

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.03

Соискатель: Серкин Фёдор Борисович

Тема диссертации: Локальная система местоопределения с интегрированным каналом передачи данных

Специальность: 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация.

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 27 декабря 2016 года, протокол №14, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Серкину Фёдору Борисовичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: Воскресенский Д.И. – председатель, Куприянов А.И. – заместитель председателя, Сычев М.И. – ученый секретарь, Бакалов В.П., Гостюхин В.Л., Гаврилов К.Ю., Гринев А.Ю., Ильчук А.Р., Кузнецов Ю.В., Плохих А.П., Татарников Д.В., Татарский Б.Г., Чебышев В.В., Черемисин О.П., Шевцов В.А., Юдин В.Н.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.03, д.т.н., с.н.с.



Сычев М.И.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.12.2016 № 14

О присуждении Серкину Фёдору Борисовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Локальная система местоопределения с интегрированным каналом передачи данных» по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация» (технические науки) принята к защите 13 октября 2016 г., протокол №9 Диссертационным советом Д 212.125.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Серкин Фёдор Борисович 1990 года рождения в 2013 году окончил Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) «МАИ». В период подготовки диссертации соискатель обучался в целевой аспирантуре кафедры «Инфокоммуникации» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», которую окончил в мае 2016 года. В настоящее время соискатель работает ассистентом на кафедре 408 «Инфокоммуникации» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном образовательном

учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 408 «Инфокоммуникации».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент **Важенин Николай Афанасьевич**, доцент кафедры 408 «Инфокоммуникации» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Шахтарин Борис Ильич**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Гос. Премии, почетный работник ВПО РФ, профессор кафедры СМ5 Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана);

2. **Болкунов Алексей Игоревич**, кандидат технических наук, и.о. начальника лаборатории отдела 3021 Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш);

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - **Акционерное общество «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (АО «РКС»)**, г. Москва, в своём положительном заключении, подписанном начальником тематического подразделения 06, к.т.н. Серновым В.Г.; заместителем начальника тематического подразделения, д.т.н. Куршиным В.В.; начальником группы, к.т.н. Сорокиной И.А.; учёным секретарём, к.т.н., с.н.с. Федотовым С.А. и утверждённым заместителем генерального директора-генерального конструктора по науке, д.т.н., проф. Романовым А.А., указала, что диссертация «Локальная система местоопределения с интегрированным каналом передачи данных» по своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и

практической значимости соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Российской Федерации от 24.09.2013 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Достоверность основных положений и выводов диссертационной работы подтверждается корректностью принятых допущений, адекватностью используемого математического аппарата, результатами имитационного моделирования и экспериментов, проведенных автором на испытательном полигоне. Теоретическая значимость полученных автором результатов и их новизна подтверждается двумя патентами США и РФ, полученных автором диссертации совместно с его научным руководителем.

По диссертации сделаны следующие замечания:

1. Принципы функционирования обозреваемых систем локального местоопределения изложены неудачно. На наш взгляд обзор загроможден абстрактными понятиями, которые не используются в диссертации. Функциональные схемы алгоритмов формирования и обработки сигналов в диссертации изложены недостаточно полно.
2. Недостаточно полно описаны характеристики и структура сигнала стандарта IEEE 802.11b. В результате усложняется восприятие и понимание материала диссертации. Например, описание того, что сигнал стандарта IEEE 802.11b передается в одной квадратуре несущего колебания, позволило бы лучше понять диаграммы, представленные на рис. 2.1-2.2, и т.д.
3. Методы совмещения, представленные в разделах 2.1.3, 2.1.4 без дополнительного описания понять трудно. Например, диаграмма на рис. 2.3 вообще не содержит сигнала NAV, поэтому не ясно как совмещается информационный канал с навигационным.
4. Неудачно написан ключевой раздел «Анализ влияния навигационной системы и системы передачи данных друг на друга» данной работы. Например, в конце раздела имеется два утверждения, противоречащие друг другу. В первом утверждении говорится о том, что каналы влияют друг на друга, а во втором – не влияют.

5. Во второй главе не приведены характеристики псевдослучайных последовательностей (ПСП), используемых для навигационных целей. На стр. 40 говорится о том, что ПСП ведущих и ведомых базовых станций отличаются, но описание характеристик и свойств ансамбля этого множества отсутствует.
6. В 3-й главе предлагается алгоритм оценки текущего отношения сигнал/шум для исключения из обработки так называемых «искаженных измерений». Однако исследование эффективности такого исключения с точки зрения повышения точности местоопределения в локальной системе не приводится.
7. В 4-й главе проводится анализ реализаций цифровых синтезаторов частоты в системах слежения за задержкой. Основное внимание уделяется ошибкам дискретности, возникающим при формировании кодов частоты. Ошибки дискретности приводят к смещению дискриминационной характеристики ССЗ, которое в свою очередь порождает ошибки измерений псевдодальностей и местоопределения. Согласно структуре диссертации, наибольшее внимание должно было бы быть уделено именно ошибкам местоопределения. Однако именно это исследование в работе отсутствует.
8. Крайне важной представляет глава 5 диссертации, в которой описаны возможности аппаратной платформы ПОР и реализованная на этой платформе аппаратура прототипов базовых и мобильной станций, а также результаты исследования характеристик точности этих прототипов в локальной системе местоопределения. Однако исследования точности местоопределения в случае, когда мобильная станция находится за стеной по отношению к базовой станции, отсутствуют. Именно это исследование представляет большой интерес для целого ряда важных приложений.

Сделан вывод о том, что диссертация «Локальная система местоопределения с интегрированным каналом передачи данных полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель Серкин Ф.Б. достоин присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация». Отзыв обсужден и одобрен на заседании секции №6 НТС АО «Российские космические системы» по

бортовой аппаратуре систем связи, ретрансляции, навигации, поиска и спасания, протокол заседания №05/11 от 10.11.2016.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 2 патента на изобретения и 7 публикаций в сборниках трудов международных и молодёжных конференций.

Наиболее значимые публикации соискателя:

1) в журналах их перечня ВАК:

1. Серкин Ф.Б., Анализ особенностей использования аппаратно-программных средств USRP при исследовании беспроводных средств USRP при исследовании беспроводных систем передачи информации // Журнал «Информационно-измерительные и управляющие системы» № 1, М.:Радиотехника, 2014, стр. 63-67.

2. Серкин Ф.Б., Важенин Н.А., Вейцель В.В. Сравнительный анализ алгоритмов оценки отношения сигнал-шум на основе квадратурных компонент принимаемого сигнала // Электронный журнал «Труды МАИ» №83, М.:МАИ, 2015, 24 стр, URL: http://www.mai.ru/upload/iblock/c80/serkin_vazhenin_veytsel_rus.pdf.

3. Серкин Ф.Б., Исследование эффектов квантования частоты в двухуровневых цифровых синтезаторах частоты, // Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки» №2, М.: Научные технологии, 2016, стр. 29-36.

4. Серкин Ф.Б., Важенин Н.А., Вейцель А.В., Анализ характеристик прототипа локальной системы местоопределения // Электронный журнал «Труды МАИ» №86, М.:МАИ, 2016, 22 стр, URL: http://www.mai.ru/upload/iblock/7ce/serkin_vazhenin_veytsel_rus.pdf.

2) патенты на изобретения:

1. Vazhenin N.A., Veitsel A.V., Serkin F.B., Veitsel V.V., Method and Apparatus for estimating the current signal-to-noise ratio, Патент США № US 9425908 B1 от 23.08.2016 с приоритетом от 25.09.2015.

2. Важенин Н.А., Вейцель А.В., Вейцель В.В., Серкин Ф.Б., Способ и устройство для оценки текущего отношения сигнал-шум, Патент на изобретение РФ № 2598693 от 27.09.2016 с приоритетом от 25.03.2015.

3) в других изданиях:

1. Serkin F.B., Vazhenin N.A., USRP platform for communication systems research // IEEE Xplore Digital Library, 15th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Spain, 2013, 4 p.

2. Серкин Ф.Б., Вейцель А.В., Важенин Н.А., Анализ аппаратно-программных методов формирования сигналов для ГНСС // Сборник тезисов докладов 18-ой Международной научной конференции «Системный анализ, управление и навигация», Евпатория, Крым, 2013, стр. 96-97.

3. Серкин Ф.Б., Исследование корреляционных свойств и особенности приема сигналов стандарта IEEE 802.11b // Тезисы докладов 12-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика – 2013», 2013, стр. 504-505.

4. Серкин Ф.Б., Анализ функционирования систем фазовой и символьной синхронизации с использованием гибридной аппаратно-программной среды проектирования // Тезисы докладов 13-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика – 2014», 2014, стр. 433-435.

5. Серкин Ф.Б., Вейцель А.В., Важенин Н.А., Анализ характеристик прототипа навигационной системы на основе программно-определяемого радио // Сборник тезисов докладов 20-ой Международной научной конференции «Системный анализ, управление и навигация», Евпатория, Крым, 2015, стр. 211-212.

6. Серкин Ф.Б., Разработка и исследование характеристик системы позиционирования с интегрированным каналом передачи данных // Тезисы докладов 14-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика – 2015», 2015, стр. 460-462.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Шахтарин Борис Ильич (официальный оппонент) – отзыв завершен

руководителем НУКСМ МГТУ им. Баумана Кулагиным В.Т.

Замечания по диссертационной работе:

1. Утверждение автора диссертации о начале разработки радиосистем местоопределения с середины 20 века неверно.
2. В диссертации, к сожалению, используются лишь стандарты американского института радиоинженеров без сравнения с отечественными стандартами.
3. На стр. 8 диссертации утверждается максимальная ошибка 0.1 дБ без указания отношения.
4. Рис. 1.2 и рис. 1.3 неверно назван алгоритмами.
5. Пп. 1.1.2 и 1.1.3 названы алгоритмами, но алгоритмов они не содержат.
6. В главах 2 и 3 анализируются, по мнению автора диссертации, но, к сожалению, алгоритмы заменены набором расчетных формул.
7. Рис. 3.7 не соответствует своему названию.
8. В п. 5.3 заявлено «Оптимизация вычислительных процедур», однако, не приводятся критерии оптимизации или результаты сравнения с неоптимальными процедурами.
9. Автор диссертации употребляет термины «алгоритмы», «модель», «имитационная модель» не в гостированном смысле.

При этом указано, что «отмеченные замечания не снижают уровня достигнутых научных и практических результатов и качества проведенных исследований».

Болкунов Алексей Игоревич (официальный оппонент) – отзыв заверен главным учёным секретарём ФГУП ЦНИИмаш, д.т.н., проф. Смагиным Ю.Н.

Замечания по диссертационной работе:

1. Не проанализированы характеристики предлагаемой системы для случая использования современных антенн, реализующих методы борьбы с многолучевостью.
2. При проведении экспериментов и моделирования не производится оценка геометрического фактора и соответствующей степени деградации точности местоопределения, что занижает полученные оценки точности

предложенной системы.

3. Не проанализирован вопрос пропускной способности канала передачи данных для предлагаемых алгоритмов совмещения.

4. Не проведен сравнительный анализ характеристик получаемого решения навигационной задачи при использовании предлагаемых алгоритмов формирования и обработки сигналов с характеристиками, получаемыми методами, используемыми в настоящее время.

5. Отсутствует хотя бы приблизительная экономическая оценка внедрения разработанных алгоритмов.

Подчёркнуто, что «отмеченные замечания не принципиальны и не снижают уровень достигнутых практических и научных результатов, а также достоверность проведенных исследований».

На автореферат и диссертацию также поступило 9 отзывов из организаций:

1. **Публичное акционерной общество «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина» (ПАО «НПО «Алмаз»)** – отзыв подписан заместителем начальника ОКБ-1, Флегонтовым А.Г., начальником отдела 113 ОКБ-1, д.т.н. Красным В.П. и утвержден первым заместителем генерального директора-генерального конструктора ПАО «НПО «Алмаз» Ненартовичем Н.Э.

2. **Общество с ограниченной ответственностью «ИНВЕСТ-М» (ООО «ИНВЕСТ-М»)** – отзыв подписан директором по проектам ООО «ИНВЕСТ-М», к.т.н. Настасиным К.С. и заверен управляющим ООО «ИНВЕСТ-М» Данилиным Сергеем.

3. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской Академии Наук» (ФГБУН «ИПУ РАН»)** – отзыв подписан заведующим лабораторией 16 «динамики нелинейных процессов управления», д.ф.-м.н. Рапопортом Л.Б. и заверен ведущим инженером Афанасьевой Н.С.

4. **ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» (ФГБОУ ВПО «РГРТУ»)** – отзыв подписан профессором

кафедры «Вычислительная и прикладная математика» РГРТУ, д.т.н., доц. Овечкиным Г.В. и заверен ученым секретарем ученого совета РГРТУ, к.т.н., доц. Пржегорлинским В.Н.

5. **ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВятГУ»)** – отзыв подписан профессором кафедры радиоэлектронных средств, д.т.н., доц. Прозоровым Д.Е. и заверен начальником управления по работе с персоналом, Михайленко Е.Н.

6. **Акционерное общество «Московский научно-исследовательский институт радиосвязи» (АО «МНИИРС»)** – отзыв подписан начальником НИО, к.т.н. Ротовым М.К. и заверен председателем научно-технического совета, Нестеровым А.В.

7. **Акционерное общество «Научно-исследовательский институт точных приборов» (АО «НИИ ТП»)** – отзыв подписан главным научным сотрудником научно-технического совета, д.т.н., проф. Наумовым П.Н. и утвержден заместителем главного директора – главным конструктором по научной работе, д.т.н., проф. Кострюковым В.Ф.

8. **Публичное акционерное общество «Радиофизика» (ПАО «Радиофизика»)** – отзыв подписан начальником отдела, д.т.н., проф. Фарбером В.Е. и заверен зам. генерального директора – главным конструктором предприятия, к.т.н., Топчиевым С.А.

9. **ФГБОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (ФГБОУ ВО «МФТИ»)** – отзыв подписан главным научным сотрудником, д.ф.-м.н., доц. Астапенко В.А. и заверен ученым секретарем МФТИ, к.ф.-м.н., Скалько Ю.И.

Основные замечания по диссертационной работе:

1. Из автореферата неясно, рассматривались ли в работе методы борьбы с многолучевым распространением путем применения трансверсальных фильтров. Например, в сетях сотовой связи для борьбы с этим явлением используются их упрощенные аналоги.

2. Применение ортогональных компонент (квадратурных) в

рассматриваемых сложных условиях может приводить к их искажению, в том числе к искажению (неконтролируемому изменению) составляющих сигналов, что требует контроля и учета при обработке сигналов.

3. В работе не приведен анализ зависимости точности местоопределения от скорости и характера перемещения мобильной станции.

4. Для исключения результатов искаженных измерений (аномальных ошибок) в мобильной станции при решении навигационной задачи используется отношения сигнал/шум, при этом не рассматривается влияние многолучевости, как мультипликативной помехи, на результаты измерений.

5. При экспериментах и моделировании автором не производится оценка геометрического фактора, оказывающего большое влияние на точность местоопределения.

6. Не исследовано влияние ошибки оценки отношения сигнал/шум на точность местоопределения в режиме исключения измерений.

7. Неясно, по какой причине в качестве навигационной псевдослучайной последовательности выбран код Баркера.

8. В работе отсутствуют результаты моделирования для случая использования различных стробов, в том числе многолучевых.

9. В диссертации не проводится анализ зависимости точности местоопределения от точности установки базовых станций.

10. При использовании избыточности сигналов базовых станций по критерию отношения сигнал/шум в работе не приведены результаты зависимости точности местоопределения от точности оценки отношения сигнал/шум в приемнике.

11. Отсутствуют результаты моделирования для распространенных моделей многолучевости: Окамура, Окамура-Хата, Икегами и др.

12. Не проведено моделирование и не поставлены эксперименты для случая использования разнесенной передачи/приема сигналов.

13. В работе не проводится анализ точности местоопределения от числа базовых станций и точности их установки.

Следует отметить, что все отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат положительные и содержат заключение о соответствии диссертации требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней ВАК РФ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован наличием публикаций и значительного опыта по тематике диссертации, компетентностью в области науки по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **Предложены** модификации алгоритмов формирования и обработки сигналов стандарта IEEE 802.11, позволяющие производить оценку координат подвижного объекта с сантиметровой точностью без ухудшения качества передачи информации.
- **Предложены** новые алгоритмы оценки отношения сигнал/шум, позволяющие производить оценку с максимальной ошибкой не более 0.1 дБ при наличии систематических ошибок оценки фазы до $\pi/8$.
- **Предложены** алгоритмы реализации прямых двухуровневых цифровых синтезаторов частоты с использованием добавления псевдослучайного процесса к текущему значению фазы синтезатора, позволяющие уменьшить уровень низкочастотных составляющих спектра сигнала на выходе коррелятора.
- **Проведены** экспериментальные исследования, подтверждающие возможность сокращения ошибок оценки позиции более чем в 3 раза за счет использования избыточности измерений при включении дополнительной базовой станции по сравнению со случаем, когда избыточность измерений не используется.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **Разработаны** математические модели предложенных модификаций алгоритмов формирования и обработки сигналов стандарта IEEE 802.11, позволяющих реализовать возможность высокоточного местопределения, сохранив функционал системы передачи данных.
- **Предложен и исследован** алгоритм оценки отношения сигнал/шум в условиях наличия систематической ошибки оценки фазы в петле фазовой автоподстройки.
- **Получены** характеристики шумов дискретности различных алгоритмов реализации цифровых двухуровневых синтезаторов частоты, выявлены наиболее эффективные алгоритмы.
- **Получены** характеристики функционирования прототипа совмещенной системы в реальных условиях и проведена оценки применимости известных статистических моделей ETSI для анализа характеристик совмещенной системы.

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

1. Результаты диссертационной работы внедрены в ООО «Топкон Позиционинг Системс», что подтверждается актом о внедрении, прилагаемым к диссертации.

2. Разработанный алгоритм оценки текущего отношения сигнал/шум запатентован в виде патента на изобретение РФ и патента на изобретение США.

3. Подана заявка на патент на изобретение США на предложенные модификации алгоритмов обработки сигналов стандарта IEEE 802.11.

Оценка достоверности результатов исследования показала:

- полученные в работе результаты математического анализа и имитационного моделирования **подтверждены** совпадением в частных случаях с ранее известными теоретическими результатами;
- полученные в работе результаты **подтверждены** экспериментальными

исследованиями в помещении и на испытательном полигоне.

Личный вклад соискателя состоит в:

- **проведении** детального обзора и анализа существующих систем высокоточного локального местоопределения;
- **разработке и исследовании** алгоритмов формирования и обработки сигналов локальной системы местоопределения;
- **разработке** прототипов совмещенной системы и **проведении** экспериментальных исследований;
- **проведении** сравнительного анализа алгоритмов построения цифровых синтезаторов частоты петель слежения.

На заседании 27 декабря 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Серкину Ф.Б. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

Диссертационного совета Д.212.125.03

д.т.н., профессор



Воскресенский Д. И.

Учёный секретарь совета Д.212.125.03

д.т.н., с.н.с.



Сычев М. И.

27.12.2016 г.