

О Т З Ы В

официального оппонента доктора физико-математических наук, Флаксмана Александра Григорьевича, на диссертационную работу Тулякова Юрия Михайловича «Разработка методов повышения надежности подвижной радиосвязи», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.04 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Диссертация Ю.М. Тулякова посвящена исследованию широкого круга вопросов для повышения надежности передачи данных в системах подвижной наземной радиосвязи. В настоящее время системы подвижной наземной радиосвязи нашли чрезвычайно широкое применение. Исследованию их характеристик и разработке методов для повышения эффективности таких систем посвящено достаточно большое число работ. Системы подвижной наземной радиосвязи должны работать в сложных условиях случайного быстроменяющегося многолучевого пространственного канала распространения сигналов, а также при воздействии помех различного происхождения. Помеховая обстановка с каждым годом становится более сложной, усложняются также условия распространения сигналов из-за уплотнения городской застройки и применения новых строительных материалов. Все это делает необходимым развитие новых методов обработки сигналов в системах наземной подвижной связи, методов взаимодействия различных систем связи, методов более точной оценки статистических характеристик пространственных каналов связи, а также методов борьбы с помехами. Поэтому *тема исследований, безусловно, является актуальной.*

Цель работы заключается в определении способов и параметров реализации систем радиовызова, разработке и исследовании методов оценки и повышения надежности передачи данных в подвижной наземной связи с нахождением видов их применения для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемых источников, содержащего 189 наименований, списка используемых сокращений и приложений.

Во введении сформулированы цели диссертационной работы, выносимые на защиту основные положения, отмечена научная новизна полученных результатов.

В первой главе анализируется развитие передачи данных в системах и сетях подвижной наземной радиосвязи различного назначения. Определяются перспективы развития передачи данных в сотовой связи при переходе к системам третьего и четвертого поколений (технологии Wide CDMA, WiMAX и LTE). Выполнено сравнение различных систем и технологий по скорости передачи данных их радиointерфейсов. Предложена обобщенная структурная схема передачи данных для систем подвижной наземной радиосвязи.

Во второй главе исследованы методы радиовызова в сетях подвижной наземной радиосвязи. Рассмотрены способы построения систем радиовызова и получено теоретическое обоснование помехоустойчивости сигналов радиовызова для различных видов адресного кодирования, когда требования к вероятности ложного вызова преобладают по сравнению с вероятностью пропуска вызова. Разработан метод повышения надежности передачи радиосигналов вызова, основанный на квитировании принимаемых сообщений абонентским устройством (приемником) вызова, позволяющий повысить надежность передачи-приема радиосигналов вызова. Дано обоснование выбора диапазонов электромагнитных волн и видов радиосигналов для систем радиовызова исходя из условий распространения радиоволн и их проникновения внутрь зданий. Определены приоритеты выбора вида модуляции сигналов.

Третья глава посвящена статистическим исследованиям передачи данных в системах подвижной наземной связи и анализу методов увеличения

скорости передачи данных и размеров зоны действия базовой станции. В частности, предложен способ увеличения этой зоны за счет увеличения защитного интервала во временном слоте пакета доступа TDMA технологии. При этом, в системах GSM стандарта при применении сдвоенного временного слота пакета доступа с увеличенным защитным интервалом максимальный радиус действия базовой станции увеличивается с 35 км (при обычном пакете доступа) до 122 км.

Четвертая глава посвящена статистическим характеристикам пространственных каналов связи в различных диапазонах частот. Определена обобщенная модель распространения сигналов для улиц города. С целью оценки уровня сигналов внутри зданий предложено уточнение этой модели за счет введения параметра затухания уровня электромагнитных волн, который определен из статистических данных. Предложена и обоснована новая 3-х структурная оценка пространственных изменений уровней сигналов с введением дополнительной промежуточной структуры, что позволило повысить точность оценок уровней принимаемых сигналов. Получены интегральные функции распределения значений затуханий сигнала, учитывающие как пространственные случайные изменения уровня сигнала на улицах, так и затухания сигнала при проникновении внутрь зданий.

В *пятой главе* рассмотрен метод многопараметрической оценки надежности связи в системах подвижной наземной связи. Определена территориальная (пространственная) надежность связи в виде многопараметрической взаимосвязи с помехоустойчивостью приема сигналов, характеристиками и условиями распространения радиоволн, величиной радиопомех и параметрами приемо-передающей части систем связи. Даны рекомендации практического использования полученных результатов оценки территориальной надежности при заданной помехоустойчивости.

В *шестой главе* приведен анализ эффективности разработанных методов повышения территориальной (пространственной) надежности связи, ко-

которые основаны на анализе параметров радиосигналов и характеристиках оборудования базовой станций с учетом особенностей ее размещения. Показано, что одним из эффективных направлений повышения территориальной надежности является применение комплексного адаптивного взаимодействия радиосистем с различной территориальной организацией их радиосети в зоне действия подвижной наземной связи. Предложен и обоснован метод повышения надежности, который позволяет обеспечить подвижной связью участки территории, обслуживаемого региона, неохваченные сотовой сетью. Дана оценка надежности такой «сотово-радиальной» сети.

В заключении приведены основные результаты диссертации.

Наконец, в приложениях даны материалы с аналитической и практической детализацией полученных результатов, а также акты внедрения этих результатов.

Полученные в диссертации результаты основаны на научно обоснованных предположениях и формализованных моделях. В работе приводятся многочисленные экспериментальные результаты, убедительно подтверждающие полученные выводы. При решении ряда проблем диссертанту удалось преодолеть достаточно большие трудности с обработкой и интерпретацией большого объема экспериментальных данных, что позволило получить ряд новых интересных результатов, важных как в методологическом отношении, так и в практическом плане. Все полученные результаты тщательно проверены путем сравнения с известными результатами других авторов, полученными в частных случаях. Таким образом, *научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются достоверными и обоснованными. Новизна результатов диссертации* заключается в разработке целого ряда новых методов и анализе их эффективности, который показал возможность существенного повышения надежности систем подвижной радиосвязи при комплексном применении этих методов.

К недостаткам работы следует отнести:

1. В настоящее время большое внимание уделяется экспериментальной оценке статистических характеристик пространственных каналов связи, на основе которых стандартизируются соответствующие модели. Одной из таких используемых моделей является специально разработанная для LTE сотовой связи модель 3GPP. Хотя в работе описан целый ряд моделей канала связи, данная модель не рассматривается.

2. В работе получена теоретическая оценка параметров помехоустойчивости для различных вариантов кодирования сигналов вызова в радиointерфейсе, в случае, когда требований к вероятности ложного вызова являются более высокими, чем к вероятности пропуска вызова. Представляет интерес сначала получить теоретические результаты в общем случае произвольных требований, а затем перейти к частным случаям.

3. В работе предложен метод повышения скорости передачи данных, основанный на объединении каналов радиointерфейса в системах второго и третьего (2G-3G) поколений. Было бы интересно получить аналогичные результаты с учетом систем следующего четвертого (4G) поколения, что увеличило бы практическое значение данного метода.

4. Из материалов диссертации непонятно, какие ограничения вносит мобильность (скорость перемещения) пользователей на эффективности метода хендверного взаимодействия радиальной и сотовой систем и метода повышения пространственной надежности за счет «диапазонно-частотного» разнесения радиоканалов радиальной и сотовой систем в сотово-радиальной сети.

Тем не менее, эти недостатки не ставят под сомнение положительную оценку диссертации, которая является законченной научно-исследовательской работой, результаты которой являются новыми, обоснованными и достоверными. В диссертации на основании выполненных автором исследований разработаны положения, совокупность которых можно

квалифицировать как новое крупное научное достижение в области разработки систем подвижной наземной радиосвязи, а также их эксплуатации в сложных условиях распространения сигналов и воздействия помех различного происхождения.

Основные результаты диссертации достаточно широко опубликованы в большом числе статей в ведущих научных журналах и в трудах конференций и симпозиумов. Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию диссертации.

В целом считаю, что рецензируемая диссертация выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ к докторским диссертациям, а Ю.М. Туляков, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.04 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических
наук, профессор кафедры бионики и
статистической радиофизики
Нижегородского государственного
университета им. Н.И. Лобачевского



А.Г. Флакسمан

Подпись доктора физ-мат. наук, профессора
Александра Григорьевича Флаксмана заверяю:

Ученый секретарь ННГУ



Л.Ю. Черноморская

Контактные сведения оппонента Флаксмана А. Г.:
Служебный адрес: 603950, Н. Новгород, пр. Гагарина, 23,
ННГУ им. Н.И. Лобачевского, кафедра бионики и
статистической радиофизики.
Телефоны: (831) 465-61-53, 8-920-024-20-20.
E-mail: flak@rf.unn.ru