

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.233.05
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 3 марта 2020 г. № 2/20
о присуждении Маслакову Михаилу Леонидовичу, гражданину Российской
Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Адаптивная коррекция сигналов для
коротковолновых радиолиний последовательной передачи данных»

по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства
телекоммуникаций»

принята к защите 24 декабря 2019 года, протокол № 7/19,
диссертационным советом Д 212.233.05 на базе Федерального
государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения», Министерство науки и высшего
образования Российской Федерации, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая
Морская, д. 67, приказ №741/нк от 08.07.2015 г.

Соискатель Маслаков Михаил Леонидович, 1988 года рождения,
гражданин Российской Федерации. В 2011 году соискатель окончил
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический
университет». В 2018 году Маслаков М.Л. окончил заочную аспирантуру в
публичном акционерном обществе «Российский институт мощного

радиостроения». Работает в должности научного сотрудника в акционерном обществе «Российский институт мощного радиостроения».

Диссертация выполнена в акционерном обществе «Российский институт мощного радиостроения», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, старший научный сотрудник Егоров Владимир Викторович, Акционерное общество «Российский институт мощного радиостроения», ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. Чесноков Михаил Николаевич, доктор технических наук, профессор, Закрытое акционерное общество «Институт телекоммуникаций», отдел разработки систем связи;

2. Каплун Дмитрий Ильич, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра «Автоматики и процессов управления;

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Научно-исследовательский центр телекоммуникационных технологий военно-морского флота, корабельных комплексов и средств обмена информацией и разведки Научно-исследовательский институт оперативно-стратегических исследований строительства военно-морского флота военный учебно-научный центр военно-морского флота «Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова», г. Петергоф, в своем **положительном** заключении, подписанном Муравченко Виктором Леонидовичем, доктором технических наук, старшим научным сотрудником, Цыванюком Вячеславом

Александровичем, кандидатом военных наук, старшим научным сотрудником, и Балахоновым Алексеем Николаевичем, научным сотрудником, утвержденном Матюшкиным Сергеем Николаевичем, начальником НИЦ ТТ ВМФ, КК СОИ и Р, указала, что: диссертация Маслакова М.Л. «Адаптивная коррекция сигналов для коротковолновых радиолиний последовательной передачи данных» является завершенной научно-квалификационной работой, посвящена актуальной теме и выполнена автором самостоятельно; судя по диссертации, в работе решена важная научная задача повышения достоверности и скорости передачи сообщений в КВ радиолинии последовательной передачи данных, имеющая важное значение для обеспечения развития радиосвязи РФ; диссертация отвечает требованиям п.9 положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ, предъявляемым ВАК РФ к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Маслаков Михаил Леонидович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Соискатель имеет 49 опубликованных работ, из них по теме диссертации 49 работ, в том числе 9 работ в ведущих рецензируемых научно-технических журналах, включенных в перечень ВАК (из них 8 по специальности 05.12.13). Получены акты о внедрении результатов диссертационной работы в АО «Российский институт мощного радиостроения» и ФГАОУ ВО «Государственный университет аэрокосмического приборостроения». Общий объем научных публикаций составляет 16,5 печатных листов, из которых 9,9 листов отражают личный вклад соискателя. В работах, опубликованных вместе с соавторами, личный вклад соискателя заключается в разработке способов и методов адаптивной коррекции сигналов, а также непосредственном проведении моделирования и экспериментальных исследований.

Наиболее **значительные научные работы** по теме диссертации:

1. *Егоров, В. В.* Бестестовая адаптивная коррекция сигналов в КВ системах последовательной передачи данных / В. В. Егоров, М. Л. Маслаков, А. Н. Мингалев // *Электросвязь*. – 2011. – № 11. – С. 32-34. (объем 0,18 п.л. / авторский вклад 0,06 п.л.)
2. *Егоров, В. В.* Использование преобразования Хартли для решения интегрального уравнения типа свертки / В. В. Егоров, М. Л. Маслаков // *Цифровая обработка сигналов*. – 2014. – № 2. – С. 2-6. (объем 0,31 п.л. / авторский вклад 0,15 п.л.)
3. *Маслаков, М. Л.* Высокоскоростной последовательный КВ радиомодем передачи данных / М. Л. Маслаков // *Электросвязь*. – 2014. – № 7. – С. 40-43. (объем 0,25 п.л.)
4. *Егоров, В. В.* Бестестовые методы адаптивной коррекции сигналов в многолучевых радиоканалах / В. В. Егоров, К. В. Зайченко, М. Л. Маслаков, В. Ф. Михайлов // *Радиотехника*. – 2017. – № 5. – С. 10-13. (объем 0,25 п.л. / авторский вклад 0,06 п.л.)
5. *Маслаков, М. Л.* Применение защитных интервалов в одночастотных КВ модемах передачи данных / М. Л. Маслаков // *Цифровая обработка сигналов*. – 2017. – № 2. – С. 13-18. (объем 0,38 п.л.)
6. *Маслаков, М. Л.* Новый алгоритм адаптивной коррекции с обратной связью по решению для передачи данных в канале с межсимвольной интерференцией / М. Л. Маслаков // *Успехи современной радиоэлектроники*. – 2018. – № 1. – С. 44-51. (объем 0,5 п.л.)
7. *Маслаков, М. Л.* Новые методы адаптивной коррекции сигналов в авиационном модеме передачи данных коротковолнового диапазона / М. Л. Маслаков // *Труды МАИ*. – 2018. – № 98. – С. 26. – Режим доступа: <http://trudymai.ru/published.php?ID=90435>. (объем 1,25 п.л.)
8. *Маслаков, М. Л.* Применение бестестовых методов для оценки состояния радиоканала / М. Л. Маслаков, М. С. Смаль // *Известия ВУЗов*

России. Радиоэлектроника. – 2018. – № 4. – С. 32-37. (объем 0,38 п.л. / авторский вклад 0,19 п.л.)

9. Maslakov, M. L. Application of Two-Parameter Stabilizing Functions in Solving a Convolution-Type Integral Equation by Regularization Method / M. L. Maslakov // *Comput. Math. Math. Phys.* – 2018. – I. 58 – № 4. P. 529-536. (объем 0,5 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы из 12 организаций (все отзывы положительные):

1. АО «Научно-технический институт «Радиосвязь» (подписал начальник лаборатории, кандидат технических наук О.А. Алексеев). Замечания: 1) В автореферате не указано, каким образом выбирать длительность защитного интервала. 2) В заключении автореферата указано, что работоспособность разработанных способов подтверждена стендовыми и трассовыми испытаниями с использованием реальной аппаратуры, однако в тексте автореферата результаты этих испытаний не представлены.

2. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (подписал профессор Высшей школы прикладной физики и космических технологий Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций, доктор технических наук С.Б. Макаров). Замечания: 1) В автореферате не указан метод для решения интегральных уравнений (1) – (3). 2) Не дана оценка, насколько удастся повысить помехоустойчивость, при использовании разработанных методов для выбора параметра алгоритма коррекции (стр. 9). 3) Отсутствует сравнение разработанного способа бестестовой адаптивной коррекции с известными слепыми методами адаптивной фильтрации.

3. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (подписал доцент кафедры Радиосвязи и вещания, кандидат технических наук С.А. Шпак). Замечания:

1) Отсутствие структуры адаптивной системы и аналитических расчетных соотношений для построения кривых вероятности ошибок. 2) Не определено понятие эффективности адаптации. 3) Нет оценки влияния характера замираний для исследуемых радиолиний.

4. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» (подписал доцент факультета Безопасности и информационных технологий, кандидат технических наук И.Б. Бондаренко). Замечания: 1) В автореферате отсутствует оценка вычислительной сложности разработанных методов и способов. 2) В списке работ, опубликованных автором по теме диссертации, стоило указать лишь часть наиболее значимых, что позволило бы подробнее представить описание разработанных способов.

5. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (подписал доцент кафедры Теоретическая радиотехника, кандидат технических наук Т.Я. Шевгунов). Замечания: 1) Во второй главе диссертации при синтезе метода решения интегрального уравнения типа свертки автор использует Чебышевскую метрику (формула 2.40), однако, при практической реализации алгоритма используется решение нормальной системы уравнений (системы составленной по методу МНК – формула 2.73). Поэтому не вполне ясно, каким образом параметр регуляризации используется при реализации алгоритма и каким образом его оптимальное значение оценивается по измеренным отсчетам наблюдаемого сигнала. 2) Анализируя различные методы коррекции в главе 4, автор не рассматривает возможность построения комбинированного способа коррекции, объединяющего несколько способов коррекции, включая существующие и вновь разработанные, для достижения возможно лучших показателей скорости при сеансах связи более двух минут по сравнению с показателями, получаемыми с использованием каждого из методов обособленно.

6. АО «ПКБ «РИО» (подписал председатель совета директоров, кандидат технических наук В.В. Николаев). Замечания: 1) В автореферате не указано, как

рассчитывать весовые коэффициенты, используемые в формуле (7). 2) В автореферате не хватает схем, поясняющих работу разработанных способов. 3) В автореферате не указаны параметры используемой модели КВ канала (скорость замираний).

7. ООО «Специальный технологический центр» (утвердил директор А.Г. Митянин, составил заместитель начальника отдела связи, кандидат технических наук А.В. Овчинников). Замечания: 1) Введение защитных интервалов (ЗИ) между тестовыми и информационными сигналами, приводит к снижению информационной скорости передачи данных. Поэтому сравнение кривых вероятности ошибки (рис. 1, 2 на с. 10 автореферата) является не совсем корректным, т.к. информационные скорости в случае применения и отсутствия ЗИ отличны. 2) Для способа совместной передачи тестового и информационного сигналов не указаны возможные значения n для накопления тестовых сигналов (с. 12 автореферата). 3) Для повышения точности расчета импульсной характеристики соискателем предложен способ адаптивной коррекции с обратной связью по решению. Однако из автореферата не ясно, почему для данного алгоритма отсутствует эффект распространения ошибок в случае низких значений отношения сигнал/шум.

8. АО «Концерн «Автоматика» (подписал директор по разработкам комплексов АСУ специального назначения и связи, кандидат технических наук А.В. Конев). Замечания: 1) При демонстрации результатов моделирования не указаны используемая модель КВ канала и ее параметры, в частности скорость замираний. 2) Для способа нахождения импульсной характеристики корректирующего фильтра на основе решения задачи идентификации, представленного на стр. 8 указано, что он позволяет «значительно повысить точность расчета ИХ канала и ИХ КФ» – отсутствует количественная оценка.

9. Фрязинский филиал ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (подписал главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук Л.Е. Назаров, утвердил ученый секретарь, доктор физико-

математических наук Г.В. Чучева). Замечания: 1) В тексте автореферата присутствуют нераскрытые обозначения (стр. 7 $\hat{s}(t) \rightarrow s(t)$; не определен параметр α_z на стр. 9), что затрудняет понимание излагаемого материала. 2) На стр. 9 приведено формульное соотношение для вычисления вероятностной характеристики (вероятность ошибки на бит) без определения рассматриваемого сигнального «созвездия». 3) В автореферате не приведены общие оценки статистических характеристик моделей КВ каналов (время стационарности, частотная полоса когерентности), это необходимо для создания и апробации рассматриваемых методов адаптивной коррекции сигналов. 4) в автореферате при изложении результатов по вычислительным экспериментам с целью оценивания вероятностных характеристик приема сигналов с адаптивной коррекцией не приведены условия их выполнения (доверительный интервал; вероятность доверительного интервала; требуемое количество экспериментов, обеспечивающее выполнение этих условий).

10. ФГАОУ ВО «НИУ Московский институт электронной техники» (подписал профессор Института микроприборов и систем управления им. Л.Н. Преснухина, доктор технических наук В.И. Джиган). Замечания: 1) Отсутствует оценка вычислительной сложности разработанных алгоритмов. 2) Отсутствует оценка применимости предлагаемых алгоритмов к другим видам каналов связи. 3) Автору следовало бы использовать сложившуюся терминологию, например, «корректирующий фильтр» – «эквалайзер», «бестестовый» – «слепой».

11. ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (подписал доцент кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств, кандидат технических наук М.А. Степанов). Замечания: 1) Из рис. 1 следует, что наилучшие результаты достигаются при защитном интервале в виде пассивной паузы. Предложенное автором циклическое повторение тесового сигнала в пределах защитного интервала требует повышения ОСШ на 2-3 дБ при фиксированном уровне битовой ошибки. Непонятны преимущества

такого способа заполнения защитного интервала. 2) Из текста автореферата не понятно, как получать веса и временные смещения, требуемые для реализации предложенного алгоритма адаптивной коррекции с обратной связью по решению.

12. Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного» (утвердил Врио заместителя начальника Военной академии связи по научной работе В. Гель, составил профессор кафедры радиосвязи, доктор технических наук М.А. Семисошенко). Замечания: из автореферата не ясно, насколько повысится достоверность и скорость передачи информации в декаметровых радиополосах при использовании предложенных автором методов при воздействии имитационных радиопомех, совпадающих по структуре с информационным сигналом.

Содержащиеся в отзывах критические замечания не ставят под сомнение основные научные результаты работы и не влияют на общую положительную оценку.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в области передачи данных по нестационарным радиоканалам и наличием соответствующих публикаций, в том числе в ведущих журналах и изданиях, в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методы и алгоритмы вычисления импульсной характеристики корректирующего фильтра; способы повышения точности расчета

коэффициентов корректирующего фильтра, позволяющие повысить помехоустойчивость коротковолновой радиолинии последовательной передачи данных при использовании тестовых сигналов; алгоритм нахождения сегментов с требуемыми спектральными характеристиками из достоверно принятых кодовых блоков для реализации способа бестестовой адаптивной коррекции сигналов;

предложено использование защитных интервалов в виде циклического продолжения тестовых сигналов, а также использование сегментов информационных сигналов в качестве тестовых сигналов для расчета импульсной характеристики корректирующего фильтра;

доказано отсутствие эффекта размножения ошибок в разработанном алгоритме обратной связи по решению и его модификации для случая бестестовой адаптивной коррекции;

введены новые показатели: вероятность устойчивой работы за заданное время и среднее время устойчивой работы, характеризующие работу радиолинии при использовании предложенного способа бестестовой адаптивной коррекции сигналов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано существование области оптимальных значений параметра регуляризации в задаче адаптивной коррекции сигналов;

применительно к проблематике диссертации результативно и эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов

использованы методы решения обратных задач, методы цифровой обработки сигналов, методы теории информации и помехоустойчивого кодирования, методы теории передачи дискретных сообщений, методы статистической радиотехники, метод численного моделирования, метод физического эксперимента;

изложены способ нахождения импульсной характеристики корректирующего

фильтра на основе решения задачи идентификации нестационарного канала связи; способ численного решения интегрального уравнения типа свертки с использованием дискретного преобразования Хартли; способ бестестовой адаптивной коррекции сигналов, позволяющий определять надежно принятые сегменты информационного сигнала;

раскрыты особенности решения некорректных обратных задач для адаптивной коррекции сигналов;

изучено влияние выбора параметра регуляризации (в методе регуляризации Тихонова) и порядка модели (в методе наименьших квадратов) на вероятность ошибки на бит после демодуляции откорректированных информационных сигналов, прошедших через многолучевые каналы с замираниями;

проведена модернизация методов численного решения некорректных обратных задач для синтеза адаптивных корректирующих фильтров.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены способ бестестовой адаптивной коррекции сигналов, основанный на результатах декодирования блоковых кодов, способ бестестовой адаптивной коррекции сигналов, основанный на анализе синдрома при декодировании блоковых кодов, используемые АО «РИМР» в серийно выпускаемом изделии автоматизированном адаптивном комплексе технических средств радиосвязи «Пирс»; алгоритм обратной связи по решению для способа нахождения импульсной характеристики корректирующего фильтра на основе решения задачи идентификации, способ квазикогерентного сложения тестовых сигналов, способ весового квазикогерентного сложения тестовых сигналов, способ бестестовой адаптивной коррекции сигналов, основанный на результатах декодирования блоковых кодов, способ бестестовой адаптивной коррекции сигналов, основанный на использовании анализа синдрома при декодировании блоковых кодов, используемые АО «РИМР» в рамках ОКР

«Арго-РИМР»); способ нахождения импульсной характеристики корректирующего фильтра на основе решения задачи идентификации канала, алгоритм решения интегрального уравнения типа свертки с неточно заданной правой частью в базисе Хартли, методы выбора оптимальных параметров алгоритмов расчета импульсной характеристики канала и коэффициентов корректирующего фильтра, способ бестестовой адаптивной коррекции сигналов, используемые в учебном процессе ФГАОУ ВО «ГУАП», о чем имеется 3 акта о внедрении;

определены перспективы практического использования разработанных методов и способов адаптивной коррекции сигналов в коротковолновых радиоприемах последовательной передачи данных, в том числе и в авиационных радиоприемах;

созданы экспериментальный макет последовательного одночастотного коротковолнового модема и макет авиационного модема для приема сигналов стандарта ARINC 635, в которых реализованы разработанные методы адаптивной коррекции, на основе которых проведены трассовые испытания;

представлены оценки вероятностно-временных характеристик при использовании разработанных способов адаптивной коррекции сигналов в существующих и перспективных КВ радиоприемах передачи данных.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием численного моделирования и согласуются с экспериментальными данными и известными результатами в данной области;

теория построена на основе исследований автора и согласуется с имеющимися результатами в данной области, подтверждена экспериментальными данными и результатами численного моделирования;

идея базируется на обобщении передового опыта ведущих отечественных и зарубежных ученых;

использованы результаты сравнения полученных в работе экспериментальных

результатов с известными практическими результатами;
установлено, что полученные результаты соответствуют теоретическим представлениям и не противоречат результатам работ других авторов, проводимых в данной области;
использованы современные методы цифровой обработки сигналов.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии автора на всех этапах разработки и внедрения новых научных результатов; постановке задач исследования; разработке и реализации предложенных алгоритмов на программно-аппаратной платформе; проведении численных экспериментов и натурных испытаний; обработке данных и анализе полученных результатов; обобщении результатов в виде научных выводов; апробации и внедрении результатов исследования; подготовке публикаций по теме исследования.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней (п.9, абзац 2), утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. В диссертационной работе решена актуальная научная задача повышения достоверности и скорости передачи сообщений в КВ радиолинии последовательной передачи данных, имеющая важное значение для развития отрасли связи Российской Федерации.

На заседании 3 марта 2020 года диссертационный совет принял решение присудить **Маслакову Михаилу Леонидовичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 10 докторов наук по специальности 05.12.13, участвовавших

