

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.004.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 02 июля 2025 г. № 10

О присуждении Царику Владимиру Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка алгоритмов пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов в глобальных навигационных системах» по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения принята к защите 30 апреля 2025 года, протокол № 7 диссертационным советом 55.2.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 191186, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 61, приказ № 258/нк от 27 марта 2019 года.

Соискатель Царик Владимир Игоревич, 24 апреля 1996 года рождения, работает инженером-программистом в ООО «Эйртэго».

В 2020 году соискатель окончил Санкт-Петербургский государственный университет с присвоением квалификации магистр. С 2024 года прикреплен к СПбГУТ для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Диссертация выполнена на кафедре радиотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Глушанков Евгений Иванович, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», кафедра радиотехники, профессор кафедры.

Оппоненты: 1. Григорьев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, основное место работы: ООО «Лаборатория инфокоммуникационных сетей», генеральный директор; 2. Веремьев Владимир Иванович, кандидат технических наук, основное место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)», кафедра радиотехнических систем, профессор кафедры, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Чировым Денисом Сергеевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой радиотехнических систем, утвержденном Леохиным Юрием Львовичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указала, что диссертация «Разработка алгоритмов пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов в глобальных навигационных системах» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе проведённых автором исследований изложены новые обоснованные решения в перспективной практической области, имеющие значение для развития

отечественной науки и техники. Полученные автором результаты отличаются научной новизной, теоретической и практической значимостью. Отмеченные недостатки не снижают общего высокого качества выполненной работы. Результаты широко апробированы на значимых российских и зарубежных конференциях. Основные научные результаты достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает её содержание, содержание диссертации соответствует пунктам 3, 5, 6, и 8 паспорта специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. На основании изложенного сделан вывод о том, что диссертационная работа соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, перечисленным в пп. 9-14 актуальной редакции Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842 «О порядке присуждения учёных степеней», а автор диссертации Царик Владимир Игоревич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 18, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 4, в том числе 4 в изданиях, соответствующих искомой специальности, а также: 3 работы в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования; 2 результата интеллектуальной деятельности; 5 статей в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций; 4 отчета о НИР. Из них 2 работы опубликованы соискателем без соавторства. Общий объём авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 16 печ.л. из общего количества 26,13 печ.л. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Глушанков, Е. И. Анализ качества алгоритмов адаптивной пространственной и пространственно-частотной фильтрации сигналов в системах спутниковой навигации / Е. И. Глушанков, В. И. Царик // Труды учебных заведений связи. – 2022. – Т. 8, № 3. – С. 37-43.

2. Глушанков, Е. И. Прямые методы адаптации линейных и кольцевых антенных решеток в навигационных спутниковых системах / Е. И. Глушанков, В. И. Царик // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2023. – Т. 26, № 1. – С. 6-16.

3. Глушанков, Е. И. Практическая реализация пространственно-временной фильтрации спутниковых навигационных сигналов в реальном времени / Е. И. Глушанков, В. И. Царик // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 64-69.

4. Царик, В. И. Методы пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов в частотной области / В. И. Царик // Труды учебных заведений связи. – 2024. – Т. 10, № 6. – С. 34-44.

Публикации в изданиях, индексируемых в МБЦ:

5. Glushankov, E. I. Space-Frequency Beamforming Algorithms Comparison with a Circular Antenna Array / E. I. Glushankov, V. I. Tsarik // 2023 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – Moscow, Russian Federation, 2023. – P. 1-5.

6. Tsarik, V. I. Constrained Adaptive Arrays for Narrow-Band GNSS Signal Receivers / V. I. Tsarik, V. I. Djigan // 2023 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS). – Batumi, Georgia, 2023. – P. 1-5.

7. Tsarik, V. I. FPGA/ARM Design of Multibeam Adaptive Array for GNSS Receiver / V. I. Tsarik, D. A. Bitsulia, V. I. Djigan // 2024 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS). – Yerevan, Armenia, 2024. – P. 1-5.

Результаты интеллектуальной деятельности:

8. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Моделирование пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов в среде MATLAB с аппроксимацией выборочных корреляционных матриц [Текст] /

В. И. Царик, Е. И. Глушанков, К. А. Родина. – №2024668269; опубли. 06.08.2024 (Рос. Федерация).

9. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Моделирование пространственно-частотной обработки спутниковых навигационных сигналов в среде MATLAB [Текст] / В. И. Царик, Е. И. Глушанков, К. А. Родина. – № 2024668095; опубли. 01.08.2024 (Рос. Федерация).

Публикации в других изданиях:

10. Глушанков, Е. И. Адаптивная пространственная фильтрация сигналов в четырёхэлементной антенной решётке / Е. И. Глушанков, В. И. Царик // «Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики» (ПКМ-2021). – Санкт-Петербург, 30.11.2021 – 02.12.2021. – С. 60-63.

11. Глушанков, Е. И. Анализ алгоритмов адаптивной пространственной фильтрации сигналов в кольцевой антенной решётке / Е. И. Глушанков, В. И. Царик // «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (АПИНО 2022). – Санкт-Петербург, 15.02.2022 – 16.02.2022. – С. 149-154.

12. Глушанков, Е. И. Алгоритмы пространственно-частотной обработки сигналов в антенных решётках / Е. И. Глушанков, В. И. Царик // «Технологии информационного общества». – Москва, 02.03.2022 – 03.03.2022. – С. 91-92.

13. Глушанков, Е. И. Прямые методы адаптивной пространственной фильтрации в кольцевых антенных решётках / Е. И. Глушанков, В. И. Царик // «Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики» (ПКМ-2022). – Санкт-Петербург, 06.12.2022 – 08.12.2022. – С. 149-153.

14. Царик, В. И. Сравнение методов определения числа источников помех при адаптации антенных решёток / В. И. Царик // «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (АПИНО 2024). – Санкт-Петербург, 27.02.2024 – 28.02.2024. – С. 465-469.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: официального оппонента Григорьева В. А.; официального оппонента Веремьева В.И.; ведущей организации МТУСИ; Поддубного С.С., к.т.н., доцента кафедры радиотехнических систем

Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения; Путилина А.Н., д.т.н., профессора, главного научного сотрудника ПАО «Интелтех» и Гука И.И., к.т.н., ведущего инженера ПАО «Интелтех»; Мелёшина Ю.М., к.т.н., доцента, заместителя директора Института микроприборов и систем управления имени Л. Н. Преснухина Московского института электронной техники; Мишина Д.В., д.т.н., профессора кафедры радиоэлектронных систем, старшего научного сотрудника научно-исследовательской лаборатории «Инфокоммуникационные технологии» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики; Рашича А.В., к.т.н., доцента высшей школы прикладной физики и космических технологий института электроники и телекоммуникаций Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого; Старовойтова Е.И., к.т.н., начальника отдела научных исследований и защиты интеллектуальной собственности АО «НИИМА «Прогресс»; Полковникова И.А., к.т.н., заместителя генерального директора, начальника НТЦ ИКС НК АО «ПКБ «РИО», Кильдишевой О.Э., к.т.н., доцента, заместителя генерального директора, главного конструктора проектов АО «ПКБ «РИО» и Давыдова А.В., к.т.н., доцента, учёного секретаря НТС АО «ПКБ «РИО»; Аладинского В.А., к.т.н., профессора, учёного секретаря ООО «СТЦ», Давыденко А.С., к.т.н., начальника отдела ООО «СТЦ» и Егоренкова О.А., к.т.н., главного конструктора проектов ООО «СТЦ»; Архипова В.А., к.т.н., помощника генерального директора АО «НПК «ЭЛАРА» имени Г. А. Ильенко» по взаимодействию с учебными заведениями; Саниева Р.Р., к.т.н., преподавателя 13 кафедры Военного университета радиоэлектроники, Коликова И.В., к.т.н., преподавателя 13 кафедры Военного университета радиоэлектроники и Уткина В.В., к.т.н., доцента, начальника 13 кафедры Военного университета радиоэлектроники; Чуднова А.М., д.т.н., профессора, профессора кафедры автоматизированных систем специального назначения Военной академии связи и Сазонова В.В., к.т.н., доцента, докторанта кафедры автоматизированных систем специального назначения Военной академии связи; Филиппова С.В., к.т.н., заместителя начальника управления инновационного

развития и стратегического планирования АО «НПО «Импульс»; Воробьёвой С.В., к.т.н., доцента, заведующего кафедрой радиотехнических систем Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики.

Все отзывы положительные. Имеются критические замечания. На протяжении всей работы приводятся результаты моделирования алгоритмов фильтрации в среде MATLAB, однако нигде не указаны использованные при моделировании разрядности данных и соответствующих вычислений, что затрудняет понимание близости построенных моделей к более низкоуровневым программным реализациям, в том числе, используемым в реальных устройствах. В главе 2 автор приводит полученные им в ходе моделирования характеристики быстродействия алгоритмов обращения матриц, в том числе время работы алгоритмов. Однако диссертация не содержит описания значений времени работы подобных алгоритмов, характерных для решаемой задачи. Данный недостаток препятствует сравнению полученных результатов с цифрами, имеющими место на практике, и затрудняет понимание границ применимости предложенных методов. Представляется недостаточно обоснованным выбор конкретных метаэвристических алгоритмов оптимизации функций в главе 3 (методы роя частиц и салпы) и их предпочтение иным алгоритмам данного класса. В работе не рассмотрен большой класс алгоритмов пространственной обработки, основанных на различных градиентных методах оптимизации, которые достаточно широко исследованы в литературе и отсутствует должное обоснование выбора только прямых методов адаптации. Глава 4 не содержит подробного анализа построенного аппаратно-программного комплекса на предмет скорости сходимости процесса адаптации (построения весовых коэффициентов фильтра) и соответствующих динамических возможностей относительно, например, допустимой скорости перемещения комплекса, его работоспособности при установке на транспортном средстве и так далее. В первой главе целесообразно было бы за основной показатель качества обработки принять погрешность измерения координат НАП в условиях преднамеренных помех, так как цель

обработки заключается в расширении области работоспособности ГНСС на сценарии, включающие наличие пространственно-распределённых помех. Необходимо было бы более подробно описать модели, абсолютную и относительную динамику как полезных сигналов, так и помех, так как от неё зависят требования к ПОС, а также определить пространственную модель функционирования ГНСС на фоне помех, а также пределы изменений параметров сигналов и помех. Отсутствие таких данных затрудняет понимание границ применимости ПОС в построенной модели функционирования ГНСС. В работе приведены оценки устойчивости алгоритмов обращения Левинсона и Барайсса, однако не показана методика оценки устойчивости, что затрудняет понимание сделанного автором вывода. В работе приведён пример реализации ПОС на основе конкретной реализации SDR устройства с 12 разрядным АЦП/ЦАП. Однако не ясно какое влияние оказывает ограничение разрядности на качество обработки. В частности, целесообразно было бы привести оценку влияния разрядности на погрешность измерения координат и коэффициент подавления помехи. В работе приведены сведения о динамике обработки по алгоритму Барайсса для разного количества антенных элементов, однако интерес представляет практический результат функционирования НАП в условиях помех и применения предложенного алгоритма на примере записанных реализаций сигнально-помеховой обстановки для кольцевой АР. Не совсем ясно почему автор остановился на использовании метода Кейпона при решении задачи спектрального пространственного анализа при определении количества помех, так как на практике используется множество других методов. Сравнение методов спектрального анализа для конкретной структуры антенной решётки позволило бы снять этот вопрос. В главе 2 используется обозначение « $\text{rot}\{Z\}$ » для матрицы, полученной из данной матрицы Z в результате поворота всех её элементов на 180 градусов вокруг условного центра матрицы. Однако, сокращение « rot » достаточно широко распространено в отдельных областях высшей математики и физики для обозначения оператора вычисления ротора векторного поля. Данное переобозначение может ввести читателя в заблуждение и затруднить понимание

полученных в работе результатов. В первой главе работы несколько раз упоминается негативное влияние многолучевого распространения сигналов (в том числе помеховых) на качество их приёма и корректность работы алгоритмов фильтрации. Однако в большинстве случаев для компьютерного моделирования сигнальной обработки в исследовании создавались рафинированные условия с использованием безэховой камеры, в которой многолучевое распространение электромагнитных волн сведено к минимуму. Насколько далеки от реальных условий эксперименты, поставленные таким способом? Можно ли провести качественный анализ работы алгоритмов подавления помех с многолучевым распространением, близким к реальному (например, в условиях городской застройки и тому подобных)? Видится недостаточно обоснованным переход в главе 4 от рассмотренных ранее пространственных методов обработки к использованию пространственно-временного алгоритма с соответствующим серьёзным повышением вычислительной сложности. В работе отсутствуют результаты исследования предлагаемых алгоритмов пространственной обработки сигналов в условиях воздействия наихудших для данного метода помех (импульсных, хаотических, импульсных и пр.), которые могут существенно повлиять на помехоустойчивость навигационной аппаратуры потребителей ГНСС. В качестве пространственных фильтров в работе используются линейные фильтры, что не является оптимальным для негауссовских воздействий, особенно в каналах с замираниями. В автореферате отсутствует объяснение отдельных символов (например, $|$ и $\wedge$) в предложенной формуле выборочного приближения циркулянтной корреляционной матрицы, что не до конца позволяет понять смысл введённого приближения. Недостаточно обоснован выбор конкретных алгоритмов определения числа помех в главе 3. Отсутствует объяснение разделения процесса обработки на три отдельных устройства в рамках реализации аппаратно-программного комплекса. Из автореферата неясно каким образом при реализации алгоритмов определения количества источников помех и относительных угловых направлений на них происходит селекция источников навигационных сигналов. Предложенная в работе многопараметрическая оценка

качества функционирования различных алгоритмов определения угловых направлений на помехи (стр. 17-19) не позволяет отдать предпочтение конкретному алгоритму. Для корректного выбора необходимо обоснование свёртки набора показателей качества в показатель эффективности. Также неясно какой из этих алгоритмов использовался при практической реализации алгоритма пространственной фильтрации сигналов ГНСС. В автореферате недостаточно подробно раскрыт способ подсчёта больших собственных чисел корреляционной матрицы входных сигналов в главе 3 при определении числа помех. Недостаточно обоснован выбор пространственно-временных алгоритмов обработки при построении аппаратно-программного комплекса в главе 4. В тексте автореферата отсутствует расшифровка англоязычных сокращений названий ресурсов ПЛИС из таблицы 1. При описании итерационных процедур алгоритмов обращения расшифрованы не все обозначения, например, строчные буквы с нижними индексами. Из автореферата непонятно, что понимается под вычислительной сложностью: количество вещественных или комплексных умножений, умножений на константу, сложений или суммарное количество всех операций. Также отсутствуют оценки необходимого объёма памяти. Для рис. 1-4 отсутствуют характеристики аппаратной платформы, на которой получены эти результаты. Не понятно, для чего приведены ресурсы ПЛИС, если из автореферата следует, что в работе был только «произведён расчёт доли ресурсов» в ПЛИС, а сама реализация не выполнялась. Отсутствует расшифровка англоязычных сокращений названий бимформеров (пространственных фильтров). Недостаточно подробно описан процесс реализации алгоритма пространственно-временной обработки на ПЛИС. Недостаточно обоснован выбор конкретных алгоритмов обращения матриц в главе 2. Отсутствует объяснение англоязычных сокращений названий бимформеров в главе 3. Отсутствует описание отдельных элементов приёмного тракта устройства на рисунке 9. В автореферате не приведены количественные значения параметров сигналов рассматриваемых четырёх навигационных спутниковых систем, а также классов возможных помеховых воздействий. В автореферате не приведена схема алгоритма численного обращения эрмитовых

тёплицевых корреляционных матриц. Исходя из анализа содержания автореферата, приведённого на страницах 13–14, затруднительно уяснить суть данного алгоритма. При внешнем воздействии на навигационную аппаратуру на практике используются имитационные помехи. Однако из содержания автореферата не ясно, как учтено влияние данного вида помех в разработанном алгоритме определения пространственных параметров на источники помех. На странице 19 автореферата отмечено, что разработанный аппаратно-программный комплекс обеспечивает приём и обработку только навигационных спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС. Однако навигационный модуль Ublox Zed-F9P имеет также возможность принимать сигналы навигационных спутниковых систем Beidou и Galileo, что повлияет на объём вычислительных ресурсов и продолжительность выполнения алгоритма адаптации. В описании итерационной процедуры алгоритма Барайсса отдельные элементы матриц обозначаются как строчными, так и прописными буквами. В автореферате на рисунках 3 и 4 приведены значения величины отношения несущая/шум, однако в тексте автореферата они указываются как значения отношения сигнал/шум. В автореферате отсутствует подробное описание отдельных частей приёмного тракта построенного устройства, приведённых в схеме на рисунке 9. В автореферате недостаточно подробно описан процесс получения предложенной формулы выборочного приближения циркулянтной корреляционной матрицы. Отсутствует объяснение значений отдельных индексов переменных в итерационных процедурах обращения матриц. Судя по автореферату, автором не исследованы показатели гарантированной помехоустойчивости глобальной навигационной спутниковой системы при использовании предложенных алгоритмов пространственной обработки сигналов при воздействии наихудших для данного метода обработки сигналов помех. Имеются противоречия между результатами, представленными на рисунках 1 и 2, а именно выраженный в процентах выигрыш по количеству операций при использовании предложенного алгоритма (рис. 2) не соответствует значениям количества операций алгоритма обращения (рис. 1, график справа). На некоторых рисунках (например, 3 и 4)

вместо упомянутой в начале автореферата характеристики ОСШ приведены значения C/N_0 , то есть отношения несущая/шум (ОНШ). Недостаточно подробно описана схема выполнения пространственной обработки в частотной области с разбиением на подинтервалы. В автореферате не представлены алгоритм обращения эрмитовых тёплицевых корреляционных матриц и алгоритмы пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов в частотной области, что затрудняет понимание полученных результатов. В автореферате не раскрыт смысл обозначения “diag{...}” при описании алгоритмов обращения матриц. Не проведено сравнение характерных значений времени работы алгоритмов обращения матриц с полученными в ходе моделирования. Недостаточно обоснован выбор конкретных алгоритмов определения числа помех. Почему автор «важный показатель — быстродействие», анализируемый в работе и внесённый в Паспорт научной специальности, не определяет в цели работы? Требуется дать чёткое определение методов и алгоритмов, привести изложение исследований в соответствии с принятыми определениями. Предпочтительнее сохранять последовательность изложения результатов в соответствии с принятой в начале нумерацией или поменять её. Желательно материал предварять сообщением о номере научного результата и его защищаемой формулировки. Из приведённого изложения следует, что третий научный результат должен называться «Модель аппаратно-программного комплекса...». Рисунок 9 сделан не пропорционально с фотографией и схему, практически, не прочитать. Вывод, сделанный в п. 5 (с. 24) о большей перспективности реализации предлагаемого комплекса с использованием импортной элементной базы с учётом отсутствия доступа к ней в связи с санкциями выглядит не убедительно. Неверно оформлены рисунки: подписи под рисунками оформлены с нарушением п. 6.9.3; приведённые сокращения «ВТ», «БПФ» на рисунках 1 и 2 (с. 15) не имеют пояснения ни на рисунках, ни по тексту автореферата (нарушение п. 6.15.4). Формулировки научных результатов по тексту автореферата, практически, не повторяются, т.е. указываются частично от первоначальной формулировки без указания номера научного результата, что

ухудшает восприятие материала. Разрабатывая новые алгоритмы, оценивая их вычислительную сложность, соискатель не указывает в подразделе «Методология и методы исследования» (с. 7) используемые положения теории алгоритмов и теории сложности вычислений.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью среди научных специалистов в соответствующей области науки. Определяющие критерии включают наличие научных публикаций в данной и смежных областях, а также способность к квалифицированной оценке актуальности, теоретической значимости и практической ценности представляемой диссертации. Д.т.н., профессор Григорьев В.А. — один из ведущих специалистов в области адаптивной обработки сигналов в антенных решётках, а также в области систем и сетей телекоммуникаций, в частности, с использованием спутниковых навигационных систем, имеющий большой опыт и существенные публикации в данной области. К.т.н. Веремьев В.И. работает в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ», хорошо известен своими трудами в области радионавигационных и радиолокационных систем. Ведущая организация — Московский технический университет связи и информатики зарекомендовала себя крупными достижениями в области исследований глобальных систем спутниковой навигации. Отзыв сформирован на кафедре радиотехнических систем, подписан заведующим кафедрой, д.т.н., профессором Чировым Д.С. и утверждён проректором по научной работе, д.т.н., профессором Леохиным Ю.Л.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: решена поставленная задача разработки алгоритмов подавления помех спутниковой навигационной аппаратуры;

разработаны новые алгоритмы пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов и связанные с ними численные методы, позволившие повысить качество компенсации помех в радионавигационных системах с расширением границ применимости полученных результатов;

предложены оригинальные суждения по реализации процессов пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов и составляющих их алгоритмов;

доказана перспективность практического использования новых методов пространственной фильтрации спутниковых навигационных сигналов с опорой на выбранные показатели качества обработки;

введена схема цифровой обработки сигналов спутниковых навигационных систем с оценкой различных характеристик повышения помехоустойчивости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказано улучшение качества подавления помех спутниковой навигационной аппаратуры с использованием предложенных в диссертации методов пространственной обработки, их расширений, модификаций, а также различных дополнительных алгоритмов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследования, в т.ч. методы теории связи, теории сигналов и их цифровой обработки, численных методов и математической статистики;

изложены элементы теории обработки сигналов, характеристики качества подавления помех в спутниковых навигационных системах, идеи по повышению значений данных характеристик при пространственной обработке;

раскрыты суть и особенности процесса компенсации помех в спутниковых радионавигационных системах;

изучены особенности работы алгоритмов пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов и сопутствующих методов с выявлением границ показателей эффективной работы;

проведена модернизация существующих математических соотношений и моделей, алгоритмов обработки сигналов и связанных с ними численных методов, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: решена поставленная задача повышения помехоустойчивости глобальных спутниковых навигационных систем;

разработаны и внедрены имитационные модели помехозащищённых спутниковых навигационных систем и методы повышения помехоустойчивости спутниковых навигационных систем путём пространственной и пространственно-временной обработки сигналов, которые использованы в АО «ЭЛАРА» в рамках опытно-конструкторских работ по разработке блока электронного подавления помех навигационной аппаратуры; программы для проведения экспериментов, модели для исследования адаптивных антенн в перспективном диапазоне частот и результаты натурных экспериментов с макетным образцом адаптивной восьмиэлементной цифровой антенной решётки, которые использованы в СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Исследование и отработка современных технологий проектирования адаптивных («умных») антенн и поиска решений для систем связи будущего» (шифр «РАСТР»), регистрационные номера: 222101200013-0, 222122700045-1, 223121900011-6, 224011600282-6;

определены пределы и перспективы практического использования разработанных алгоритмов повышения помехоустойчивости;

создана модель обработки спутниковых навигационных сигналов различными алгоритмами и система оценки показателей качества их работы;

представлены методические рекомендации по повышению качества подавления помех в радионавигационных системах и предложения по дальнейшему совершенствованию предложенных методов обработки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании и лицензированном программном обеспечении с использованием широко известных систем имитационного моделирования, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, в т.ч. на результатах фундаментальных работ в области теории связи отечественных и зарубежных ученых, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея работы базируется на анализе практики, обобщении передового опыта и использовании неизвестных ранее взаимосвязей;

использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным.

Личный вклад соискателя состоит в том, что основные результаты диссертации получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации было высказано критическое замечание об отсутствии в работе оценки качества функционирования предложенных алгоритмов в терминах погрешностей решения конечной задачи точности позиционирования.

Соискатель Царик В.И. в ходе заседания **ответил** на задаваемые ему вопросы, **согласился с замечаниями** и привел собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Разработка алгоритмов пространственной обработки спутниковых навигационных сигналов в глобальных навигационных системах» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также пунктам 3, 5, 6, 8 паспорта научной специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

На заседании 2 июля 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Царику В. И. ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи разработки алгоритмов пространственной обработки сигналов, обеспечивающих повышение помехоустойчивости спутниковых радионавигационных систем и обладающих повышенной энергетической эффективностью и пониженной вычислительной сложностью.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

Гоголь Александр Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Владыко Андрей Геннадьевич

02 июля 2025 года

