



МИНИСТЕРСТВО
ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Национальный исследовательский центр
телекоммуникаций имени М.И. Кривошеева»
(ФГАУ НИЦ Телеком)
ОКПО 56622156, ОГРН 1227700388827
ИНН/КПП 9709082715/770901001

24.01.2026 № 010/281

На № 4290/02-17 от 08.12.2025

Отзыв ведущей организации

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель генерального
директора ФГАУ НИЦ Телеком
по научной работе, канд. техн. наук,
доцент

Д.А. Климов



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного
учреждения «Национальный исследовательский центр телекоммуникаций
имени М.И. Кривошеева» на диссертационную работу Шорина Василия
Олеговича «Разработка адаптивных алгоритмов управления информационным
обменом для системы широкополосного радиодоступа технологии МАКВИЛЬ»
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.2.15 - «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность темы диссертационного исследования

В современных условиях развития телекоммуникационных технологий особое значение приобретают системы профессиональной подвижной радиосвязи, обеспечивающие работу силовых ведомств и корпоративных пользователей.

В настоящее время для обеспечения оперативной радиосвязью различных ведомств, в том числе при выполнении специальных задач, используются различные стандарты профессиональной мобильной радиосвязи: DMR, APCO 25, TETRA, IDAS/NXDN, dPMR и пр. Кроме того, в настоящее время завершается работа по созданию единого национального стандарта профессиональной подвижной радиосвязи, предусматривающая разработку соответствующих ему отечественных решений в технологиях связи.

Технология связи, представляющая собой разработку системы широкополосного радиодоступа, является перспективным элементом в создании независимой и безопасной инфраструктуры связи. Однако, эффективное функционирование систем профессиональной подвижной радиосвязи в

Вход. № 19/26
«28» 01 2026
подпись

специфических условиях Российской Федерации, в частности в выделенных частотных диапазонах, сталкивается с рядом фундаментальных проблем. К ним относятся: необходимость обеспечения высокой помехоустойчивости в условиях воздействия мощных внешних внеполосных помех от радиоэлектронных средств, работающих вблизи полосы частот канала связи, поддержание качественного информационного обмена при движении абонентов и оптимизация процедур хэндовера в условиях сложной городской застройки. Существующие алгоритмы синхронизации и корректировки искажений сигнала в радиоканале, используемые в демодуляторах систем сотовой связи общего пользования, и распространенные на системы профессиональной подвижной радиосвязи зачастую не учитывают особенностей сигнально-кодовой структуры сигнала и различных режимов работы, что приводит к снижению пропускной способности и надёжности таких систем связи.

Таким образом, разработка специализированных адаптивных алгоритмов синхронизации, оценки параметров радиоканала и управления хэндовером, ориентированных на специфику, представляет собой **актуальную** задачу, имеющую важное значение для отрасли.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертационной работе автором проведён всесторонний анализ факторов, лимитирующих эффективность развернутого участка системы широкополосного радиодоступа. На основе анализа корректно сформулированы цель и конкретные научные задачи исследования. Особо следует отметить системный подход к решению проблемы, заключающийся в одновременном рассмотрении трёх взаимосвязанных аспектов: повышения точности синхронизации демодулятора и оценки параметров радиоканала, борьбы с внешними внеполосными помехами и оптимизации процедуры хэндовера.

Научные положения, изложенные в работе, базируются на строгом математическом аппарате теории вероятностей, статистической радиотехники и теории оптимального приёма сигналов. Выводы о возможности достижения выигрыша в 5 дБ по отношению сигнал/шум за счёт адаптивного алгоритма синхронизации, учитывающего динамику (скорость) движения абонентов, обоснованы результатами статистического моделирования с использованием моделей радиоканалов, соответствующих спецификациям 3GPP. Рекомендации по борьбе с блокирующими внеполосными помехами, позволяющие повысить пороговый уровень блокировки радиоканала более, чем на 18 дБ в диапазоне частот 340 МГц, подтверждены как теоретическим анализом, так и стендовыми испытаниями на реальном оборудовании (RF чип AD 9361). Предложения по организации процедуры хэндовера, ведущие к увеличению зоны бесконфликтного обслуживания в 1,5 раза и средней скорости передачи на 34%, верифицированы натурными испытаниями на действующем фрагменте сети МАКВИЛ (McWill – Multicarrier Wireless Local Loop) в г. Москве.

Все выводы и рекомендации логически вытекают из проведённых исследований, не содержат противоречий и подтверждены количественными

расчётами и экспериментальными данными, что свидетельствует об их высокой степени обоснованности.

Научная новизна.

В диссертационной работе получены **новые** результаты, в частности:

1. На примере системы широкополосного радиодоступа, работающей в режиме временного разделения каналов (TDD – Time division duplex, разработан адаптивный алгоритм синхронизации демодулятора и коррекции характеристик радиоканала по служебным сигналам (RS-врезкам), который, в отличие от известных аналогов, учитывает скорость движения абонента за счёт использования оценки мобильности на основе статистики сдвига частоты. Это позволяет обеспечить выигрыш не менее 5 дБ по отношению сигнал/шум при заданном качестве оценки канала.

2. Автором предложен способ аналогово-цифровой обработки сигнала в абонентских терминалах, основанный на нестандартной настройке комбинации (anti-aliasing) сглаживающих фильтров и цифрового FIR-фильтра рабочей полосы. Данный способ, защищённый патентом РФ, позволяет обеспечить штатную работу терминалов при повышении уровня внеполосных блокирующих помех более, чем на 18 дБ, без изменения аппаратной части.

3. Разработаны и научно обоснованы новые рекомендации по организации режима хэндовера для системы широкополосного радиодоступа, которые, в отличие от стандартных, учитывают повышение качества обработки сигнала за счёт внедрения разработанных алгоритмов. Рекомендации позволяют увеличить зону обслуживания с высокой спектральной эффективностью (QAM 16 ~ 4/бит/с/Гц) и минимизировать конфликтные ситуации при переключении абонента между базовыми станциями этой системы.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии методов адаптивной оценки и компенсации параметров широкополосного радиоканала в режиме TDD на основе обработки пилот-сигналов, а также в создании математических моделей, связывающих качество демодуляции с процедурами хэндовера. Разработанные алгоритмы и аналитические выражения вносят вклад в теорию обработки сигналов в системах подвижной радиосвязи с OFDM.

Практическая значимость работы заключается в следующем.

1. Разработанный адаптивный алгоритм синхронизации и коррекции канала внедрён в программное обеспечение оборудования, выпускаемого ООО «Завод «Эталон» (г. Тверь).

2. Результаты работы по борьбе с внеполосными помехами и оптимизации процедур хэндовера используются ООО «НПП ИРТ» (г. Москва) при проектировании и оптимизации топологии сетей широкополосной радиосвязи.

3. Полученные патенты на изобретения (№2787473 РФ и №2798502 РФ) подтверждают актуальность предложенных способов организации связи и обработки сигнала.

Достоверность результатов

Достоверность проведенных автором исследований, подтверждается корректностью применения математического аппарата и согласованностью результатов, полученных в результате аналитических расчётов, теоретического анализа, имитационного моделирования и натурного эксперимента.

Полученные результаты подтверждаются 14 публикациями, в том числе 4 из них в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий ВАК. По результатам диссертационной работы получено 2 патента Российской Федерации на изобретения.

Личный вклад автора

Результаты диссертационной работы и положения, выносимые на защиту и составляющие основное содержание работы, разработаны и получены автором лично. В опубликованные научные труды автором внесен основной вклад в части разработки представленных в диссертации адаптивных алгоритмов, математического, экспериментального и натурного исследований, полученных новых технических решений. Вклад соавторов научных трудов ограничивается постановкой задачи и обсуждением полученных результатов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию организациям, занимающимся разработкой абонентских терминалов и развертыванием систем широкополосной радиосвязи.

Замечания по диссертационной работе

1. Автором указывается, что технология МАКВИЛ востребована для организации профессиональной радиосвязи. Однако, следует отметить, что ключевым отличием широкополосных стандартов от профессиональных узкополосных является отсутствие прямой радиосвязи между абонентским оборудованием без развернутой сетевой инфраструктуры. Наличие прямой радиосвязи без сетевой инфраструктуры при выполнении специальных задач является критически важной функцией, которую пока не могут обеспечить широкополосные стандарты, в том числе и технология МАКВИЛ. Кроме того, для построения широкополосных радиосетей помимо проприетарного стандарта МАКВИЛ используются другие стандарты, в первую очередь международный открытый (т.е. его может реализовать любой производитель с соответствующей компетенцией) стандарт LTE.

2. Технология МАКВИЛ разработана китайской компанией Xinwei еще в 2010 году, но широкого применения ни в Китае, ни в мире не нашла, т.к. предлагаемые решения замкнуты на одного производителя, что несет в себе определенные риски масштабирования и развития этой технологии.

3. В настоящее время ведется разработка отечественного стандарта цифровой профессиональной подвижной радиосвязи, поэтому предложенные

соискателем способы организации связи и обработки сигнала целесообразно апробировать для данной технологии, а также для стандарта LTE.

4. Выводы по улучшению режима хэндовера производятся исключительно на основе натурных испытаний при использовании полученных оптимальных алгоритмов и параметров системы. При этом было бы полезно получить некоторые аналитические результаты по этому вопросу.

5. Представляется полезным дополнить результаты диссертационного исследования более развернутым анализом чувствительности предложенных алгоритмов к ошибкам оценки доплеровского сдвига частоты при высоких скоростях движения абонентов.

6. В диссертации не приводятся рекомендации, как именно технически переключать режимы работы алгоритмов коррекции параметров сигнала.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором в дальнейших публикациях по теме исследования.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Шорина Василия Олеговича представляет собой самостоятельное, законченное научное исследование, в котором решена важная задача повышения эффективности системы профессиональной радиосвязи. Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, отличается глубиной проработки, комплексным подходом и строгой доказательностью.

Тема и содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» в части пункта №2 «Исследование новых технических, технологических и программных решений, позволяющих повысить эффективность развития цифровых сетей, систем и устройств телекоммуникаций»

Основные научные положения и выводы диссертации отражены в автореферате, обладают новизной, теоретической и практической ценностью, подтверждённой расчётами, моделированием и натурными испытаниями.

Результаты, полученные в диссертации, являются достоверными, имеют высокую теоретическую и практическую значимость. Они также подтверждены результатами имитационного моделирования и натурного эксперимента.

Замечания по диссертационной работе не снижают ценности научно-квалификационной работы. Положения, выносимые на защиту отражены в научных публикациях и апробированы на научных конференциях.

Диссертационная работа Шорина Василия Олеговича соответствует всем требованиям **Положения о порядке присуждения ученых степеней**, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а её автор **заслуживает** присуждения учёной степени **кандидата технических наук** по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на заседании секции научно-технического совета Научно-технического центра анализа электромагнитной совместимости ФГАУ НИЦ Телеком 26.01.2026, протокол № 035-26-01-01.

Заместитель директора ЦИПБТС,
канд. техн. наук

М.В. Иванкович

«26» 01 2026 г.

Подпись М.В. Иванкович заверяю

Директор службы персонала
ФГАУ НИЦ Телеком



А.Г. Михайлова

«26» 01 2026 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный исследовательский центр телекоммуникаций имени М.И. Кривошечева» (ФГАУ НИЦ Телеком).

Адрес: 105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, 16.

Веб-сайт: <https://www.nic-t.ru>.

Тел.: +7 (499) 647-17-77.

Адрес электронной почты: info@nic-t.ru

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный исследовательский центр телекоммуникаций имени М.И. Кривошечева» (ФГАУ НИЦ Телеком).

Адрес: 105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, 16.

Веб-сайт: <https://www.nic-t.ru/>

Телефон: +7(495)647-17-77.

Адрес электронной почты: info@nic-t.ru