

## ОТЗЫВ

официального оппонента Портного Сергея Львовича

на диссертационную работу

Шорина Василия Олеговича

«Разработка адаптивных алгоритмов управления информационным обменом для системы широкополосного радиодоступа технологии МАКВИЛ», 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. Технология МАКВИЛ, основанная на стандарте ГОСТ Р 58166-2018 и представляющая собой отечественную разработку широкополосного радиодоступа, является ключевым элементом в создании независимой и безопасной инфраструктуры связи. Однако эффективное функционирование данной технологии в специфических условиях Российской Федерации, в частности, в выделенных частотных диапазонах, сталкивается с рядом фундаментальных проблем. К ним относятся необходимость обеспечения высокой помехоустойчивости в условиях мощных внешних помех, поддержание качественного информационного обмена при движении абонентов и оптимизация процедур хэндовера в сложной городской застройке. Существующие алгоритмы, используемые в системах сотовой связи общего пользования, зачастую не учитывают особенностей сигнальной структуры и режима работы технологии МАКВИЛ, что приводит к снижению пропускной способности и надёжности связи.

Таким образом, разработка специализированных адаптивных алгоритмов синхронизации, оценки параметров радиоканала и управления хэндовером, ориентированных на специфику технологии МАКВИЛ и российские условия

Вход. № 20/26  
«26» 01 2026  
подпись

эксплуатации, представляет собой **актуальную** научно-техническую задачу, имеющую важное народно-хозяйственное и оборонное значение..

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

В диссертационной работе автором проведён глубокий и всесторонний анализ факторов, лимитирующих эффективность системы широкополосного радиодоступа МАКВИЛ. 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 и оценки канала, борьбы с внешними 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 движения, обоснованы результатами статистического моделирования с использованием моделей радиоканалов 3GPP и GSM. Рекомендации по борьбе с блокирующими помехами, позволяющие повысить пороговый уровень более чем на 18 дБ, подтверждены как теоретическим анализом, так и стендовыми испытаниями на реальном оборудовании (чип AD9361). Предложения по организации хэндовера, ведущие к увеличению зоны бесконфликтного обслуживания в 1.5 раза и средней скорости передачи на 34%, верифицированы натурными испытаниями на действующем фрагменте сети 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. Впервые для системы широкополосного радиодоступа МАКВИЛ, работающей в режиме TDD, разработан адаптивный алгоритм синхронизации и коррекции характеристик радиоканала по 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. Впервые предложен способ аналогово-цифровой обработки сигнала в абонентских терминалах МАКВИЛ, основанный на нестандартной настройке комбинации anti-aliasing фильтров и цифрового FIR-фильтра рабочей полосы. Данный способ, защищённый патентом, позволяет обеспечить штатную работу терминалов при повышении уровня блокирующих помех более чем на 18 дБ без изменения аппаратной части.
3. Разработаны и научно обоснованы новые рекомендации по организации режима хэндовера в системе МАКВИЛ, которые, в отличие от стандартных, учитывают повышение качества обработки сигнала за счёт внедрения разработанных алгоритмов. Рекомендации позволяют увеличить зону обслуживания с высокой спектральной эффективностью (QAM16) и минимизировать конфликтные ситуации при переключении между базовыми станциями.

**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 связи с OFDM.

**Практическая значимость** работы неоднократно подтверждена и 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 помехами и оптимизации хэндовера используются ООО «НПП ИРТ» (г. Москва) при проектировании и оптимизации топологии сетей профессиональной связи на базе технологии МАКВИЛ.

3. Полученные патенты на изобретения (№2787473 РФ и №2798502 РФ) подтверждают промышленную применимость разработок.

Все вышеуказанные результаты получены автором лично.

### **Достоверность результатов**

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

Полученные результаты подтверждаются 14 публикациями, в том числе 4 их них в ВАК изданиях. По результатам диссертационной работы получено 2 патента на изобретение.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В автореферате и, вероятно, в диссертации, при описании методики расширенного CQI, недостаточно подробно раскрыт вопрос о том, каким образом и с какой периодичностью производится оценка скорости движения абонента, и как эта процедура влияет на общую служебную нагрузку в радиоканале.
2. Предложенный способ борьбы с помехами детально рассмотрен для конкретной микросхемы AD9361. Было бы методически полезно обобщить

принципы настройки для более широкого класса радиочастотных трактов, указав ключевые параметры, подлежащие оптимизации.

3. В автореферате при описании алгоритмов синхронизации (формулы 2-5) не в полной мере раскрыта физическая интерпретация параметров  $P$  и  $R$ , что может затруднить понимание сути метода для специалиста, не детально знакомого с сигнальной структурой МАКВИЛ.

### **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 отечественной системы профессиональной радиосвязи МАКВИЛ. Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, отличается глубиной проработки, комплексным подходом и строгой доказательностью.

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 натурального эксперимента.

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

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Шорина Василия Олеговича соответствует всем требованиям **Положения о порядке присуждения ученых степеней**, а её автор заслуживает присуждения учёной степени **кандидата технических наук** по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Портной Сергей Львович, доктор технических наук, профессор, профессор  
департамента электронной инженерии московского института электроники и  
математики им. А.Н. Тихонова (МИЭМ) ФГБОУ ВО "Национальный  
исследовательский университет "Высшая школа экономики"(НИУ ВШЭ)

Адрес: 123458, Москва, ул. Таллинская, д. 34

Тел.: 89031302310

E-mail: portnoy@hse.ru



Подпись



Портной С.Л.

Подпись заверяю

Специалист по кадровому делопроизводству  
отдела по кадровому администрированию  
Управления персонала  
Агеева Ю. И.  
  
27.02.2016



Я, Портной Сергей Львович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Шориным Василием Олеговичем, и их дальнейшую обработку.



Подпись

22.01.2016

Портной С.Л.

Подписи профессора д.т.н. Портного С.Л. заверяю

Подпись заверяю

Специалист по кадровому делопроизводству  
ОТДЕЛА ПО КАДРОВОМУ АДМИНИСТРИРОВАНИЮ  
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА  
АГЕЕВА Ю. И.



22.01.2016

