

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора –
главный конструктор, доктор технических
наук, доцент



И. А. Кулешов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Царика Владимира Игоревича на тему:
«Разработка алгоритмов пространственной обработки спутниковых
навигационных сигналов в глобальных навигационных системах»,
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства
телевидения

Помехоустойчивость, следовательно, и работоспособность абонентских приемников глобальных навигационных систем в настоящее время определяется наличием или отсутствием анизотропных источников как преднамеренных, так и непреднамеренных помех в диапазоне сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). В частности, спуфинг вызывает серьезные проблемы в обеспечении безопасности движения воздушных судов. Невозможность модификации алгоритмов формирования навигационных сигналов ГНСС делает наиболее эффективным способом обеспечения помехозащиты в пространственное разнесение каналов абонентских приемников. В связи с этим диссертационное исследование Царика Владимира Игоревича, направленное повышение помехоустойчивости ГНСС за счет применения алгоритмов пространственной обработки сигналов является *актуальным*.

При обосновании актуальности исследования соискателем выявлена проблемная ситуация, между используемыми в настоящее время способами построения пространственных компенсаторов помех и недостаточным уровнем развития методов адаптации алгоритмов пространственной обработки сигналов ГНСС к помеховой обстановке.

Для разрешения данной проблемной ситуации автором сформулированы *цель исследования* – повышение помехоустойчивости ГНСС за счет применения пространственной обработки сигналов; *объект исследования* – методы и алгоритмы пространственной обработки сигналов ГНСС; *предмет исследования* – помехоустойчивость ГНСС при использовании методов и алгоритмов пространственной обработки, которые соответствуют паспорту специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Для достижения поставленной в работе цели соискателем поставлена и решена *актуальная научная задача* разработки алгоритмов пространственной обработки сигналов, обеспечивающих повышение помехоустойчивости спутниковых радионавигационных систем и обладающих повышенной энергетической эффективностью и пониженной вычислительной сложностью

В процессе исследований по разрешению научной задачи автором получены результаты, обладающие *новизной*:

1) Модифицированные алгоритмы обращения теплицевых и циркулянтных корреляционных матриц входных сигналов пространственного компенсатора помех.

2) Модифицированные алгоритмы пространственной обработки сигналов ГНСС, использующие информацию о окружающей помеховой обстановке и обладающие повышенной энергетической эффективностью.

3) Эксперименты по реализации аппаратно-программного комплекса, реализующего разработанные алгоритмы, новизна которых в возможности имитационного моделирования функционирования помехозащищенных спутниковых навигационных систем в условиях изменяющейся сигнально-помеховой обстановки, а также в возможности исследования характеристик их энергетической и спектральной эффективности.

Достоверность результатов, полученных в диссертации, обеспечивается:

- использованием основных принципов системного подхода,

- обоснованным выбором основных допущений и ограничений при постановке научной задачи и разработке ее решения,
- корректным использованием для разрешения научной задачи методов теории спутниковой радионавигации,
- использованием результатов работы в виде составных частей прикладных ИИР и ОКР, связанных с разработкой конкретных технических средств,
- успешным прохождением опытными образцами этих средств испытаний,
- непротиворечивостью полученных в работе результатов с результатами других исследований в данной предметной области.

Теоретическая значимость исследования состоит в

- модернизации численного метода аппроксимации циркулянтной корреляционной матрицы входного сигнала пространственного компенсатора помех с кольцевой антенной решеткой,
- модернизации численного алгоритма Барайсса для обращения теплицевых матриц и построении на этой основе нового алгоритма обращения эрмитовых теплицевых матриц.

Полученные научные результаты развивают теорию алгоритмов пространственной обработки сигналов в частотной области, использующих информацию о количестве и расположении источников помех.

Практическая значимость исследования состоит в том, что разработанные методы обработки сигналов ГНСС и алгоритмов определения расположения источников помех позволяют:

- обеспечить корректную работу навигационных приемников в условиях воздействия помех различной природы,
- исследовать поведение характеристики энергетической и спектральной эффективности и вычислительного быстродействия помехоустойчивых навигационных приемников,
- довести разработанные алгоритмы до уровня практической реализации.

Материалы, представленные в автореферате, позволяют сделать вывод, что применение результатов диссертации по отношению к ГНСС позволило повысить ее устойчивость в условиях наличия анизотропных источников как преднамеренных, так и непреднамеренных помех.

Практическая ценность работы подтверждается тем, что полученные в работе результаты реализованы в АО «Элара» при проведении ОКР, а также в СПб ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича в рамках НИР «Растр», что подтверждено актами внедрения

Личный вклад соискателя в получение научных результатов подтверждается его публикациями основных научных результатов, а также их неоднократными апробациями на конференциях.

В качестве *замечаний и недостатков* автореферата можно отметить:

1). Из автореферата неясно каким образом при реализации алгоритмов определения количества источников помех и относительных угловых направлений на них происходит селекция источников навигационных сигналов.

2). 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 свертки набора показателей качества в показатель эффективности. Также неясно какой из этих алгоритмов использовался при практической реализации алгоритма пространственной фильтрации сигналов ГНСС.

В то же время, выявленные замечания и недостатки не ставят под сомнение теоретическую и практическую значимость основных научных результатов, полученных в диссертации, и не снижают ее общую положительную оценку.

Вывод: диссертация Царика Владимира Игоревича является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, обладающей внутренним единством и содержащей новые научные результаты решения актуальной научной задачи, имеющей существенное значение для развития теории алгоритмов пространственной обработки сигналов в частотной области. Диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, раздела II «Положения о присуждении ученых степеней» (утв. постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842) и п. 6 «Положения о присуждении ученых степеней лицам, использующим в своих работах сведения, составляющие государственную тайну» (утв. постановлением Правительства РФ от 14.03.2015 г. № 235), а ее автор, Царик В.А., заслуживает присуждения ученой степени доктора

технических наук по специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Автореферат и отзыв на автореферат диссертации Царика В.А. обсуждены и одобрены на заседании теоретической секции Научно-технического совета ПАО «Интелтех», протокол № 11-25 от 29.05.2025 г.

Отзыв подготовили:

Главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор
 Путилин Алексей Николаевич

Ведущий инженер, кандидат технических наук 
 Гук Игорь Иосифович

Подписи Заместителя генерального директора – главного конструктора, доктора технических наук, доцента Кулешова И.А., Главного научного сотрудника, доктора технических наук, профессора Путилина А.Н., Ведущего инженера, кандидата технических наук, доцента Гука И.И. заверяю.

Начальник отдела кадрового администрирования
 Смирнова Лидия Александровна

« 29 » мая 2025 г.

