



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ПГУТИ по НИ

проф., д.т.н.

Бурдин В.А.

Октябрь 2015г.

официального оппонента доктора технических наук, член-кор. РАЕ  
Ложкина Леонида Дидимовича, доцента кафедры «Основы  
конструирования и технологии радиотехнических систем» Поволжского  
государственного университета телекоммуникаций и информатики на  
**диссертацию Тулякова Юрия Михайловича «Разработка методов  
повышения надежности подвижной радиосвязи»**, представленную на  
соискание учёной степени доктора технических наук по специальности  
05.12.04. - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения  
**Актуальность** темы.

Диссертация Тулякова Юрия Михайловича посвящена исследованию и  
разработке методов повышения надежности передачи данных (связи) в  
системах подвижной наземной связи.

Современное развитие систем наземной подвижной связи ориентировано  
не только на совершенствование голосовой связи, а главным образом на  
передачу данных - повышение скорости и надёжности передачи. Эта  
особенность обуславливается разработкой и внедрением систем подвижной  
наземной связи (ПНС) третьего (3G) и четвертого (4G) поколений. Передача  
данных в системах ПНС в значительной степени определяет требования к  
надёжности связи с подвижными объектами, проблематичность достижения  
которой обуславливаются сложной многолучевой флуктуирующей структурой  
распространения радиоволн и случайным характером помех в канале "базовая  
станция (БС) - абонентская станция (АС)". Эти условия должны учитываться  
как при выборе методов передачи данных в отдельно взятой системе ПНС, так  
и при объединении таких систем в сети.

Другой проблемой подвижной наземной связи является определение  
методов передачи данных при взаимодействии систем радиосвязи различных  
видов по структуре построения их радиосетей. Особая востребованность  
решения такой проблемы возникает при применении систем ПНС для  
оповещения населения о чрезвычайных ситуациях.

Поскольку исследования в диссертационной работе Туликова Ю.М. непосредственно касаются этих проблем, то эта работа является весьма актуальной.

### **Объём и структура диссертации.**

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Объём работы составляет 404 страниц и восьми Актов внедрения результатов работы. Список литературы охватывает 189 наименований, среди них 36 наименований принадлежат автору и 17 - ему и его коллегам. Приложения распределены так: 1 глава - 5; 2 глава — 11; 3 глава - 3; 4 глава - 2; 5 глава - нет приложений; 6 глава - 8 приложений. Список русских сокращений охватывает 2 страницы, английских - 3 страницы.

Основным содержанием работы являются теоретические и прикладные исследования в области повышения надёжности передачи данных в подвижной наземной связи.

Во введении дается общая характеристика её работы, обосновывается её актуальность, определяются цель и задачи исследования, отмечаются научная новизна и практическая значимость работы, приводятся основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту, сведения об апробации, реализации и внедрении результатов работы.

**В главе 1** диссертации, где тщательным образом анализируются способы передачи данных в различных системах подвижной наземной связи - от систем многоадресного радиовызова до систем высокоскоростного радиодоступа четвертого поколения, дается оценка этим способам с использованием предложенной автором универсальной схемы передачи данных и определяются направления их развития. Предлагается универсальное соотношение для оценки скорости передачи данных в системах с временным разделением каналов, учитывающее параметры канального кодирования. Практически интересным является предложенный автором подход к измерению территориальной информатизации населения, основанный на принципах оценки суммарного информационного потока, поступающего в заданный регион,

**В главе 2** исследуются методы передачи данных в системах многоадресного радиовызова (одних из первых систем передачи данных в подвижной наземной связи общего пользования). Дается подробная теоретическая оценка взаимодействию таких систем с телефонными сетями общего пользования и параметрам сигналов радиовызова с возможными вариантами кодирования по критериям пропускной способности радиоканала и абонентской емкости системы. Полученные результаты этой оценки являются несомненным научным и практически важным вкладом в теорию связи, из

которых особо следует выделить теоретические выкладки для определения параметров помехоустойчивости при повышенных требованиях к вероятности ложного вызова по сравнению с вероятностью пропуска вызова.

Предлагается и теоретически обосновывается способ повышения надёжности передачи вызовов за счёт квитирования приёма вызывных сообщений, на который автором получен патент.

Разработанные алгоритмы и принципы взаимодействия региональных систем радиовызова при роуминге абонента показаны на практически внедренном примере многорегиональной и межгосударственной сети пейджинга.

**Глава 3** посвящена статистическому анализу передачи данных в системах подвижной наземной связи. Полученные результаты этого анализа, нормированные на одного активного абонента систем многоадресного радиовызова и сотовой связи, позволяют их использовать при проектировании и оценки эксплуатационных характеристик этих систем при различной абонентской емкости.

В этой главе также предложен вариант повышения скорости передачи данных по радиоинтерфейсу систем подвижной наземной связи за счет объединения радиоканалов с долевым распределением передаваемых данных. Как следует из сделанных в диссертации аналитических оценок этого метода, скорость передачи данных может быть увеличена практически пропорционально числу объединяемых каналов.

Практически полезным результатом этой главы также оценка способов увеличения размеров зоны действия базовой станции.

**В четвертой главе** исследуются частотно-энергетические аспекты распространения радиосигналов в ПНС (диапазоны ОВЧ и УВЧ), основанные на существующих результатах исследований характеристик распространения радиоволн и дополнительно проведенных автором экспериментальных оценок уровневой структуры электромагнитного поля в условиях города. Благодаря этим исследованиям предложен новый подход к оценке пространственных флуктуации уровня радиосигналов с помощью трех составляющих уровневых структур: макро-, промежуточной-, микроструктур, в отличие от ранее принятой двухуровневой структуры, позволяющий наиболее точно прогнозировать уровень сигнала в месте приема. Теоретически обоснованная математическая модель микроструктуры позволяет подойти к иному, в отличие от общеизвестных способов, более удобному практически методу измерения медианных уровней электромагнитного поля со сложной многолучевой структурой распространения, а также качественно оценить изменения уровня сигнала при мобильном приеме.

Дана аналитическая оценка существующим методам прогнозирования уровня радиопомех в условиях города.

Особо следует отметить результаты исследований по затуханию уровня радиосигнала при проникновении в различные помещения зданий, т.е. для необходимых условий работы современных систем подвижной наземной связи. Эти результаты позволяют конкретизировать не только требуемую энергетику сигналов, но и влияние радиопомех на прием сигналов.

В главе 5 предложен и аналитически обоснован метод многопараметрической оценки надёжности связи. На основании результатов аналитических и экспериментальных исследований характеристик распространения радиоволн и радиопомех, полученных в главе 4, определён комплекс параметров, характеризующих пространственную (на территории действия системы подвижной связи) надёжность радиосвязи при заданной помехоустойчивости, найдена зависимость этой надёжности от расстояния до базовой станции. Благодаря этой зависимости определяется взаимосвязь надёжности и помехоустойчивости передачи-приёма радиосигналов. Эти результаты позволили функционально оценить картину изменения пространственной надёжности и её среднюю величину, или изменения помехоустойчивости при заданной надёжности в зоне действия радиосистемы для заданных энергетических параметров системы.

Найденная функциональная зависимость изменения надёжности от расстояния до базовой станции позволяет также решать обратную практически важную задачу - для заданных надёжности и размерах зоны действия базовой станции определить требуемые энергетические параметры взаимодействия базовой станции с абонентской станцией.

В итоге определяются виды задач по оценке основных параметров радиоканалов подвижной связи, решение которых основано на методиках, базирующихся на полученных результатах.

**В шестой итоговой главе** разрабатываются и обосновываются методы повышения пространственной надёжности подвижной наземной связи за счет адаптивного взаимодействия радиосистем с различной структурой построения их радиосетей. Теоретически определено увеличение надёжности при взаимодействии сотовых и радиально-зоновых систем связи. Эти результаты конкретизированы для системы сотовой связи, дополненной радиальной системой. На такую сотово-радиальную систему автором получен патент.

С целью повышения пространственной надёжности автором предложен вариант взаимодействующих сотовой и радиальной систем на примере сотовой и пейджинговой сетей для передачи коротких SMS сообщений. Для этого варианта разработаны алгоритмы взаимодействия этих сетей и получен патент.

В главе дано обоснование применению разработанных методов и принципов адаптивного взаимодействия разновариантных систем для МЧС по оповещению населения о чрезвычайных ситуациях. Определены алгоритмы взаимодействия систем подвижной наземной связи для этих целей, предложены обоснованные способы и выбор организации широковещательных каналов этих систем и дается оценка основным характеристикам передачи экстренных широковещательных сообщений через системы радиовызова и сотовой связи.

**В заключении** приведены основные результаты и выводы.

**В многочисленных приложениях** приведён дополнительный материал, поясняющий исследования, выполненные по главам (параметры транкинговых систем, организация взаимодействия физических и логических каналов ТОМА технологии, использование Wi-Fi и WiMAX технологий при их взаимодействии, таблица параметров систем персонального радиовызова с многочастотным комбинированным кодированием, результаты расчётов параметров взаимодействия радиальной и сотовой систем и многие другие, а также разработка программной реализации алгоритмов моделирования приоритетного хэндовера и соответствующий программный код).

**Достоверность полученных в работе результатов** подтверждается использованием хорошо апробированного математического аппарата в теоретической части исследований, преемственностью с апробированными теоретико-практическими подходами к вопросам построения систем и сетей подвижной наземной связи, соответствием полученных теоретических результатов с практическими разработками, проектирования, внедрения и поддержки систем и сетей. Все теоретические результаты диссертационной работы согласуются с современными научными представлениями и данными отечественных и зарубежных научных источников. Основные научные и технические решения нашли применение при разработке, внедрении и поддержке ряда систем и сетей подвижной наземной связи.

**Научная новизна результатов.**

1. Разработанная обобщённая структурная модель (схема) передачи данных для систем подвижной наземной связи и определённые тенденции развития передачи данных в системах и сетях подвижной наземной связи общего пользования автором увязаны с аналитической оценкой методов формирования радиосигналов для допустимой максимальной скорости передачи данных (обосновано использование пейджинга в качестве базовой модели; проанализированы методы организации радиоинтерфейсов и определена сравнительная динамика роста скорости передачи данных и возможностей видов и объёмов передаваемой информации от систем

персонального радиовызова, транкинг-систем до систем сотовой связи 3G и 4G поколений; дана оценка территориальной информатизации населения).

2. Автором определены методы и разработаны новые подходы к реализации систем радиовызова с исследованием характеристик сигналов и их кодирования при преобладании требований к вероятности ложного вызова по сравнению с вероятностью пропуска вызова в радиоинтерфейсе (для определения способов взаимодействия систем радиовызова с проводными телефонными сетями общего пользования разработаны критерии по величине трафика; теоретически обоснованы и разработаны методы повышения достоверности и надёжности передачи радиосигналов вызова за счёт внедрения квантирования принимаемых сообщений; определены методы реализации многоадресного и широковещательного радиовызова; разработаны способы и алгоритмы межсистемного взаимодействия систем многоадресного радиовызова).

3. Получены результаты оценки параметров передаваемых данных в системах подвижной наземной связи, повышения скорости и увеличения размеров зоны их передачи (обоснована обобщённая схема; определены общие принципы повышения скорости передачи данных в системах подвижной наземной связи; предложен и обоснован метод повышения скорости передачи данных за счёт объединения каналов радиоинтерфейса в системах 2G-3G поколений; конкретизированы возможности и условия применения увеличения допустимого радиуса действия базовой станции сотовой связи).

4. Автором исследованы и уточнены характеристики распространения электромагнитных волн диапазонов ОВЧ и УВЧ диапазонов со сложной многолучевой структурой в условиях города (уточнены модели пространственной флуктуирующей уровневой структуры и разработан косвенный метод измерения уровня таких волн, с использованием которого проведена статистическая оценка их затуханий при проникновении этих волн в помещения зданий с улиц города; обоснована обобщённая модель распространения радиоволн, дополненная параметрами для условий приёма в помещениях зданий, и разработана методика прогнозирования уровней этих сигналов).

5. Разработанные автором методы оценки многопараметрической пространственной надёжности приёма радиосигналов подвижной наземной связи при заданной их помехоустойчивости позволили ему определить зависимости этой надёжности от расстояния до базовой станции, теоретически исследовать взаимосвязи пространственной надёжности и помехоустойчивости, определить методы расчёта основных параметров радиоинтерфейса подвижной

связи по критериям пространственной надёжности с заданной фиксированной или меняющейся помехоустойчивостью.

6. С учётом технологии подвижной наземной связи автором определены характеристики радиосигналов, которые влияют на надёжность связи, предложены методы и разработаны алгоритмы взаимодействия радиосистем подвижной наземной связи с целью повышения их пространственной надёжности. С этой целью им предложен и исследован метод повышения пространственной надёжности при взаимодействии радиальных и сотовых систем с реализацией единой сотово-радиальной сети, для которой исследованы требования по трафику для радиальной системы, а также пейджинга и сотовой системы связи при передаче SMS данных, разработаны алгоритмы такого взаимодействия. Автором предложен и обоснован на физическом уровне метод диапазонно-частотного разнесения передачи радиосигналов, который даёт возможность повысить пространственную надёжность связи, а также разработаны методы и алгоритмы комплексного структурного взаимодействия современных систем связи для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях.

**Практическая ценность работы** подтверждена тем, что разработанные методики, модели и алгоритмы получили широкое признание и внедрение:

- при проведении ряда научно-исследовательских работ во МТУСИ и научно-техническом центре ООО "НТЦ Радиопоиск",

- при развитии ряда предприятий подвижной наземной связи,

- в усовершенствовании средств оповещения населения в МЧС России по Нижегородской области,

- в научной школе и в учебном процессе при Волго-Вятском филиале МТУСИ,

- в учебном процессе студентов и сотрудников ИРИТа НГТУ им.Р.Е.Алексеева

Результаты диссертационной работы широко известны специалистам, о чём можно судить по многочисленным публикациям автора в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в зарубежных изданиях, в сборниках статей, трудах, материалах и докладах международных и всероссийских конгрессов, симпозиумов и конференций, семинаров.

Диссертационная работа написана на профессиональном уровне и при этом не вызывает сложностей при прочтении, а также имеет хорошее оформление. Полученные в диссертационной работе результаты достоверны, а выводы и заключения имеют чёткое обоснование.

**Автореферат** соответствует содержанию диссертации.

**Замечания по диссертационной работе.**

1. В таблице 1.1 отдельные из приводимых расчетных значений имеют неудачное смысловое их размещение.

2. На ряде структурных схем (рис, 1.7; 1.10, и др.) стр.39, 45 и др. абонентские станции расположены справа, т.е. процесс связи отражается слева направо. Хотя в большинстве современных литературных источников этот процесс начинается с абонентской станции, т.е. абонентская станция располагается слева.

3. В главе 1, стр.143, в комментариях к полученной автором формуле (1.4.1) неоправданно указано ограничение ее использования только для SMS передачи. На самом деле эта формула имеет более универсальное применение к различным видам TDMA форматов сигналов при заданных параметрах блочного канального кодирования.

4. В главе 2 на стр. 88-90 при определении телефонной нагрузки, создаваемой системой радиовызова в ГТС (в пояснениях к (2.2.1) и (2.2.2), табл. 2.1 и графиках на рис.2.10), используется время коммутации одной цифры номера для импульсного набора и не учтена возможность использования варианта с тональным набором\*

5. Материал раздела 2.5 «Определение способов передачи многоадресного и ширококвещательного радиовызова» (стр. 148-150) частично повторяется в разделе 6.6.3 «Оценка характеристик ширококвещательной передачи сообщений через адресные системы радиовызова» (стр.298-299).

б. Есть ряд редакционных замечаний по тексту:

- например, в разделе 3.3.2 (стр.189), во втором абзаце после рис.3.24, 6-я строка, упущена буква «з» в слове «разнесенными по частоте...»,

- на рис.4 Л 4 и 4.15 (стр.220) лишние (повторяющиеся) слова (последнее слово в каждой из подписей),

- в отдельных названиях списка литературы нарушена принятая стандартная форма записи.

### **Общая оценка работы.**

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации, которая представляет собой законченный научный труд, выполнена на высоком научном уровне, обладает новизной и актуальностью.

### **Общий вывод.**

Диссертация Тулякова Юрия Михайловича на тему «Разработка методов повышения надежности подвижной радиосвязи» является законченной научно-исследовательской квалификационной работой, содержащей решение крупной научной проблемы разработки и применения методов многоадресного и ширококвещательного радиовызова в наземной подвижной связи, что способствует совершенствованию существующих и разработке



многорегиональных и государственных систем (сетей) радиовызова и имеет актуальное значение. Выполненные исследования являются значительным научным вкладом в развитие теории и техники систем, сетей связи и устройств телекоммуникаций и имеют научно-прикладное и практическое применение. Ряд результатов можно рассматривать как новые направления в технике связи. Соискатель хорошо известен научной общественности по публикациям в центральных и отраслевых изданиях, что свидетельствует о его высокой квалификации. Результаты исследований реализованы на предприятиях связи Российской Федерации и в Республике Беларусь, а также в учебном процессе.

Диссертационная работа «Разработка методов повышения надежности подвижной радиосвязи» и решаемая в ней крупная и важная научно-техническая проблема соответствуют требованиям "Положения о порядке присуждения учёных степеней и присвоения учёных званий" ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Юрий Михайлович Туляков заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.12.04. - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Официальный оппонент,  
доктор технических наук



Ложкин Л.Д.

Сведения об оппоненте:

Ф.И.О.: Ложкин Леонид Дидимович;

Ученая степень: доктор технических наук;

Ученое звание: член корреспондент Российской академии естествознания;

Должность: доцент

Место работы: кафедра «Основы конструирования и технологии радиотехнических систем»

Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики;

Тел.: раб. (846) 339-58-53, сот. 8 9379847712;

e-mail: [leon.lozhkin@yandex.ru](mailto:leon.lozhkin@yandex.ru)