

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 219.001.04 НА БАЗЕ ОРДЕНА
ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ»,
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30 ноября 2017 г. № 23

О присуждении Шорину Александру Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка методов повышения эффективности обслуживания трафика в системах мобильной связи» по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций, принята к защите 21.09.2017 г., протокол № 21, диссертационным советом Д 219.001.04, созданным на базе ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ), Федеральное агентство связи, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 8а, приказ о создании совета - № 244/нк от 03.03.2016 г.

Соискатель Шорин Александр Олегович 1988 года рождения, в 2009 году окончил с отличием ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ) с присвоением квалификации «Инженер» по специальности «Радиотехника». Работает в должности технического директора совместного Российско-Китайского предприятия ООО «НИРИТ-СИНВЭЙ Телеком Технолоджи».

Диссертация выполнена на кафедре Систем и сетей радиосвязи и телерадиовещания ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ), Федеральное агентство связи.

Научный руководитель – Шлома Александр Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Радиотехнические системы» МТУСИ.

Научный консультант – Сорокин Александр Степанович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Системы и сети радиосвязи и телерадиовещания»

МГУСИ.

Официальные оппоненты:

1. Карташевский Вячеслав Григорьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Мультисервисные сети и информационная безопасность» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ПГУТИ),

2. Мазепа Роман Богданович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Радиосистемы и комплексы управления, передачи информации и информационная безопасность» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт» (МАИ),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП «НИИР»), г. Москва, в своем положительном заключении, обсужденном на заседании научно-технического совета НТЦ Анализа электромагнитной совместимости ФГУП НИИР от 11.10.2017 г., протокол №1, подписанном Веерпалу Вячеславом Энновичем, доктором технических наук, директором НТЦ АЭМС ФГУП НИИР, и утвержденном Сподобаевым Михаилом Юрьевичем, кандидатом технических наук, первым заместителем генерального директора ФГУП НИИР, указала, что диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, ее содержание соответствует пунктам 1, 11 и 14 паспорта специальности 05.12.13, диссертация является законченной научно-квалификационной работой, совокупность результатов которой позволяет характеризовать ее как новое решение такой важной проблемы, как повышение эффективности использования ресурса радиоканала в системах мобильной связи. Основные положения, результаты и выводы диссертационной работы рекомендуется использовать в НИР и ОКР, проводимых научно-исследовательскими институтами, занимающимися разработкой систем мобильной связи нового поколения. Также указывается, что результаты диссертации имеют практическую ценность, поскольку могут быть применены для решения важных прикладных задач радиосвязи и задач теории информационного обмена.

Соискатель имеет 42 опубликованные работы, из них в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ - 11 работ. Общий объем – 13 печатных листов. Наиболее значимые публикации в изданиях из перечня ВАК:

- 1) Шорин, А.О. Моделирование нагрузки соты с динамическим поведением мобильных абонентов с замираниями сигнала / А.О. Шорин // Динамика сложных систем - XXI век. – 2012. – Т. 6. – № 4. – С. 70-73. Соискателем предложен подход к разработке алгоритма моделирования, написан алгоритм, отлажена программа моделирования, выполнен сбор статистики и обработки данных моделирования.
- 2) Шорин, А.О. Вероятность отказов в предоставлении соединений в сотовых системах связи с учетом мобильности абонентов и замираний сигнала / А.О. Шорин // Электросвязь. – 2013. – № 8. – С. 33-35. Соискателем предложена расширенная модель поведения абонентов, составлена и решена система уравнений баланса фаз, получены аналитические зависимости показателей качества, выполнена обработка статистических данных.
- 3) Шорин, А.О. Исследование вероятности отказов в предоставлении соединений в сотовых системах связи с учетом мобильности абонентов и замираний сигнала / А.О. Шорин // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. – 2013. – Т. 7. – № 10. – С. 120-126. Соискателем исследованы физические принципы, составляющие основу расширенной модели поведения, разработана модель поведения абонентов в соте (зоне) сети мобильной связи, предложена модель описания для замираний, приводящих к обрывам соединений, получены аналитические соотношения для совместных многомерных распределений нагрузки, числа абонентов и числа соединений, претерпевающих разрыв.
- 4) Шорин, А.О. Оценка влияния скорости перемещения абонентов на удельную интенсивность потока потерь соединений в сетях с OFDM-сигналами / А.О. Шорин // Электросвязь. – 2017. – № 1. – С. 35-39. Соискателем предложена модель описания явлений, приводящих к обрывам соединений, на базе теории выбросов марковских процессов составлено уравнение, связывающее интенсивность потока выбросов с рабочими характеристиками радиоканала и характером замираний. Проведены расчеты по полученным аналитическим соотношениям.
- 5) Шорин, А.О. Оценка оптимальных параметров OFDM-сигналов с учетом мобильности абонентов / А.О. Шорин, Р.С. Аверьянов // Электросвязь. – 2015. – № 12. – С. 60-65. Соискателем разработана аналитическая модель для описания влияния доплеровского смещения частоты на показатели качества связи по

каналам радиосвязи с OFDM сигналами, составлен алгоритм программы расчета, проведена обработка полученных данных. Личный вклад автора - 75%.

- 6) Шорин, А.О. Сопоставление эффективности сетей LTE и McWILL при передаче речи и коротких сообщений / А.О. Шорин, Р.С. Аверьянов // Электросвязь. – 2017. – № 2. – С. 57-66. Соискателем проведен анализ методов уплотнения информации и способов сжатия заголовков кадров высших уровней, применяемых в системах мобильной связи стандартов LTE и McWILL, выполнены расчеты пропускной способности при различных показателях качества связи CQI. Личный вклад автора - 75%.
- 7) Шорин, А.О. Предсказание перегрузок в системах подвижной радиосвязи / А.О. Шорин, А.М. Шлома // Электросвязь. – 2012. – № 3. – С. 51-53. Соискателем предложен подход прогноза и способ решения уравнений фильтрации в условиях пуассоновского канала наблюдений. Проведен синтез уравнений фильтрации, а также разработан алгоритм и программа моделирования. Личный вклад автора - 50%.
- 8) Шорин, А.О. Многофакторная имитационная модель обслуживания подвижных абонентов в мобильных системах связи / А.О. Шорин, Д.М. Малиничев, Д.А. Резинин // Радиотехника. – 2016. – № 5. – С. 121-126. Соискателем разработаны метод и алгоритм моделирования работы мобильных абонентов. Личный вклад автора - 50%.

Доля авторского вклада соискателя составляет 100% в первых четырех из указанных работ, 75% и 50% - в остальных перечисленных работах. В них отражены все основные результаты диссертации.

Недостовверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступило 10 положительных отзывов:

ПАО «МегаФон»; «Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (МИЭМ НИУ ВШЭ); ОАО «Концерн «Созвездие»; АО «Всероссийский научно-исследовательский институт радиотехники» (ВНИИРТ); ОАО «ВНИИ «Вега»; ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)»; ФГКОУ ВО «Воронежский институт МВД России»; ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича» («СПбГУТ»); ФГБОУ ВО

«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финансовый университет)»; ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет (ОмГТУ)».

Замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат, представлены в следующем обобщенном виде: 1) исследованные модели стохастического поведения интенсивностей никак не отражают сезонную и суточную периодичность изменений, характерная для реальных условий эксплуатации. Это ограничивает применимость результатов; 2) в главе 1 вводится понятие «эффективности обслуживания трафика» для нестационарных условий работы, но в главе 3, посвященной нестационарному режиму, результаты не содержат данных по указанному показателю. Поэтому не понятно, как нестационарные условия влияют на показатель «эффективности обслуживания»; 3) присутствуют некоторые погрешности оформления, в частности, сделанные подписи к рисункам 4-6, предполагают изображение полученных на них зависимостей в цвете, в то время как автореферат печатается в черно-белом виде; 4) автором приводятся решения задачи фильтрации интенсивностей пуассоновских потоков (5), (6), предполагающие фиксации моментов появления отсчетов, однако вопросы практической и технической реализации такого процесса в сети мобильной связи для абонентских потоков не приведены, что ограничивает степень обоснованности применения предложенного метода; 5) в автореферате указывается, что было получено точное аналитическое решение нелинейного дифференциального уравнения общего вида (9). Но известно, что в общем виде такое решение получить нельзя. Скорее всего, автор получил решение для некоторого частного случая, пояснений о котором в автореферате не привел; 6) графики на рисунке 10 и показанные там же результаты моделирования демонстрируют перегибы, объяснение которых не приведено; 7) из автореферата не ясно, каким образом при формировании прогноза перегрузок на фрагменте сети комплекс параметров интенсивности потоков входящих и выходящих регистраций может быть использован для определения состава затронутого перегрузкой фрагмента сети; 8) в автореферате (в разделе «Общая характеристика работы») отсутствует авторская оценка, по какой номинации п. 9 Положения о присуждении ученых степеней должна оцениваться диссертация – как «работа, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны»; 9) в пояснениях к рисунку 3 не отмечено, почему именно

были выбраны представленные модуляции; 10) в диссертационной работе остался не проработанным вопрос воздействия скорости движения абонентов на показатель GoS (перегрузок); 11) предлагаемые алгоритмы контроля интенсивностей потоков неизбежно приведут к повышенным требованиям на вычислительный ресурс базовых станций. Из автореферата не понятно на сколько могут возрасти требования к объему, быстродействию ОЗУ и производительности процессора. Это оставляет открытым вопрос экономической целесообразности внедрения. 12) обоснованное уточнение производительности микро и пикосот на 36% относительно расчетных показателей модели Эрланга может быть реально использовано только при условии специального перепланирования существующих кластеров малоразмерных сот с учетом предложенных методик. Но динамика всевозрастающего трафика и так обеспечит «выход» существующих кластеров на предельные рабочие характеристики. Для этого не нужно подстраиваться оптимально под текущее состояние. Данных по проектированию с учетом глобального роста трафика в автореферате не обнаружено. Это может нивелировать положительные моменты от применения разработанного правила уточненного анализа; 13) учитываются только пуассоновские потоки, что говорит о возможности применения предлагаемого подхода только к сетям 2G и 3G, но вызывает сомнение в возможности использования результатов для сетей последующих поколений; 14) не понятно, что подразумевается под понятием «обрыв» соединения, так как не указана в Рекомендации МСЭ, согласно которой определяется данный показатель качества; 15) математические выражения, представленные в результатах второй главы на страницах 9-10 для изменения вероятностей, можно подвергнуть дальнейшим преобразованиям; 16) отмечается, что оценки погрешностей для предложенного подхода и стандартной модели, полученные в главе 2, имеют существенный разброс, но не указаны области расхождения и параметры, от которых зависит такой разброс; 17) вывод, сделанный на основе анализа зависимостей, представленных на рисунке 3, поверхностный и не отражает полученный результат; 18) на стр. 15 автореферата указано, что истинная траектория и полученный результат фильтрации «достаточно точно» совпадают, но автором не представлено численных значений; 19) стоит отметить небрежность в подготовке автореферата: например, на рисунках 4 -6 в представленном печатном варианте автореферата все линии серые, однако подписи под рисунками предполагают цвет, что существенно затрудняет восприятие представленных результатов; 20) в системах мобильной связи абонентское соединение организуется в режиме с предварительной привязкой к выделенному служебному каналу.

В состоянии предварительного соединения абоненты способны определенное время ожидать освобождения ресурса радиоканала. В результате описание блокировок подчиняется не закону Эрланга В, о котором говорится в автореферате, а скорее закону Эрланга С. Это обстоятельство не нашло отражения в использованных моделях; 21) в системах мобильной связи при организации пользовательского соединения блокировки могут возникать как на предварительном этапе организации обмена по выделенному служебному каналу, так и на этапе организации непосредственно самого абонентского соединения, как на вызывающей, так и на вызываемой стороне. Поэтому задача правильной настройки и распределения ресурсов радиоканала между выделенными каналами управления и каналами трафика представляет отдельный важный аспект, который не был отмечен в автореферате, что сужает возможности практического использования полученных результатов; 22) в автореферате недостаточно внимания уделено вопросам обеспечения информационной безопасности системы мобильной связи, которые прямо или косвенно влияют на показатель эффективности использования ресурса радиоканала и показатели качества связи.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим образом.

1. Доктор технических наук, профессор Карташевский Вячеслав Григорьевич является крупным специалистом в области теории массового обслуживания и теории телетрафика, а также в области анализа действующих и перспективных систем мобильной связи. В сфере научных интересов Карташевского В.Г. также находятся вопросы повышения эффективности методов контроля и управления работы систем связи, составляющие основу диссертационного исследования Шорина А.О. Его работы по тематике диссертационного исследования опубликованы в ведущих отечественных изданиях.

2. Кандидат технических наук, профессор Мазепа Роман Богданович является крупным специалистом в области проектирования и анализа современных систем мобильной радиосвязи. В сфере научных интересов Мазепы Р.Б., в частности, находятся вопросы повышения эффективности (оптимизации) систем широкополосного беспроводного радиодоступа, которые являются одним из важных аспектов диссертационного исследования Шорина А.О. Его работы по тематике диссертационного исследования опубликованы в ведущих отечественных изданиях.

3. Ведущая организация – ФГУП «Научно-исследовательский институт радио» является крупнейшим научно-техническим центром отрасли связи, осуществляющим в том числе научно-техническое обеспечение международной деятельности администрации связи РФ; подготовку научно-технических прогнозов и предложений для разработки основ государственной научно-технической политики в области радиосвязи; разработку усовершенствованных цифровых технологий в системы и сети мобильной радиосвязи; разработку проектов национальных стандартов по широкополосному радиодоступу.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований предложен метод описания поведения сети мобильной связи через многомерную модель системы массового обслуживания; разработан метод составления и решения системы уравнений баланса фаз, позволяющий в аналитической форме получить описание устойчивого состояния системы мобильной связи в виде многомерного совместного распределения ключевых показателей качества, нагрузки и количества абонентов в зоне обслуживания; разработан метод расчета интенсивности потока обрывов соединений от скорости движения абонентов для случаев применения различных типов модуляции на поднесущих сигнала OFDM; разработан метод прогноза локальных перегрузок в системе мобильной связи на базе полученного решения задачи фильтрации интенсивностей мобильных абонентских потоков, а также интенсивностей потоков запросов и завершения обслуживания.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов математического анализа, теории массового обслуживания, теории вероятности, математической статистики, теории марковских процессов и стохастической фильтрации. В результате был разработан ряд новых методов и подходов, позволяющих расширить инструментарий, используемый для контроля рабочего состояния, управления, а также планирования и модернизации систем мобильной связи. Указанные методы и подходы позволяют в комплексной объединенной форме учитывать взаимное влияние и связь ключевых показателей качества с макропоказателями, определяемыми числом абонентов и удельной интенсивностью нагрузки как в стационарном, так и динамическом режимах поведения. Подробно изучена связь интенсивности «обрывов» соединений, характеристик радиоканала и скорости движения абонентов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что представлены рекомендации для разработчиков и

планировщиков систем мобильной связи по уточненным правилам расчета предельной пропускной способности кластеров малоразмерных сот, рекомендации по выбору правила прогноза перегрузок и предельно допустимые интервалы предсказания, на которых достижимы практически значимые показатели повышения эффективности, выражаемые в сокращении резервного ресурса радиоканала, необходимого для устранения негативных последствий указанных перегрузок с заданным уровнем достоверности. Предложена новая техника расчета предельно допустимой скорости движения абонентов в системе мобильной связи с OFDM сигналами на основе выполнения условия неперевышения показателем удельной интенсивности «обрывов» соединений заданного порога. Использование и внедрение результатов диссертации подтверждено актами, приложенными к диссертации. Результаты диссертационной работы использованы при проведении научно-исследовательских работ по теме «Интеграл 400», выполненной НИЛ-31 НИЧ МТУСИ; использованы для анализа пропускной способности макро-, микро- и пикосот, а также для расчета влияния скорости движения на обрывы соединений при проведении экспериментальных и теоретических исследований работы систем мобильной связи 3 и 4 поколений, выполняемых АО «НРТБ» по заказам ПАО «ВымпелКом», ПАО «МегаФон», ПАО «МТС» и ООО «Т2 Мобайл»; использованы для расчета показателей качества, предсказания перегрузок и при моделировании поведения абонентов всотах в рамках работ по развертыванию системы Маквил в России и по локализации технических решений в России, выполняемых ЗАО «НИРИТ».

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что результаты обоснованы корректным применением математического аппарата, корректностью принятых моделей, исходных данных, допущений и ограничений, а также согласованностью между теоретическими и экспериментальными результатами, полученными с помощью компьютерного моделирования; **теория** построена на известных и общепринятых научных положениях, на адекватном использовании в качестве методической основы методов статистической радиотехники, теории случайных процессов и систем массового обслуживания; **идея базируется** на уточнении модели описания поведения абонентов в зоне обслуживания системы мобильной связи и обобщении результатов научных исследований, направленных на преодоление проблем, возникающих в условиях существенных ограничений на ресурс радиоканала, характерных для систем мобильной связи; **использованы** методологические подходы

известных ученых в области систем мобильной связи, цифровой связи, теории случайных процессов, теории массового обслуживания, моделирования систем с множеством случайных объектов.

Личный вклад соискателя состоит в получении всех основных научных результатов диссертации; апробации результатов исследования на 29 научно-технических конференциях, в том числе международных.

На заседании 30 ноября 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Шорину А.О. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек (из них 9 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

Диссертационного совета Д 219.001.04

Алжиков Артем Сергеевич

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 219.001.04

Герешонок Максим Валерьевич

«30» ноября 2017 г.

