

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО"
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 02.04.2025 г. № 6 .

О присуждении Леговцовой Елене Витальевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование когерентности сигналов и помех в импульсных радиолокационных системах» по специальности 1.3.4. – Радиофизика принята к защите 25 декабря 2024 г., протокол № 83, диссертационным советом 24.2.340.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Леговцова Елена Витальевна, 25 марта 1988 года рождения, в 2011 году окончила магистратуру Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки Радиофизика. В период с 2020 по 2024 гг. обучалась в аспирантуре Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия.

В период подготовки диссертации Леговцова Елена Витальевна работала в АО «Федеральный научно-производственный центр «Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники» (АО «ФНПЦ «ННИИРТ»)) в должности инженера 2 категории и в ННГУ им. Н.И. Лобачевского в должностях ассистента, преподавателя, старшего преподавателя и заведующего лабораторией кафедры радиотехники радиофизического факультета, где и работает по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре радиотехники радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехники радиофизического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Сидоркина Юлия Анатольевна, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук (специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), доцент, профессор кафедры "Автономные информационные и управляющие системы" (СМ5) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана),

2. Есипенко Валентин Иванович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации), старший научный сотрудник, профессор кафедры "Электроника и сети ЭВМ" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева" (НГТУ) дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, в своем **положительном** отзыве, утвержденном 11.03.2025 г., подписанном доктором физико-математических наук по специальности – 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, профессором, заведующим кафедрой радиотехники и связи радиотехнического факультета Рябовой Натальей Владимировной, указала, что диссертация Леговцовой Елены Витальевны удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Леговцова Елена Витальевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ по теме диссертации, из них 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК (из них 6 по специальности 1.4.3 – «Радиофизика»; 5 статей в ведущих изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus); 2 патента РФ на изобретение. Основные результаты диссертации были представлены на международных и всероссийских конференциях.

Авторский вклад соискателя в опубликованные в соавторстве работы заключается в выполнении аналитических расчетов и проведении компьютерного моделирования, анализе, объяснении и интерпретации полученных результатов, формулировании выводов и подготовке текстов публикаций.

Проверка текста диссертации не выявила неправомерных заимствований. Исследования являются оригинальными и представляются к защите впервые. В диссертации отсутствуют

недостовверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Оценка когерентности радиолокационных сигналов с флуктуациями параметров / Е. С. Фитасов, И. Я. Орлов, **Е. В. Леговцова**, В. В. Насонов // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2021. – Т. 64, № 1. – С. 69-82. (WoS, Scopus)
2. Селекция имитирующих сигналоподобных помех в радиолокационных системах с внутренней когерентностью / Е. С. Фитасов, **Е. В. Леговцова**, О. Е. Кудряшова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2021. – Т. 64, № 11. – С. 917-925. (WoS, Scopus)
3. Когерентность активных шумовых помех в радиолокационных системах с антенными решётками / Е. С. Фитасов, О. Е. Кудряшова, **Е. В. Леговцова**, В. В. Насонов // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2022. – Т. 65, № 2. – С. 159-168. (WoS, Scopus)
4. **Леговцова, Е. В.** Когерентность радиолокационных сигналов, отраженных от источников пассивных помех / Е. В. Леговцова, Е. С. Фитасов // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2022. – Т. 65, № 7. – С. 590-597. (WoS, Scopus)
5. Козлов С.А., Фитасов Е.С., **Василенко (Леговцова) Е.В.**, Насонов В.В. Повышение эффективности автокомпенсации шумовых активных помех в радиолокационных станциях малой дальности // Вестник Концерна ПВО «Алмаз-Антей». – 2013. – № 1. – С.45–48.
6. Система защиты импульсной радиолокационной системы от дискретных метеобразований / Е. С. Фитасов, **Е. В. Леговцова**, С. А. Козлов, В. В. Насонов // Датчики и системы. – 2017. – № 8-9(217). – С. 13-19.
7. Доплеровская фильтрация радиолокационных сигналов, отражённых от малоскоростных воздушных объектов / **Е. В. Леговцова**, О. Е. Кудряшова, Е. С. Фитасов, Д. А. Васильев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2020. – № 3(47). – С. 44-50.
8. Экспериментальная оценка проекционного метода доплеровской фильтрации радиолокационных сигналов при обнаружении воздушных объектов с малыми радиальными скоростями / Е. С. Фитасов, **Е. В. Леговцова**, Д. А. Пальгугев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2021. – Т. 64, № 4. – С. 331-340. (WoS, Scopus)
9. Патент № 2593276 С1 Российская Федерация, МПК G01S 7/36. Способ селекции движущихся целей : № 2015132506/07 : заявл. 04.08.2015 : опубл. 10.08.2016 / Е. С.

Фитасов, Е. В. Леговцова ; заявитель Акционерное общество "Федеральный научно-производственный центр "Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники".

10. Патент № 2807614 С1 Российская Федерация, МПК G01S 7/36. Способ формирования весового коэффициента в условиях нестационарности помеховой обстановки : № 2022128263 : заявл. 28.10.2022 : опубл. 17.11.2023 / В. В. Насонов, Е. С. Фитасов, Е. В. Леговцова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны" Министерства обороны Российской Федерации.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов от:

1. Бабанова Николай Юрьевича, доктора технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, доцента, заведующего кафедрой «Электроника и сети ЭВМ» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».
 2. Бобрешова Анатолия Михайловича, доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, профессора, профессора-консультанта кафедры электроники физического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».
 3. Захарова Фёдора Николаевича, кандидата технических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, доцента кафедры радиотехнических систем, заведующего лабораторией распространения радиоволн научно-исследовательского института радиотехнических систем ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».
- Аникина Алексея Сергеевича, кандидата технических наук по специальностям 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация, доцента кафедры радиотехнических систем, старшего научного сотрудника лаборатории распространения радиоволн научно-исследовательского института радиотехнических систем ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».
4. Самойлова Александра Григорьевича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Радиотехника и радиосистемы» ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».
 5. Ястребова Виктора Дмитриевича, кандидата технических наук по специальности

05.12.04 – Радиолокация и радионавигация, главного конструктора АО «ФНПЦ «Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники».

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания.

Замечания из отзыва ведущей организации.

1. При анализе вопросов оценки степени когерентности радиолокационных сигналов с флуктуациями параметров (амплитуды, частоты, фазы), следовало бы более подробно раскрыть применимость различных методов и подходов для ряда решаемых задач.

2. В диссертационном исследовании следовало бы рассмотреть ограничения и область применения разработанных методов оценки степени когерентности.

3. В работе не четко сформулированы достоинства и недостатки предложенной меры для оценки когерентных свойств сигналов по сравнению с известными методами, не рассмотрено влияние когерентности на коэффициент подавления активных помех.

4. Работа выиграла, если бы были включены и рассмотрены вопросы взаимодействия разработанных методов при эксплуатации радиолокационных систем в рамках обеспечения помехозащищенности.

5. По тексту диссертации имеются неточности, например, на стр. 20, 24: «Рассматриваются два случая для гауссовых флуктуаций с ограниченной дисперсией: амплитуды, частоты и фазы.», по факту рассматриваются три случая.

6. В заключении на стр. 120 дублируется фраза: «Результаты численного моделирования когерентности сигналов с фазовыми и частотными флуктуациями показали...».

Замечания из отзыва официального оппонента Сидоркиной Ю.А.

1. Из диссертации неясно, возможно ли применение предложенных автором методов за границей принятых ограничений? Например, когда в рассматриваемых сигналах присутствует модуляция параметров, или когда статистическая модель скорости ветра негауссовская.

2. В диссертации и автореферате не введены единицы измерения энтропии.

3. Почему при оценке когерентных свойств системы межпериодной обработки пачки радиолокационных импульсов с оптимальным методом сравнивается именно проекционный метод? Не приводится сравнение с методами селекции движущихся целей (СДЦ) на основе режекторных БИХ и КИХ фильтров.

Замечания из отзыва официального оппонента Есипенко В.И.

Имеют место некоторые неточности в формулировках и определениях.

1. На стр. 19 указано, что 8 работ опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК, а в расшифровке (в скобках) их одиннадцать.
2. На стр. 26 нет четкости в определении отношения мощностей сигнала и шума.

Замечания из отзыва на автореферат Бабанова Н.Ю.

Описание в автореферате содержания 4 главы диссертации (стр. 15 автореферата) представлено весьма скупо, что несколько мешает целостному восприятию. В частности, было бы полезно привести хотя бы краткое описание приведенных натуральных экспериментов.

Замечания из отзыва на автореферат Бобрешова А.М.

В работе не рассмотрен случай вырожденной матрицы. Диссертантом не рассматривается когерентность импульсных синхронных и несинхронных помех.

Замечания из отзыва на автореферат Захарова Ф.Н., Аникина А.С.

1. Недостаточно подробно обоснованы математические модели входного процесса для оценки степени когерентности сигналов.

2. Не раскрыт физический смысл и взаимосвязь между энтропией распределения энергии сигнала по собственным подпространствам корреляционной матрицы и мерой оценки степени когерентности принимаемых сигналов радиолокационной системой на фоне помех. Почему в качестве меры степени когерентности принимаемого сигнала не рассматривается среднее отношение сигнал/шум или сигнал/помеха?

3. Не представлены требования к приемо-передающей аппаратуре радиолокатора с точки зрения получения достоверных оценок степени когерентности принятого сигнала, принятых активных шумовых помех или пассивных помех.

4. Не приведены результаты сравнения теоретических оценок степени когерентности сигналов и помех по представленным в автореферате моделям с результатами натуральных экспериментов для трехкоординатной когерентно-импульсной радиолокационной станции.

Замечания из отзыва на автореферат Самойлова А.Г.

Непонятно, применялась ли регуляризация при оценке выборочной корреляционной матрицы. В работе не рассматривается когерентность негауссовских процессов.

Замечания из отзыва на автореферат Ястребова В.Д.

В автореферате не приведены результаты исследования когерентности сигналов с постоянными флуктуациями амплитуды. В работе не рассмотрены случаи короткой выборки.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований установлено следующее:

Используемая мера когерентности сигнала в виде энтропии распределения его энергии по собственным подпространствам его корреляционной матрицы позволяет получить количественную оценку степени когерентности сигналов с амплитудными, частотными и фазовыми флуктуациями и использовать эту оценку для решения задач, в которых требуется анализ параметров сигналов при прохождении (распространении) в среде или через различные радиотехнические системы. Проведен анализ основных факторов, влияющих на когерентность активной шумовой помехи – ширины спектра помехи и нестационарности помеховой обстановки, связанной с изменением в процессе радиолокационного наблюдения угловых соотношений между лучом антенной решетки и источником помехи. Показано, что анализ когерентности активной шумовой помехи позволяет ввести количественный критерий понятия «широкополосной помехи» и «узкополосной помехи». Анализ когерентности радиолокационных сигналов, отраженных от источников пассивных помех с различными спектральными характеристиками, показал, что значение энтропии может быть использовано для оценки максимального коэффициента подавления пассивной помехи и качественной оценки максимальной подпомеховой видимости в системе селекции движущихся целей импульсных РЛС.

Также в диссертационной работе выполнен синтез системы автокомпенсации активных шумовых помех в условиях нестационарной помеховой обстановки; проведен синтез системы селекции движущихся целей когерентной импульсной РЛС на основе проекционного метода доплеровской фильтрации; получена оценка когерентных свойств системы межпериодной обработки пачки радиолокационных импульсов. В работе впервые обоснована возможность использования проекционного метода квазиоптимальной межпериодной временной обработки пачки импульсов на фоне пассивной помехи с заданными корреляционными свойствами для синтеза системы селекции движущихся целей импульсной РЛС с учетом степени когерентности принимаемого сигнала.

Теоретическая значимость работы заключается в следующем:

Обосновано использование энтропии распределения энергии сигнала по собственным числам выборочной корреляционной матрицы для количественной оценки степени когерентности сигналов с фазо-частотными флуктуациями. Это позволяет использовать оценку степени когерентности для решения задач, в которых требуется анализ параметров сигналов при прохождении (распространении) в среде или через различные радиотехнические системы – в радиолокационных системах, в радиофизических измерительных системах, в задачах

исследования электромагнитной обстановки, в задачах обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, в системах радионавигации и радиосвязи.

Значение полученных соискателем результатов для практики определяется тем, что методики оценки степени когерентности сигналов и помех могут быть использованы при проектировании систем пространственно-временной обработки сигналов современных радиолокационных систем. Запатентованный способ селекции движущихся целей позволил обеспечить характеристики обнаружения воздушных объектов на фоне пассивных помех в радиолокационных станциях L-диапазона. Запатентованный способ формирования весового коэффициента автокомпенсатора позволил компенсировать активную шумовую помеху при работе в условиях нестационарной помеховой обстановки, связанной со сканированием диаграммы направленности антенны РЛС, или перемещения в пространстве помехопостановщика за период обзора.

Оценка достоверности полученных результатов исследования основывается на использовании классических методов теории вероятностей, математической статистики, статистической радиофизики, статистической радиотехники, теории матриц и теоретической радиолокации. Также проведенные в работе исследования базируются на методах математического моделирования.

Достоверность результатов обеспечена экспериментальной проверкой с использованием высокотехнологичной аппаратуры и подтверждена сопоставлением результатов математического моделирования с натурными испытаниями. Результаты согласуются с современными данными отечественных и зарубежных источников.

Приоритет и новизна полученных результатов подтверждается наличием двух действующих патентов на изобретения.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, проведении аналитических исследований и численного моделирования, обработке и анализе полученных результатов, подготовке публикаций в научные журналы.

В ходе защиты диссертации было высказано следующее критическое замечание:

Бакунов М.И.:

В оптике пространственная когерентность означает коррелированное протекание во времени и пространстве нескольких волновых процессов. В каком смысле у вас рассматривается пространственная когерентность?

Соискатель Леговцова Е.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и замечания и привела собственную аргументацию:

Под пространственной когерентностью понимается когерентность между сигналами, принимаемыми разными элементами антенной решётки.

На заседании 02.04.2025 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития радиофизики, присудить Леговцовой Е.В. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек из них 8 докторов наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени — 17, против присуждения ученой степени — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель
диссертационного совета



Гурбатов Сергей Николаевич

Клюев Алексей Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета

02.04.2025