

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

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19 июня 2018 г. №8/18

о присуждении Ермакову Павлу Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмы обработки сигналов в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах»

по специальности 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация»

принята к защите 10 апреля 2018 г., протокол №7/18, Диссертационным советом Д 212.233.05 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Министерство образования и науки Российской Федерации, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, приказ №741/нк от 08.07.2015 г.

Соискатель Ермаков Павел Игоревич, 1990 года рождения. В 2013 году соискатель окончил с отличием магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по специальности «Радиотехника». В 2017 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-

Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения». Работает инженером службы главного специалиста в ООО «Контур-НИИРС» (г. Санкт-Петербург).

Диссертация выполнена на кафедре радиотехнических систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Монаков Андрей Алексеевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», кафедра радиотехнических систем, профессор.

Официальные оппоненты:

1. Мысливцев Тимофей Олегович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, кафедра передающих, антенно-фидерных устройств и средств СЕВ, начальник кафедры;

2. Калишин Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт», отдел геофизики, заведующий отделом

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – АО «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры» (г. Санкт-Петербург) в своем положительном заключении, подписанном Яковлевым В.Г., д.т.н., начальником научно-технического отдела; Петуховым С.Г., к.т.н., начальником научно-технического отдела;

Шатраковым Ю.Г., д.т.н., проф., заслуженным деятелем науки РФ, Лауреатом Государственных и Правительства СПб премий, ученым секретарем; Королем В.М., к.т.н., доц., заместителем Генерального директора по научной работе – генеральным конструктором, указала, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, имеющей научный результат, соответствует требованиям ВАК Минобрнауки, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Ермаков Павел Игоревич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы. Общий объем 4,9 п.л. (3,7 п.л. соискателя). 5 работ опубликовано соискателем в материалах Всероссийских и Международных конференций.

Результаты диссертационной работы внедрены в ООО «Контур-НИИРС» (г. Санкт-Петербург), в образовательный процесс ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Монаков А. А., Ермаков П. И. Методы компенсации затухания электромагнитных волн в метеообразованиях // Успехи современной радиоэлектроники. – 2015. – № 12. – С. 19-35. (объем 1 п.л./ авторский вклад 0,6 п.л.)

Личный вклад: Синтез и апробация на математической модели трех новых алгоритмов компенсации затухания электромагнитных волн в метеорологических целях: фильтр с бесконечной импульсной характеристикой, фильтр частиц и многомодельный фильтр частиц.

2. Монаков А. А., Ермаков П. И. Оценка радиолокационной отражаемости в многопозиционных метеородиолокационных комплексах // Радиотехника. – 2017. – №. 5. – С. 85-90. (объем 0,4 п.л./ авторский вклад 0,2 п.л.).

Личный вклад: Синтез и апробация на математической модели нового алгоритма оценки радиолокационной отражаемости в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах, основанного на критерии минимума среднеквадратической ошибки.

3. Ермаков П. И., Монаков А. А. Взаимнокорреляционная функция сигналов и оценка скорости ветра в многопозиционных метеородиолокационных системах // Информационно-управляющие системы. – 2017. – №. 4. – С. 86-94. (объем 0,6 п.л./ авторский вклад 0,4 п.л.).

Личный вклад: Вывод общего выражения для взаимнокорреляционной функции сигналов в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах. Синтез и апробация на математической модели нового алгоритма оценки вектора средней скорости ветра, основанного на методе наименьших квадратов.

В диссертации Ермакова П.И. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

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

1. ЗАО «Азимут-Альянс» (подписал технический директор, к.т.н. А.М. Миролюбов). Замечания: 1) При выводе взаимно-корреляционной функции сигналов автор ограничился рассмотрением рассеяния первого порядка; 2) В тексте автореферата присутствуют некоторые неточности и стилистические ошибки.

2. АО «Челябинский радиозавод «Полет» (подписал начальник НТЦ АО «ЧРЗ «Полет», ученый секретарь института, д.т.н., проф. В.В. Родионов). Замечание: Из текста автореферата не ясно, насколько практически обоснованно и востребовано повышение точности оценок параметров

метеорологических образований по сравнению с уже существующими методами.

3. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (подписал д.т.н., профессор кафедры радиотехнических систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ» В.П. Ипатов). Замечания: 1) На с. 12 фильтр частиц как бы противопоставляется нелинейному, хотя страницей ранее он введен как разновидность нелинейного; 2) Автор постоянно ссылается на потенциальные показатели, которые нигде в явном виде не обозначены. Хотелось бы видеть хотя бы краткий комментарий к тому, как они получены (граница Крамера-Рао или какой-то иной путь); 3) Вряд ли удачна фразеология типа «два новых алгоритма...: оценка по методу МП и по методу МСКО». Что же концептуально нового в этих классических правилах?

4. ФГКВООУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации (подписали д.т.н., профессор кафедры радиотехнических систем (и средств обеспечения полетов) Г.С. Нахмансон, к.т.н., преподаватель кафедры радиотехнических систем (и средств обеспечения полетов) А.В. Суслин). Замечания: 1) В автореферате отсутствуют сведения о натурных испытаниях разработанных алгоритмов; 2) Математическое моделирование проведено для плоской поверхности без учета рельефа и кривизны подстилающей поверхности.

5. АО «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод» (АО «НПО «ЛЭМЗ») (подписал начальник отдела ОКБ АО «НПО «ЛЭМЗ», д.т.н., проф., Б.М. Вовшин). Замечания: 1) Проведенный автором анализ вычислительной сложности алгоритмов дает очень поверхностное представление о деталях их практической реализации. 2) Автор в работе рассмотрел упрощенную физическую модель

метеорологического образования, которая на практике может оказаться некорректной.

6. ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР) (подписал профессор кафедры радиотехнических систем ТУСУР, д.т.н., проф. В.И. Тисленко). Замечания: 1) Автор не дает пояснений, почему вне поля его интересов остались вопросы обоснования вида модуляции излученного сигнала и поляризации излучаемых радиоволн; 2) Автор не обсуждает и не рассматривает алгоритмы оценки фазовой структуры атмосферных метеообразований в объеме разрешения, что очень важно при любых практических применениях результатов работы МРЛ; 3) В автореферате не нашли отражение вопросы организации совместной работы разнесенных ММРЛК, в частности, синхронизация пространственного обзора, или в ней нет необходимости? Автор упоминает бистатический режим работы разнесенных МРЛ, что, видимо, означает работу некоторых МРЛ только на прием. Не ясно; 4) Первое положение, выносимое на защиту, представляется тривиальным. Действительно, а могло ли быть иначе? Возможно, оно не раскрывает суть полученного автором результата; 5) Автор не обсуждает вопрос влияния расхождения параметров математической модели динамики вектора состояния и фактических значений параметров этой модели, вводимых в алгоритм фильтрации, на качество оценок. Если для алгоритма ММФЧ, это, возможно, естественно, то в других вариантах алгоритмов возникает вопрос; 6) В автореферате не содержится сведений об адекватности (верификации) математической модели наблюдений на входе вычислителей. В чем здесь проблема? 7) Исследование качества алгоритмов выполнено методом статистического моделирования. Однако автор не обсуждает и не указывает статистическую достоверность полученных оценок; 8) В комментарии к рис. 1 в автореферате указано, что «точностные свойства оценок примерно одинаковы и близки к статистически *эффективному* оценителю» и «в

целом все полученные оценки *близки к эффективной*». Что имеет в виду автор, употребляя термины, выделенные курсивом, и как это было показано.

7. АО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца» (подписал заслуженный деятель науки РФ, ведущий научный сотрудник, д.т.н., проф. В.В. Сазонов). Замечания: 1) Автор рассмотрел отдельные алгоритмы, но не предложил интегрального показателя качества работы ММРЛК; 2) Судя по автореферату, в работе поверхностно рассмотрено влияние кривизны рельефа на работу ММРЛК.

8. ООО «Институт радарной метеорологии» (ООО «ИРАМ») (подписал директор ООО «ИРАМ», д.т.н., проф., А.С. Солонин). Замечания: 1) Не обоснована практическая реализуемость предложенных алгоритмов с высокой вычислительной сложностью (например, метод максимального правдоподобия для оценки радиолокационной отражаемости); 2) Автор ограничился рассмотрением гауссовской модели спектральной плотности мощности метеосигнала.

9. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (подписал профессор кафедры Радиосистем и обработки сигналов, д.т.н., проф. В.Ю. Волков). Замечания: 1) Автор ограничился только основными задачами метеорологической радиолокации; 2) При математическом моделировании используется предположение о нормальности распределения ошибок РЛС.

10. ЗАО «НПЦ «Аквамарин» (подписал начальник бюро технических исследований, д.т.н. А.В. Рудинский). Замечания: 1) Неудачно сформулирован первый пункт положений, выносимых на защиту; 2) Пункты заключения отягощены статистическими характеристиками алгоритмов и параметров, которые, на наш взгляд, следовало поместить в заключениях соответствующих разделов.

11. ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи» федеральный научно-производственный центр (подписали ведущий научный сотрудник, д.т.н., проф. С.Е. Мищенко, начальник управления, д.т.н., проф. В.В. Хуторцев, начальник сектора, А.В. Литвинов).

Замечания: 1) Три наиболее значимых публикации автора выполнены в соавторстве с научным руководителем, поэтому на стр. 6 автореферата следовало конкретизировать авторский вклад или указать, что результаты получены на паритетных началах; 2) Формулировка теоретической значимости работы на стр. 5 не воспринимается, поскольку следовало ввести расшифровку сокращения МО и пояснить: потенциальную точность каких конкретных параметров метеообразований позволяют оценить полученные в диссертации выражения; 3) В пятом разделе автор вводит переопределенную систему уравнений, в которой неизвестными являются шесть неизвестных. При этом не оговаривает линейность или нелинейность уравнений. Для решения полной системы уравнений автор предлагает использовать МНК, а затем для упрощения разделяет исходную систему на две системы уравнений, решаемые последовательно по МНК. Возникает вопрос о допустимости такого вольного обращения с системой уравнений и применимости МНК к ее решению; 4) Не пояснен физический смысл понятия «метеосигнал» и нет определений понятий средняя частота метеосигнала и спектральной плотности мощности метеосигнала, используемых автором на стр. 5 и 15.

12. АО «Уральское проектно-конструкторское бюро «Деталь» (подписал начальник о. 130, ученый секретарь НТС, д.т.н. М.Ю. Нестеров). Замечания: 1) Недостаточно строго обоснован выбор тактико-технических характеристик радиолокатора, используемого в модели; 2) Недостаточно полно отражены условия статистического моделирования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в области исследования земной атмосферы радиотехническими методами, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны три новых алгоритма компенсации затухания электромагнитных волн в метеорологических целях: нелинейный фильтр с

бесконечной импульсной характеристикой, фильтр частиц и многомодельный фильтр частиц; два новых алгоритма оценки радиолокационной отражаемости в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах: алгоритм на основе метода максимального правдоподобия и алгоритм на основе критерия минимума среднеквадратической ошибки; новые алгоритмы совместной и отдельной оценки вектора средней скорости ветра и параметров турбулентного движения воздуха в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах, основанные на методе наименьших квадратов;

предложена форма взаимосвязи параметров поля скорости ветра (вектор средней скорости и характеристики турбулентного движения) со спектральными характеристиками сигнала, отраженного от метеорологической цели, мерой которой является определенная в работе взаимнокорреляционная функция сигналов в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах;

доказано преимущество разработанных алгоритмов перед существующими решениями по точности получаемых оценок;

введены понятия истинной и измеряемой радиолокационной отражаемости, необходимые для формализации алгоритмов компенсации затухания электромагнитных волн.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана корректность разработанных алгоритмов обработки сигналов путем их статистического синтеза на основе предложенной математической модели сигналов, отраженных от метеорологических целей;

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

использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе общие методы теории метеорологической радиолокации, теории

вероятностей и математической статистики, теории случайных процессов, а также методы математического моделирования;

изложены принципы построения современных многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексов, основанных на малогабаритных метеорологических радиолокаторах X-диапазона;

раскрыты особенности разработки алгоритмов обработки сигналов в современных многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах;

изучены факторы, влияющие на статистические характеристики сигналов, отраженных от метеорологических целей;

проведена модернизация математической модели сигналов в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах, заключающаяся в установке связи взаимнокорреляционной функции сигналов с характеристиками турбулентного движения воздуха.

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

разработаны и внедрены алгоритмы обработки сигналов в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах, которые использовались при модернизации метеорологического радиолокатора «Монокль-К-100», разработанного ООО «Контур-НИИРС» и используемого в составе многопозиционного метеорологического радиолокационного комплекса «Монокль-БЗ», а также в учебном процессе кафедры радиотехнических систем Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения в дисциплинах «Теория и техника РТС», «Средства интроскопии», «Особенности приема и обработки сигналов в РТС различного назначения», о чем имеются соответствующие акты о внедрении;

определены перспективы практического применения разработанных алгоритмов в многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах на базе малогабаритных метеорологических радиолокаторов X-диапазона;

созданы практические рекомендации по выбору алгоритмов в зависимости от задач, поставленных при разработке конкретного многопозиционного комплекса;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию алгоритмов обработки сигналов в современных многопозиционных метеорологических радиолокационных комплексах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием интерактивной среды разработки MATLAB, которая является общепринятым инструментом для анализа алгоритмов обработки сигналов, и согласуются с имеющимися практическими данными в рассматриваемой предметной области;

теория согласуется с известными теоретическими моделями сигналов, отраженных от метеорологических целей;

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

использованы результаты сравнения полученных в работе экспериментальных результатов с ранее известными практическими результатами;

установлено качественное совпадение результатов работы с результатами независимых источников по тематике работы;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном выполнении всех исследований; получении научных результатов, выводов и рекомендаций; разработке программ, реализующих предложенные в исследовании алгоритмы; подготовке публикаций по выполненной работе; внедрении новых научных результатов в учебных заведениях и промышленных предприятиях; апробации результатов исследования.

На заседании 19 июня 2018 года, Диссертационный совет принял решение присудить Ермакову П.И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.12.14, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя диссертационного совета Д 212.233.05
доктор технических наук, профессор

Бестугин Александр Роальдович

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.233.05
кандидат технических наук, доцент

Овчинников Андрей Анатольевич

«19» июня 2018 года

