

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.404.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **16.12.2021** г. № **13**

О присуждении Пустошилову Александру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение точности обработки данных ГНСС с использованием полиномиальных и адаптивных методов» по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация принята к защите 13.10.2021 г. (протокол № 13.2) диссертационным советом 24.2.404.03, созданным на базе ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, приказ № 96/нк от 09.02.2015 г.

Соискатель Пустошилов Александр Сергеевич, «9» июля 1987 года рождения, в 2020 году соискатель окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», работает старшим преподавателем кафедры «Радиотехника» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Радиотехника» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Царев Сергей Петрович, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» кафедра «Радиотехника», профессор.

Официальные оппоненты: Болкунов Алексей Игоревич, кандидат технических наук, АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», лаборатория «Развития контрольно-регламентирующего

сегмента координатно-временного и навигационного обеспечения» Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения, начальник лаборатории; Толстиков Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», отдел «Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли», начальника отдела – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Поваляевым Александром Александровичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Радиосистемы и комплексы управления, передачи информации и информационная безопасность» и Мазепа Романом Богдановичем, кандидатом технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Радиосистемы и комплексы управления, передачи информации и информационная безопасность», указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, посвященной решению актуальной прикладной научной задачи – повышению точности обработки данных глобальных спутниковых навигационных систем, имеющей существенное значение для развития спутниковой навигации. Она удовлетворяет требованиям п. 9 и 10 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Общий объем опубликованных соискателем трудов по теме диссертации составляет 3,1 печ. листов. В публикациях отражены основные научные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах. В публикациях, включенных в список

основных по теме диссертации и подготовленных в соавторстве, вклад диссертанта оценивается не менее 60 %.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Пустошилов, А.С., Высокоточное восстановление орбит спутников ГНСС методом обучения по расширенным SP3-данным / А.С. Пустошилов и С.П. Царев // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – №12. – С. 48–52.

2. Пустошилов, А.С., Метод обнаружения малых аномалий в финальных орбитах навигационных спутников ГЛОНАСС / А.С. Пустошилов // Успехи современной радиоэлектроники. – 2019. – №12. – С. 142–147.

3. Пустошилов, А.С., Обнаружение разрывов в фазовых измерениях одночастотных навигационных приемников при различной нестабильности опорных генераторов / А.С. Пустошилов и С.П. Царев // Ural Radio Engineering Journal. – 2021. – № 5(2). – С. 144–161.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: **Гречкосеева А.К.**, д-ра техн. наук, АО «ИСС» (г. Железногорск); **Майорова Н.Н.**, д-ра техн. наук, доц. ГУАП, (г. Санкт-Петербург); **Пальчикова В.Г.**, д-ра физ.-мат. наук, ФГУП «ВНИИФТИ» (г. Солнечногорск Московской обл.); **Гайворонского Д.В.**, канд. техн. наук, доц., СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (г. Санкт-Петербург); **Владимирова В.М.**, д-ра техн. наук, проф., ФИЦ КНЦ СО РАН (г. Красноярск). Все отзывы положительные.

Во всех отзывах отмечены актуальность, научная и практическая значимость работы. Отзывы не содержат принципиальных замечаний, касающихся научной новизны, основных положений, выносимых на защиту, а также значения для теории и практики. В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие критические замечания: Не совсем ясно, почему автор называет свой подход к интерполяции и экстраполяции «свободным (адаптивным)»? В чем интерполяция «свободна» и в чем «адаптивная»?; В первом столбце табл. 2 не понятно: в каких единицах отображено СКО шума?; В формулах (2), (8), (10) не поясняются некоторые величины, а в формуле (11) неверно записано сингулярное разложение; В кратком содержании первой главы, для анализа было выбрано всего 4 аналитических центра, непонятно почему

выбраны именно эти центры и чем обусловлено такое количество анализируемых центров; В кратком содержании третьей главы в автореферате в таблице 2 для анализа задается различное значение СКО шума, вместо отношения сигнал/шум; В приводимых в автореферате формулах есть незначительные неточности, некоторые символы не обозначены; В таблице 2 не указаны единицы измерения величин; В разделе «Достоверность полученных результатов» автор отмечает, что «эффективность предложенных решений подтверждается результатами сравнения с существующими методами», а в разделе актуальность темы исследования – «Необходимость разработки новых алгоритмов поиска аномалий в SP3-данных определяется отсутствием в известной литературе таких методов». Что с чем сравнивается?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается сферой их научных интересов и широко известными результатами в области радионавигационных исследований, что подтверждается их научными публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: *предложен* модернизированный подход к поиску аномалий в таблицах высокоточных эфемерид навигационных спутников, отличающийся от прототипа возможностью обнаружения малых аномалий и определения их типа; *предложены* новые методы интерполяции и экстраполяции компонент вектора состояния навигационного спутника по таблицам эфемерид; *предложен* модифицированный алгоритм поиска скачков в одночастотных фазовых измерениях навигационного приемника; *разработаны* прикладные методики применения полиномиальных и адаптивных аппроксимаций для повышения точности и непрерывности решения задач обработки измерительной и эфемеридной информации ГНСС.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: *использован* метод вычисления полиномов высоких степеней для обнаружения аномалий в таблицах высокоточных эфемерид навигационных спутников; *изложены* идеи свободной интерполяции, которые позволяют сокращать объем используемой информации для выполнения интерполяции; *проведена*

модернизация алгоритмов оценки кусочно-постоянной функции в смеси с медленно меняющимся трендом хода фазы несущей во времени на фоне шума для расширения области применения, в частности, для применения к фазовым измерениям навигационного приемника.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты исследования **внедрены** в опытно-конструкторские работы: «Разработка технического проекта и макета беззапросной измерительной системы помехоустойчивой (БИС-НП)» и «Разработка программных компонент информационно-логического взаимодействия из состава специального программного обеспечения системы контроля и закладки признака недостоверности навигационного сигнала» выполняемые с непосредственным участием автора в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» по заказу АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева.

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать в организациях, на базе которых созданы центры мониторинга и анализа характеристик услуг ГНСС, а именно: АО «ЦНИИмаш» ИАЦ КВНО, ОАО «НПК «СПП», ФГУП «ВНИИФТРИ».

Оценка достоверности результатов исследования выявила: **показана** воспроизводимость результатов работы алгоритмов поиска аномалий, интерполяции и экстраполяции кинематических параметров движения, поиска скачков в фазовых измерениях в различных условиях; **теория** построена на известных научных положениях, радионавигации, хорошо согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; **идея базируется** на анализе практики радионавигации, обобщении передового опыта в моделировании и решении задач оценивания; **установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с продуктами независимых международных служб обработки данных ГНСС.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии автора во всех этапах выполнения исследовательской работы, постановке научно-исследовательских задач и их решении, разработке и программной реализации

алгоритмов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, разработке моделей для опробования положений диссертационного исследования, подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Как влияют настроечные параметры линейного фильтра на эффективность обнаружения скачков?

2. Учитывался ли шум многолучевости при поиске скачков в разности кодовых и фазовых измерений?

3. Откуда появляются аномалии типа выброс и скачек в орбитах навигационных спутников?

4. Уточните математический аппарат, который использовался в диссертационном исследовании? Поясните термины аппроксимация и экстраполяция?

5. Почему вы не рассматриваете усреднение орбит по нескольким аналитическим центрам?

6. В первой главе диссертационной работы при рассмотрении полиномиальных методов аппроксимации орбит навигационных спутников для выявления аномалий, автор к аномалиям в финальных орбитах относит такие эффекты как вхождения спутника в тень и маневры (для спутников GPS), что является естественным поведением навигационного спутника;

7. Не понятно, по какой причине автор рассматривает в качестве рабочего средства координатных измерений недорогие одночастотные фазовые приемники навигационных сигналов. Инструментальные погрешности, которых таких приемников во много раз больше, чем выявленные после интерполяционной обработки аномалии.

8. Применение полиномиальных процедур интерполяции наталкивается на трудности, связанные плохой обусловленностью систем алгебраических уравнений, подлежащих решению относительно коэффициентов аппроксимирующих полиномов. Из диссертации не видно, с какими характеристиками степени обусловленности указанных систем столкнулся автор.

Соискатель Пустошилов Александр Сергеевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, частично согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

На заседании 16 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение за разработку новых научно обоснованных технических решений по повышению точности обработки измерительной и эфемеридной информации ГНСС, имеющих существенное значение для развития страны, присудить Пустошилову А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета 24.2.404.03

Ученый секретарь
диссертационного совета

16.12.2021 г.



Кацкин Валентин Борисович

Дмитриев Дмитрий Дмитриевич