

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНОБРНАУКИ РФ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «6» декабря 2022 г протокол № 4

О присуждении Мухрановой Дарье Николаевна, гражданке РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Пространственно-временные сигналы и их статистическая обработка в присутствии активных помех в широкополосных системах с антенными решетками» по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», принята к защите «30» сентября 2022 г., протокол № 8, диссертационным советом 24.2.347.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г, приказ о реорганизации №561/нк от 03.06.2021 г.

Соискатель Мухранова Дарья Николаевна, 18.02.1994 года рождения.

В 2017 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», выдан диплом и присвоена квалификация «Магистр». В 2021 году завершила обучение в очной

аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи» (профиль: «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения») на кафедре теоретических основ радиотехники. В настоящее время работает старшим преподавателем на кафедре теоретических основ радиотехники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре теоретических основ радиотехники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Спектор Александр Аншелевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра теоретических основ радиотехники, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Тяпкин Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра радиотехнических войск ВКС военного учебного центра имени Героя России генерала армии В. П. Дубынина, профессор кафедры;

Шипилов Сергей Эдуардович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра радиофизики, профессор кафедры;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Новосибирск, **в своем положительном заключении**, подписанном доктором технических наук, профессором Носовым Владимиром Ивановичем, профессором кафедры цифрового телерадиовещания и систем радиосвязи, кандидатом технических наук, доцентом Шушновым Максимом Сергеевичем, заведующим кафедрой цифрового телерадиовещания и систем радиосвязи, и утвержденном исполняющим обязанности проректора по научной работе, кандидатом технических наук, доцентом Ефимовым Александром Владимировичем, **указала, что:** Диссертационная работа «Пространственно-временные сигналы и их статистическая обработка в присутствии активных помех в широкополосных системах с антенными решетками» Мухрановой Д.Н. является законченной и самостоятельной научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научно-техническом уровне. Диссертационная работа Д.Н. Мухрановой на тему «Пространственно-временные сигналы и их статистическая обработка в присутствии активных помех в широкополосных системах с антенными решетками» полностью соответствует требованиям п.9–14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, предъявляемым к кандидатским диссертационным работам. На основании вышеизложенного считаем, что Мухранова Дарья Николаевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Соискатель имеет 28 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 25 работ, из них работ, опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК – 4, в научных изданиях, индексируемых в реферативных базах

Scopus и/или Web of Science – 8. Получены 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 70%. Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют.

Перечень наиболее значимых работ соискателя, в которых отражено основное содержание диссертационной работы и ее результатов.

Статьи в научных журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций:

1. **Зима Д. Н.** Пространственно-временная обработка широкополосных сигналов в радиолокационных системах с линейной цифровой антенной решеткой в присутствии активных помех / Д. Н. Зима, А. А. Спектор // Автометрия. - 2021. – Т. 57, № 2. – С. 4–12.

2. **Зима Д. Н.** Широкополосные сигналы и их радиоприем в радиосистемах с антенными решетками с применением многомерного преобразования Фурье / Д. Н. Зима // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2022. – № 1 (54). – С. 37–50.

3. Методы пространственно-временной обработки широкополосных сигналов и подходы к их моделированию / В. Н. Васюков, Д. Н. Зима, И. Ф. Лозовский, Ю. В. Морозов, А. А. Мурасев, И. А. Пшеничников, М. А. Райфельд, Д. О. Соколова, А. А. Спектор // Автометрия. – 2022. – Т. 58, № 2. – С. 61–68.

4. **Зима Д. Н.** Пространственно-временная обработка широкополосных сигналов на основе модели линейного предсказания / Д. Н. Зима, Д. О. Соколова, А. А. Спектор // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2020. – № 4. – С. 17–31.

Публикации в изданиях, включенных в международные базы цитирования Web of Science или Scopus:

1. **Zima D. N.** Spatiotemporal processing of broadband signals in radars with a linear digital antenna array in the presence of active interference / D. N. Zima, A. A. Spector // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. - 2021. - Vol. 57, iss. 2. – P. 115-122.
2. Methods of Spatial-Temporal Processing of Broadband Signals and Approaches to Their Modeling / V. N. Vasyukov, D. N. Zima, Y. V. Morozov, A. A. Murasev, I. A. Pshenichnikov, M. A. Rajfeld, D. O. Sokolova, A. A. Spector [et. al.] // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. – 2022. – Vol. 58, iss. 2. – P. 160-166.
3. **Zima D. N.** Investigation and modeling of the spatiotemporal signal recorded by the digital antenna array / D. N. Zima, D. O. Sokolova, A. A. Spector // IEEE 22 International conference of young professionals in electron devices and materials (EDM): proc., Altai Region, 30 June – 4 July 2021. – Novosibirsk: IEEE, 2021. - P. 218-221.
4. **Zima D. N.** Processing Spatiotemporal Signals Recorded Linear Array / D. N. Zima, A. A. Spector // 1 International Conference Problems of Informatics, Electronics, and Radio Engineering (PIERE), Novosibirsk, 10-11 Dec. 2020. — Novosibirsk: IEEE, 2020. – P. 54-58.
5. **Zima D. N.** Signal processing in the receiving system with spatially distributed receiving elements / D. N. Zima, D. O. Sokolova, A. A. Spector // CEUR Workshop Proceedings. - 2020. - Vol. 2534: Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes(SDM-2019), Berdsk, 26-30 Aug. 2019. – P. 104-108.
6. **Zima D.** Spatiotemporal Spectral Analysis of Signals and Active Interference in Radar with Digital Antenna Arrays / D. Zima, A. Spector, D. Sokolova. // VI International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT-2020): proc., Samara, 26-29 May 2020, Russia: IEEE.
7. **Zima D.** Spectral Characteristics of Spatiotemporal Signals and Interference on a Linear Antenna Array / D. Zima, A. Spector, D. Sokolova // 21st INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICRO/NANOTECHNOLOGIES AND

ELECTRON DEVICES (EDM 2020): proc., Novosibirsk, 29 June – 03 July 2020. – Novosibirsk: IEEE, 2020. – P. 195-199.

8. Investigation of principles of simulation of space-time processing of wideband signals / V. N. Vasyukov, D. N. Zima, I. F. Lozovskiy, Y. V. Morozov, A. A. Murasev, I. A. Pichkov, M. A. Rajfeld, D. O. Sokolova, A. A. Spektor. // CEUR Workshop Proceedings. - 2021. - Vol. 3006: Spatial data processing for monitoring of natural and anthropogenic processes : proc. of the all-Russian conf. with intern. participation (SDM-2021), Novosibirsk. – P. 260-271.

В свидетельствах на государственную регистрацию программ для ЭВМ:

1. Свидетельство 2020661442 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Моделирование пространственно-временных сигналов с известными параметрами и помех в радиотехнической системе с линейной антенной решеткой. / Д.Н. Зима, А.А. Спектор, Д.О. Соколова; заяв. и правообл. ФГБОУ ВО НГТУ (RU). – №2020660781; заявл. 24.09.2020; опубли. 24.09.2020.

2. Свидетельство 2020661443 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Моделирование радиоприема пространственно-временных сигналов с известными параметрами на фоне пространственно-временных активных помех в радиотехнической системе с линейной антенной решеткой. / Д.Н. Зима, А.А. Спектор, Д.О. Соколова; заяв. и правообл. ФГБОУ ВО НГТУ (RU). – №2020660782; заявл. 24.09.2020; опубли. 24.09.2020.

3. Свидетельство 2020661444 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Моделирование радиоприема пространственно-временных сигналов со случайной начальной фазой на фоне пространственно-временных активных помех в радиотехнической системе с линейной антенной решеткой. / Д.Н. Зима, А.А.

Спектор; заяв. и правообл. ФГБОУ ВО НГТУ (RU). – №2020660783; заявл. 24.09.2020; опубл. 24.09.2020.

4. Свидетельство 2021669854 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа для моделирования радиолокационной станции с цифровой антенной решеткой. / Васюков В.Н., Зима Д.Н., Лозовский И.Ф. и др.; заяв. и правообл. ФГБОУ ВО НГТУ (RU). – №2021669393; заявл. 30.11.2021; опубл. 03.12.2021.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов (все положительные).

1. Богатырев Евгений Владимирович, кандидат технических наук, Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Радиосвязь», заместитель генерального директора по НТР. Замечания: 1) В автореферате указано, что моделирование проводилось для единственного размера антенной решетки 70 x 70 элементов. Неясно, как изменение размера решетки в большую или меньшую сторону повлияет на характеристики предложенного алгоритма пространственно-временной обработки сигналов на основе метода максимального правдоподобия. 2) В формуле (2) произведена замена дискретной пространственной переменной i на непрерывную координату x . В автореферате не уточняется, насколько корректна такая замена на краях антенной решетки.

2. Денисов Вадим Прокопьевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра радиотехнических систем, профессор. Замечания: 1) В автореферате приводятся структурные схемы обнаружителей, построенных в соответствии с принципом максимального правдоподобия. При этом автор ссылается на полученную ей формулу (13), которую называет алгоритмом. Однако, формула (13) не является алгоритмом,

так как не предписывает каких-либо действий для обнаружения сигнала. Более того, в реферате не указаны параметры помех, при которых получена эта формула (закон распределения вероятностей, соотношение мощностей организованных помех и внутренних шумов, пространственное распределение помехи и ее спектр). 2) В автореферате допущен ряд стилистических и грамматических неточностей. Например, «Двумерная спектральная функция сосредоточена на пересечении...», (стр.9), «двумерная декартова система координат», (стр.11).

3. Косых Валерий Петрович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, ведущий научный сотрудник. Замечания: 1) В тексте автореферата не раскрыт вопрос формирования пространственно-временного сигнала и алгоритма для его обработки для случая плоской антенной решетки, автор ограничивается лишь пояснением ситуации для линейной антенной решетки. 2) Нет словосочетания «декартова система координат» (стр.11), есть «декартова система координат». 3) Крайне скупо прокомментированы рисунки 4 и 5, в частности, отсутствует комментарий к блоку «Оценка СПМ помехи», спектр ПВС обозначен символом \dot{S} , а (по-видимому) спектр смеси сигнала помехи и шума – символом \dot{U} , тогда как в выражении (4) этим символом обозначен спектр ПВС. 4) На стр.16 неудачным представляется построение фразы: «Количество и места расположения АП V существенно влияют на качество их подавления». Видимо, автор имеет в виду «Количество V и места расположения АП существенно и т.д.». При этом не уточняется, как именно положение источников помех связано с качеством их подавления.

4. Нежевенко Евгений Семенович, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии

наук, ведущий научный сотрудник. Замечания: 1) Понятно, что алгоритмы обработки определяются прежде всего статистическими характеристиками сигнала и помехи, в частности корреляционной функцией помехи в частотной области. Но именно факт независимости отсчетов спектра помехи неудачно сформулирован в автореферате (стр.11). Что значит «При переходе от пространственно-временного колебания к его многомерному спектру...». А если не переходить к этому описанию отсчеты окажутся коррелированными? И потом выражение «можно считать некоррелированными...» предполагает некоторую неопределенность. Отсчеты просто не коррелированы. А вот что следовало подчеркнуть – это то, что все это справедливо только для стационарного процесса (условие стационарности помехи в автореферате я не обнаружил). 2) Неудачно сформулированы некоторые результаты в Заключение (стр.17). Например: «5. Проведен сравнительный анализ...». Весь пункт – это описание работы, вот если бы оно было продолжено словами: показано, что ... и т.д., вот тогда это был бы результат. Правда, в комментариях это все есть, но почему в комментариях, а не в самих результатах?

5. Петров Андрей Викторович, кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 52 кафедра боевого применения средств РЭБ (с наземными системами управления) факультета РЭБ (и ИБ), доцент. **Бондарцов Юрий Александрович**, кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 54 кафедра противодействия техническим средствам разведки факультета РЭБ (и ИБ), доцент. Замечания: 1) Не ясно, можно ли использовать разработанный алгоритм при обнаружении других типов полезного сигнала кроме ЛЧМ-импульса? 2) В автореферате указано, что разработанный алгоритм обладает простотой реализации, поскольку не

требует обращения корреляционной матрицы помех. При этом отсутствуют количественные оценки быстродействия разработанного алгоритма в сравнении с классическим подходом к обработке.

6. Шайдуров Георгий Яковлевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», Военно-инженерный институт Сибирского федерального университета, научный руководитель.

Замечания: 1) Отсутствие аппаратного описания схемы реализации алгоритмов и программ в структуре РЛС, необходимого инженерам-разработчикам для использования теоретического материала диссертации для решения системной задачи построения всего приемо-передающего комплекса.

2) Название темы диссертации как «Пространственно-временные сигналы и их статистическая обработка в присутствии активных помех в широкополосных системах в антенных решетках» претендует на более широкий их класс, чем использование в работе частотно-модулированные. Необходимо было, хотя бы концептуально, определить особенности обработки импульсных сигналов, чтобы понять применимость разработанных алгоритмов для других типов РЛС.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Мухрановой Д.Н., их широкой известностью своими достижениями в данной области науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» известна в

области исследований фундаментальных и прикладных аспектов радиотехники и систем связи.

Доктор технических наук, профессор *Тяпкин Валерий Николаевич* является признанным специалистом в областях радиолокации и радионавигации, в том числе в части разработки широкополосных систем, направленных на повышение эффективности подавления помех.

Доктор физико-математических наук *Шипилов Сергей Эдуардович* является признанным специалистом в области радиофизики, разработки методов радиоволновой томографии на основе сверхширокополосного зондирования и разработки систем с использованием антенных решеток.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен подход к описанию сигналов и помех в радиотехнических системах с антенными решетками в виде многомерных пространственно-временных процессов.

доказана целесообразность использования в качестве входных данных алгоритма многомерной обработки многомерных спектров пространственно-временных сигналов.

разработан алгоритм обработки сигналов на основе принципа максимального правдоподобия для случаев приема полностью известного сигнала и сигнала со случайной начальной фазой, имеющий характер корреляционной обработки, выполняемой в спектральной области без необходимости оценивания и обращения корреляционной матрицы помех.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:
исследована многомерная модель сигналов и помех, формируемых на линейной и плоской антенных решетках, как пространственно-временных процессов, в том числе проведен спектральный анализ многомерных сигналов;
исследованы корреляционные характеристики спектров пространственно-временных помех, позволяющие считать корреляционную матрицу помех при

построении алгоритма обработки на основе метода максимального правдоподобия диагональной;

обоснованы подходы к построению алгоритма многомерной обработки сигналов на основе метода максимального правдоподобия, реализуемого в спектральной области;

обоснованы подходы к моделированию пространственно-временных процессов на антенной решетке, основанных на спектральном методе трансляции сигнала на опорном элементе антенной решетки на все ее элементы.

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

разработаны методы и алгоритмы пространственно-временной обработки когерентно-импульсных широкополосных сигналов в радиолокационных системах обзора, направленные на повышение эффективности подавления активных помех, о чем свидетельствует акт внедрения результатов диссертационной работы в разработанную программу, моделирующую радиолокационную систему обзора, в ходе выполнения работ по заказу АО «НПО НИИИП-НЗиК».

Работа проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта №19-37-90069 «Методы и алгоритмы пространственно-временной обработки сигналов в локационных системах с распределенными приемными элементами».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория основана на известных проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными;

идея базируется на математически корректном анализе свойств пространственно-временных сигналов, формируемых на антенных решетках, в том числе на спектральном анализе многомерных сигналов.

использованные методы исследования основаны на статистической радиотехнике, методах математического моделирования и математической статистики.

установлено соответствие полученных результатов данным независимых источников по тематике радиолокационного обнаружения;

представлены результаты статистического моделирования алгоритмов обработки при обнаружении пространственно-временных процессов на антенной решетке и анализа их эффективности в сравнении с известными алгоритмами.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач и проведении исследований многомерных пространственно-временных сигналов и помех, формируемых на линейной и плоской антенных решетках; в разработке алгоритмов многомерной обработки сигналов на фоне активных помех для случаев приема полностью известного сигнала и сигнала со случайной начальной фазой; в разработке моделирующей программы для проведения экспериментов, расчётов и обобщении полученных результатов; получении основных результатов, выводов и научных положений, приведенных в диссертационной работе. Подготовка результатов к публикации велась вместе с научным руководителем. Общий вклад в написание опубликованных статей составляет не менее 70%.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Мухранова Д.Н. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные результаты, имеющие существенное значение для развития теории и практики оптимального радиоприёма широкополосных импульсных сигналов на фоне активных помех в радиотехнических системах с антенными решетками. Диссертация

соответствует пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, ред. 26 сентября 2022 г.

На заседании 6 декабря 2022 г. диссертационный совет принял решение за разработку математической модели пространственно-временных сигналов, формируемых на антенной решетке, и алгоритма многомерной обработки таких сигналов, имеющие значение для развития области обработки широкополосных сигналов в радиотехнических системах с цифровыми антенными решетками, присудить Мухрановой Д.Н. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: за 16, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета

Геннадьевич Вострецов

Ученый секретарь
диссертационного совета

им Андреевич Степанов

«06» декабря 2022 г.