

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, профессора Иванова Александра Юрьевича  
на диссертационную работу Левакова Андрея Кимовича  
«Модели и принципы функционирования сети связи следующего поколения  
в чрезвычайных ситуациях», представленную на соискание ученой степени  
доктора технических наук по специальности  
05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

### **Актуальность темы диссертационной работы**

В современных условиях развитие сетей электросвязи общего пользования и специального назначения осуществляется в соответствии с концепцией NGN, характеризующейся некоторыми отличиями от стандартов ITU. Пакетные способы передачи, распределения и обработки информации позволяют реализовать процессы конвергенции и интеграции, результаты которых уменьшают объемы инвестиций в систему электросвязи. Однако стоит заметить, что эти же технологии способны привести к снижению качества предоставляемых услуг. Особенно вероятны такие последствия при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС). Решение потенциальных проблем усложняется совпадением перехода к сетям NGN с началом внедрения Системы-112, интегрирующей способ доступа и некоторые информационные процессы экстренных оперативных служб (ЭОС). Кроме того, в условиях ЧС часть сетевых ресурсов может оказаться неработоспособной, а действующее законодательство предусматривает возможность передачи части некоторых средств электросвязи в ведомственные сети ЭОС до полной ликвидации последствий чрезвычайной ситуации.

Естественно, что при наступлении чрезвычайной ситуации оператор связи обязан принять меры по обеспечению устойчивой работы сети. Разработка таких мер требует научного обоснования, что и побудило автора к проведению серьезных исследований в рамках представленной диссертационной работы. Поскольку процесс перехода к сетям NGN находится в начальной стадии, реализация рекомендаций диссертационного исследования будет

183/18  
19 11 18

способствовать превентивной подготовке системы электросвязи к работе в условиях чрезвычайных ситуаций. Эти соображения свидетельствуют о своевременности и актуальности темы диссертационной работы Левакова А.К. и проводимых в ее рамках научных изысканий автора.

### **Объект и предмет исследований в диссертационной работе**

В качестве объекта исследования выбрана сеть общего пользования, трансформируемая в соответствии с концепцией NGN в периоды, когда сеть подвергается отрицательным последствиям ЧС. Предметом исследования стала совокупность математических моделей в виде графов и систем телетрафика, отображающих основные принципы работы сети NGN от момента возникновения чрезвычайной ситуации до полного завершения работ по ликвидации ее последствий.

### **Научная новизна положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Научная новизна положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, подтверждается следующими факторами.

1. Использован комплексный подход к разработке принципов работы сети NGN в ЧС. Разработаны новые модели, адекватно (с приемлемыми допущениями) отражающие процессы работы сети NGN в части характеристик надежности и качества обслуживания пакетного трафика.

2. Аналитические соотношения получены за счет корректного применения математического аппарата. Допущения, принятые при формировании соответствующих моделей, проверены и подтверждены имитационным моделированием.

3. Проведены измерения мультисервисного пакетного трафика, которые экспериментальным путем подтвердили ряд выдвигаемых гипотез и предложенных рекомендаций.

4. Основные решения, изложенные в диссертационной работе, опубликованы в авторитетных журналах, представлены на международных и российских конференциях высокого уровня и с одобрением восприняты широкой научной общественностью. Сведения о внедрении полученных результатов подтверждают их востребованность научными организациями, разработчиками оборудования и операторами связи.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Всесторонняя обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы, помимо их апробации, удостоверяется:

- целостностью научно-обоснованной концепции по принципам работы сети NGN в чрезвычайных ситуациях;

- корректным следованием общепринятым критериям научности знания в предметной области;

- непротиворечивостью теоретических положений работы содержанию тематики специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций;

- соблюдением условий состоятельности выдвигаемых гипотез в части таких научных дисциплин как теория телетрафика и теория надежности.

#### **Содержание диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников и трех приложений. Содержательно структура работы выверена: первая глава носит аналитический характер, следующие три главы имеют ярко выраженную исследовательскую направленность, а заключительная глава связана с формированием рекомендаций по итогам исследования.

В первой главе «Анализ принципов модернизации телекоммуникационной системы» представлены возможные варианты построения сети NGN,

формируемые в результате развития телефонной сети общего пользования, основанной на традиционной технологии коммутации каналов. Отличием от аналогичных исследований, выполненных отечественными и зарубежными специалистами, является учет особенностей сети, которые обусловлены условиями ЧС. При этом автор рассматривает виды потенциальных чрезвычайных ситуаций, как приводящих к разрушениям сети с различной степенью тяжести, так и протекающих без них. Предлагается прекращать предоставление некоторых видов услуг, которые не критичны для удовлетворения приоритетных потребностей в обмене информацией. Такой подход позволяет освобождать значительную часть сетевых ресурсов для решения актуальных задач по управлению действиям подчиненных сил и средств в чрезвычайной ситуации. В главе получен важный теоретический результат, касающийся утраты свойств фрактальности при исключении ряда приложений из состава пакетного трафика.

Во второй главе «Характеристики надежности и живучести сети связи следующего поколения в чрезвычайных ситуациях» исследованию подвергнуты надежность характеристики сети NGN в условиях чрезвычайных ситуаций. К сожалению, эксплуатируемые технические средства, как правило, отличаются от их моделей, заложенных на этапе проведения научно-исследовательских работ. В этом случае особой ценностью становятся исследование именно эксплуатируемых технических средств, которые в рассматриваемой диссертации представлены в виде графов и гиперсетей, что отражает структуры реально существующих фрагментов сети NGN. Концептуальные решения по установке интеллектуальных шлюзов позволяют обеспечить высокую доступность услуг связи, включая доступ к операторам ЭОС в составе Системы-112. Необходимо подчеркнуть, что установка интеллектуальных шлюзов позволяет также получить экономический эффект при сравнительно низком сроке окупаемости инвестиций. Должное внимание в главе уделено разработке предложений по проведению восстановительных работ, а также оценке объема резервных источников электропитания.

В третьей главе «Характеристики работы узла коммутации в составе сети связи следующего поколения при чрезвычайных ситуациях» исследованы вероятностно-временные характеристики узлов коммутации сети NGN. Работа этих узлов определяет уровень качества услуг, обеспечиваемых сетью. Автором разработаны модели узлов коммутации как систем телетрафика. Выбранные допущения вполне обоснованы. Разработанные модели исследованы аналитически с привлечением аппарата теории телетрафика и имитационных моделей. В результате предложены приближенные аналитические соотношения для оценки средней задержки, квантиля и вероятности потери пакетов. Эти соотношения уточняют результаты для моделей телетрафика общего вида с одним обслуживающим прибором при условии, что время обслуживания требований постоянно. Обосновано введение нового (для прикладных исследований) класса входящего потока, характеризующегося распределением длительности между моментами поступления требований – функция  $A(t)$  в литературе по теории телетрафика – на конечном интервале по оси абсцисс. Помимо этого в главе приведены результаты исследования Системы-112 при возникновении ЧС, которые позволили составить рекомендации по выделению разных групп операторов ЭОС, специализирующихся на конкретных видах чрезвычайных ситуаций.

В четвертой главе «Характеристики качества функционирования сети связи следующего поколения при чрезвычайных ситуациях» объектом исследования выступают вероятностные характеристики совокупности узлов коммутации, соединенных трактами передачи пакетов. Модель представляет собой сеть, состоящую из набора систем телетрафика, в которой анализируются отдельные маршруты продвижения требований. Интересный результат получен для маршрута с одним перегруженным узлом коммутации, что отражает реальную ситуацию из-за разрушений в сети NGN как результат ЧС. Актуален также метод определения характера потока требований, полученного в результате суперпозиции нескольких потоков, поступающих из разных направлений. После наступления ЧС не всегда разумно ориентироваться на

нормы качества предоставления услуг, действующие в обычных условиях эксплуатации сети NGN. По этой причине теоретическое и практическое значение приобретают материалы, посвященные временно вводимым показателям до устранения последствий чрезвычайной ситуации.

В пятой главе «Рекомендации по организации работы телекоммуникационной системы при возникновении чрезвычайных ситуаций» приведены научно-обоснованные практические решения по комплексу мер, которые должны быть реализованы в сети NGN на период действия ЧС. Особую ценность теоретического и практического характера, по нашему мнению, представляют алгоритмы ограничения трафика и изменения его свойств. Вполне логичными выглядят предложения по выбору новой структуры сети в случае масштабных разрушений. С практической точки зрения интерес представляют рекомендации по организации сквозного процесса поддержки качества обслуживания трафика, в который вовлечены все участники процесса создания и развития сети NGN.

В Приложении представлен вспомогательный материал и подтверждение о практическом использовании результатов научного исследования.

Автореферат концентрирует основные положения диссертационной работы и позволяет вынести целостное суждение о характере, содержании и результатах исследования.

### **Замечания по диссертационной работе**

При всех несомненных достоинствах диссертационной работы нельзя умолчать о некоторых ее недостатках.

1. В главе 2 «Характеристики надежности и живучести сети связи следующего поколения в чрезвычайных ситуациях» не учитываются перемежающиеся отказы, которым в последние годы уделяется большое внимание по мере расширения области применения оборудования с программным управлением.

2. В главе 3 «Характеристики работы узла коммутации в составе сети связи следующего поколения при чрезвычайных ситуациях» исследуются

модели телетрафика с ограниченным и с неограниченным буферным накопителем (например, на С. 132). Не вполне понятен смысл модели с неограниченным буферным накопителем, поскольку вероятность потери заявок будет всегда равна нулю. В этом случае возникает вопрос оценки параметра IPLR.

3. В таблице 4.1 не указано, что предложенное значение IPLR для второго класса обслуживания соответствует фактически принятым нормам на пакетную телефонию.

4. Модель на рисунке 5.3 (С. 218), представленная в круговом виде, отражает только случаи визуального или звукового восприятия последствий ЧС. По этой причине область применения сформулированных рекомендаций снижается. Например, при утечке газа последствия будут ощущаться иначе, и зависеть от направления ветра, температуры и иных факторов.

5. К сожалению, в текст автореферата не вошли материалы из Приложения В «Результаты моделирования многолинейной СМО с паузами между попытками вызовов», представляющие, по нашему мнению, важное значение для понимания сути предлагаемых алгоритмов управления входящим потоком вызовов.

В некоторой степени отмеченные недостатки способны снизить степень общего положительного восприятия диссертации. Однако они не являются определяющими в сопоставлении с полученными новыми научными результатами.

### **Заключение**

Диссертация Левакова Андрея Кимовича «Модели и принципы функционирования сети связи следующего поколения в чрезвычайных ситуациях» представляет собой законченный исследовательский труд, который выполнен на высоком научном уровне. Новые научные результаты диссертационной работы представляют интерес с теоретической и практической позиций. Результатам, полученным соискателем, присущи достоверность и обоснованность. Это же касается выводов и рекомендаций.

Текст диссертационной работы написан профессиональным языком. Выдержан научный стиль подачи материала. Автореферат в сжатой форме передает смысл диссертации. Работа полностью соответствует паспорту специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Перечисленные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа отвечает требованиям п. 9, 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. Автор диссертационной работы Леваков Андрей Кимович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент

профессор кафедры специальных информационных технологий

ФГКОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации»,

доктор технических наук, профессор

Иванов Александр Юрьевич

2 ноября 2018 г.

Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации»

Почтовый адрес университета: 198206, Санкт-Петербург, ул. Летчика Пилотова, д. 1.

Сайт университета: [univermvd.ru](http://univermvd.ru)

Телефон официального оппонента: (921) 757 8239

E-mail официального оппонента: [alexandr.y@mail.ru](mailto:alexandr.y@mail.ru)