ОАО «Связьинвест»// Материалы 4-ой международной конференции. Системно-сетевые решения и оборудование для построения сетей связи на основе технологий NGN. 24-26 августа 2004. - Нижний Новгород. - 2004. - С. 8-9.

5. *Лохтин В.И.* Модель системы управления электросвязью для категории управления неисправностями// Труды учебных заведений связи / СПбГУТ. СПб, 2004. № 170. С. 13-19.

6. *Лохтин В.И.* Проблемы и подходы к эксплуатационному управлению сетями операторских компаний ОАО «Связьинвест»// V международный научный семинар «Информационные сети, системы и технологии». Материалы семинара. 26-27 октября 2004. – Москва. – 2004. – С. 22-26.
7. *Лохтин В.И.* Моделирование процессов управления устранением неисправностей в системах управления сетями связи// V международный научный семинар «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ, СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ». Материалы семинара. 26-27 октября 2004. – Москва. – 2004. – С. 103-108.
8. *Лохтин В.И., Костин А.А.* Проектирование и внедрение систем управления сетями связи многопрофильного оператора связи// Материалы международной конференции «Задачи управления сетями электросвязи». 23-24 ноября 2004. – г. Суздаль. – 2004. – С. 8-10.
9. *Лохтин В.И., Костин А.А.* Анализ мирового опыта и задачи операторов связи по внедрению интегрированных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами// Международная конференция «Проблемы и системы эксплуатационного управления и информационной безопасности сетей связи». – Санкт-Петербург. – 2004. – С. 11-16.
10. *Лохтин В.И., Яшин В.Н., Костин А.А.* Концептуальные положения по интегрированному управлению сетями электросвязи межрегиональных компаний ОАО «Связьинвест»// Юбилейная научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава научных сотрудников и аспирантов СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. – Санкт-Петербург. – 24-28 января 2005 года. – С. 1-3.
11. *Лохтин В.И., Костин А.А.* Концепция системы управления сетями связи МРК ОАО «Связьинвест»// Материалы 8-й международной конференции «Развитие телекоммуникаций в России». – Сочи. – 19-21 апреля 2005 г. – С. 6-9.
12. *Лохтин В.И., Костин А.А.* Исследование эффективности процессов управления устранением неисправностей// Труды учебных заведений связи. – Санкт-Петербург. – 2004. – С. 23-29.
13. *Лохтин В.И.* Анализ характеристик моделей систем управления телекоммуникационными сетями и услугами// V международная научная конференция «Информационные сети, системы и технологии». Материалы конференции. 27-29 сентября 2005. – Москва. – 2005. – С. 62-69.