

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 24.2.306.01 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Иркутский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета
от «24» декабря 2024 г. №6

О присуждении Данильчук Екатерине Игоревне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Метод индикации ионосферных неоднородностей по спектру вариаций фазы трансionoсферных сигналов с высокой частотой регистрации измерений» по специальности 1.3.4 – Радиофизика, принята к защите 16 октября 2024 г., протокол № 5, диссертационным советом Д 24.2.306.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (664003, г. Иркутск, бульвар Гагарина, д. 20, приказ Рособрнадзора о создании диссертационного совета № 1634–894 от 13.07.2007 г.).

Соискатель – Данильчук Екатерина Игоревна 1995 года рождения. В 2018 г. с отличием окончила бакалавриат Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ») по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика. В 2020 г. с отличием окончила магистратуру ФГБОУ ВО «ИГУ» по направлению подготовки 03.04.03

Радиофизика и в 2024 г. – аспирантуру ФГБОУ ВО «ИГУ» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (направленность Радиофизика). Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2024 г.

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель Данильчук Е.И. работает на физическом факультете ФГБОУ ВО «ИГУ» в должности учебного мастера и по совместительству преподавателя кафедры радиофизики и радиоэлектроники физического факультета.

Диссертация выполнена на кафедре радиофизики и радиоэлектроники физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»).

Научный руководитель – Демьянов Владислав Владимирович, доктор технических наук (05.12.14 – Радиолокация и радионавигация), доцент (01.04.03 – Радиофизика), профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения», профессор кафедры радиофизики и радиоэлектроники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (внешнее совместительство).

Официальные оппоненты:

Мальцева Ольга Алексеевна, доктор физико-математических наук (44.00.22 – Геофизика), доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», ведущий научный сотрудник отдела радиофизики и космических исследований Научно-исследовательского института физики;

Когогин Денис Александрович, кандидат физико-математических наук (01.04.03 – Радиофизика), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский

(Приволжский) федеральный университет», доцент кафедры радиоэлектроники Института физики

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» в своем положительном заключении, подготовленном заведующим кафедрой «Радиотехника» Сибирского федерального университета, кандидатом технических наук (2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии) Саломатовым Юрием Петровичем и профессором кафедры «Радиотехника» Сибирского федерального университета, доктором технических наук (1.3.4 – Радиофизика) Сержантовым Алексеем Михайловичем и утвержденном проректором по учебной работе Гуц Денисом Сергеевичем, указала, что представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, научной новизны и значимости для теории и практики и удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., ред. от 18.03.2023), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Данильчук Екатерина Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Результаты научной деятельности по теме диссертации Данильчук Екатерины Игоревны опубликованы в 16 работах, 3 из которых – в рецензируемых научных изданиях, включенных в список ВАК или в международные реферативные базы данных Scopus и Web of Science (в том числе 2 статьи в международном журнале, входящем в первый квартиль Q1), 12 – в сборниках трудов конференций; получено одно свидетельство государственной регистрации программы ЭВМ. В опубликованных работах

по теме диссертации представлено описание метода индикации ионосферных неоднородностей по спектру вариаций фазы несущей трансionoсферного сигнала, приведены результаты комплексного моделирования фазы несущей навигационного сигнала и экспериментальные оценки определения границы разделения информативной части спектра и области шумов (частота девиации) по данным глобальных навигационных спутниковых систем в различных геофизических условиях. В диссертации не обнаружены недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, авторском вкладе и объеме научных изданий.

Наиболее значимые научные публикации по теме диссертации:

1. Demyanov V. Experimental Estimation of Deviation Frequency within the Spectrum of Scintillations of the Carrier Phase of GNSS Signals / V. Demyanov, **E. Danilchuk**, Y. Yasyukevich, M. Sergeeva // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13. – P. 5017. – DOI: 10.3390/rs13245017.

2. **Данильчук Е.И.** Частота девиации в спектре мерцаний фазы несущей трансionoсферных сигналов / Е.И. Данильчук, В.В. Демьянов // Известия вузов. Радиофизика. – 2021. – Т. LXIV, №8-9. – С. 635-643. – DOI: 10.52452/00213462_2021_64_08_635.

3. Demyanov V. An Increase of GNSS Data Time Rate and Analysis of the Carrier Phase Spectrum / V. Demyanov, **E. Danilchuk**, M. Sergeeva, Y. Yasyukevich // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15. – P. 792. – DOI: 10.3390/rs15030792.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Официальный оппонент Мальцева Ольга Алексеевна, доктор физико-математических наук (44.00.22 – Геофизика), доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», ведущий научный

сотрудник отдела радиофизики и космических исследований Научно-исследовательского института физики. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1. Страница 8: в методах исследования указано, что исследования, выполненные в диссертации, получены, в том числе, на основе данных китайских спутников BeiDou. Имеются ли результаты по этим спутникам? Если да, то чем отличаются от результатов для других спутников?

2. Страница 9: в положениях, выносимых на защиту, и везде по тексту отмечается, что целью работы является обнаружение и исследование мелкомасштабных (в т.ч. френелевских) ионосферных неоднородностей. Что означает такое выделение?

3. Страница 26, рисунок 1.2: что означает параметр dI ?

4. Страница 35: в формуле (2.1) вводится выражение для фазы, однако не указано, что означают индексы k и i . То же и для автореферата.

5. Страница 41: когда присутствует один прямой и один отраженный сигналы, то какая в этом случае многолучевость?

6. Страница 60, последняя строка первого абзаца: правильно ли указаны углы β_0 и β_n ?

7. Страница 62, рисунок 2.13: не понятно, что означают точки с интенсивностью, указанной в вертикальной шкале справа от графика?

8. Страницы 90-92, по поводу различной длительности измерений (30 и 60 мин): а разве за это время параметры неоднородностей не могут измениться?

9. Страница 5: пропущена ссылка [10].

10. Страница 25, таблица 1.2: частота ГЛОНАСС указана с ошибкой.

11. Страница 72, рисунок 2.18: отсутствует рисунок 2.18б.

12. Страница 86, 3-я строка сверху: отсутствует рисунок 2.26е.

13. Страница 95, рисунок 3.2: не указано, что представляют собой частоты fNq и fdg .
14. Страница 123: перепутаны обозначения $f_{рег}$ и $f_{ср}$.
15. Не обошлось без достаточного количества орфографических ошибок.
16. Замечание по оформлению автореферата сводится к тому, что нужно было сделать список публикаций автора с буквой А.

Официальный оппонент Когогин Денис Александрович, кандидат физико-математических наук (01.04.03 – Радиофизика), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», доцент кафедры радиоэлектроники Института физики. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1. При сокращении пределов интегрирования в выражении 2.33 до границ ионосферного слоя, необходимо учитывать, что есть исследования, в которых показано, что вклад в полное электронное содержание плазмосферы может варьироваться в диапазоне 30÷70% измеренного ПЭС в зависимости от времени измерения и состояния космической погоды.
2. Выводы из анализа данных приведенных в таблицах 4.2-4.4 и в целом результаты главы 4 выглядят не полными без ГНСС Beidou.
3. Часть рисунков в работе (см. рис. 2.16, 3.3, 4.2-4.4. и др.), особенно состоящих из нескольких панелей не имеют качественной подрисуночной подписи, что существенно затрудняет восприятие материала. Причем автору работы стоило всего лишь продублировать в подрисуночной подписи описание панелей из текста работы.
4. В главе 2 при описании модели фазы несущей и её компонент автор в качестве примера использует для дальнейшего описания данные двух спутников системы GPS. На взгляд оппонента лучше было

использовать по одному спутнику каждого созвездия ГНСС. Это бы позволило понять, насколько представленные результаты репрезентативны для всех ГНСС систем, а не только для GPS.

5. При описании выражения 2.23 вводится понятие фактора наклона лучевой траектории в ионосферном слое. Однако, это, по всей видимости, эмпирическое выражение, описывающее данный параметр приведено без возможности проверки его вывода или ссылки на первоисточник.

6. При описании алгоритма обработки фазовых измерений с высокой частотой регистрации, в первом пункте указана необходимость разбиения измерений фазы на интервалы длительностью 1 ч. Остается неясным, важно ли для работы алгоритма иметь длительную непрерывную запись фазовых измерений, делящихся в дальнейшем на часовые реализации, или же изначально, если поддерживает прошивка навигационного устройства можно пользоваться часовыми измерениями.

7. На стр. 70-71 сообщается, что тип навигационного приемника существенно влияет на уровень шумов измерений фазы и должен как можно точнее учитываться в полной модели фазы. Однако из текста непонятно как убедиться в этом влиянии. Предполагаю, что по данным, представленным на рис. 2.4 демонстрирующим зависимость СКО фазовых шумов от угла возвышения спутника для различных производителей навигационного оборудования?

8. Автор нигде в тексте работы не отмечает какое влияние на фазовые шумы или другие параметры может оказывать используемый тип и класс приемной ГНСС антенны?

9. В работе не приведены оценки скорости работы алгоритма и параметры необходимых для его работы вычислительных ресурсов. Однако учитывая тот факт, что автором получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, думаю такие оценки имеются.

10. При описании отличительных особенностей ГНСС на стр. 24 стоило добавить, что для системы ГЛОНАСС таковым является множественный доступ с частотным разделением (FDMA) для большинства действующих спутников.

11. Автором нигде не отмечено, использовались ли результаты, представленные в диссертационной работе при выполнении каких-либо научных проектов.

12. Следует отметить некоторую неаккуратность автора в обращении с используемыми терминами. При описании выражения 2.32 и далее, а также в списке сокращений и условных обозначений, используются не общепринятые определения критической частоты f_oF2 и высоты максимума электронной концентрации в $F2$ слое ионосферы h_mF2 .

13. Несмотря на то, что диссертация написана профессиональным, грамотным языком, в тексте работы встречаются неточности и опечатки.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1. Обращает на себя внимание произвольное (т.е. не отвечающее сложившейся многолетней практике) использование терминологии. В частности, термин «девиация частоты» понимается в научном и практическом мирах как мера перестройки частоты в процессе угловой модуляции. Автор использует этот термин (с. 8, 88 и далее) для определения границы разделения информационной и шумовой части вариаций фазы несущего сигнала.

2. Использован термин «увеличение частоты регистрации» (с. 8). В информатике, радиотехнике и радиофизике этот параметр называют «частота выборок сигнала». К тому же увеличение частоты выборок с целью

повышения точности измерения является обычным приемом, поэтому высокую частоту (темп) выборок трудно отнести к новизне.

3. В диссертации ключевым моментом является применение сигналов ГНСС, что, в целом, не оригинально. Исследованиями в этой области занимаются многие специалисты, как в РФ, так и за рубежом. Было бы интересно и продуктивно провести подобные исследования в каналах спутниковой связи с выработкой соответствующих рекомендаций пользователям. Тем более что автор в разделе 1.2 упоминает об этом.

Отзывы на автореферат:

1. Мандрикова Оксана Викторовна, доктор технических наук (специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор, главный научный сотрудник лаборатории системного анализа Федерального государственного бюджетного учреждения наука Институт космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- В представленном аналитическом обзоре описаны недостатки существующих методов исследования ионосферы и указаны подходы, используемые в диссертации и направленные на их устранение. В частности, анализ данных в работе выполнялся с использованием фильтра Баттерворта и полиномиальной аппроксимации, также применялось быстрое преобразование Фурье. Но не рассмотрены некоторые современные методы цифровой обработки сигналов, нацеленные на решение задач фильтрации данных.
- На стр. 9 приведен алгоритм предварительной подготовки измерений фазы несущей сигналов навигационных спутников с заданной частотой регистрации. Третьим шагом алгоритма является исключение аномальных измерений, соответствующих выбросам и

срывам сопровождения фазы. Но как реализуется данная нетривиальная операция, пояснения отсутствуют.

- В автореферате подробно описаны аналитические расчеты, реализующие разработанный метод индикации ионосферных неоднородностей. Но численной реализации не уделено должного внимания. Также не приведены результаты апробации предложенного метода по измерениям реальных и модельных данных.

2. Разиньков Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук (специальность 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии), доцент, профессор кафедры электрооборудования и оптико-электронных систем Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»; Дмитриев Владимир Михайлович, кандидат технических наук (специальность 20.02.12 – Системный анализ, моделирование боевых действий и систем военного назначения, компьютерные технологии в военном деле), доцент кафедры электрооборудования и оптико-электронных систем Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»; Коханов Роман Павлович, кандидат технических наук (специальность 05.12.04 – Радиотехника, в т.ч. системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения), доцент, доцент кафедры электрооборудования и оптико-электронных систем Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- В автореферате в явном виде не сформулирована решаемая автором научная задача, отсутствует однозначная взаимосвязь между формулировками частных задач, результатов исследования и

авторскими оценками их научной новизны. При обосновании актуальности темы диссертационного исследования не представлены количественные оценки несоответствия показателей эффективности индикации неоднородностей ионосферы, достижимых с применением известных методов, предъявляемым требованиям. При констатации факта достижения цели исследования не указана мера соответствия полученных характеристик индикации требованиям к анализу состояний ионосферы.

- Авторские оценки научной новизны результатов необходимо уточнить, дополнив описанием методических приемов, предложенных автором и определяющих качественное отличие выполненных исследований от ранее известных.
- Вследствие вариативности структуры и параметров ионосферы в различные периоды времени постановка задачи индикации ионосферных неоднородностей предполагает формирование и проверку альтернативных статистических гипотез об их динамических состояниях с определением показателей результативности принятия правильных и ошибочных классификационных решений. Однако в диссертации статистическое моделирование дестабилизирующих факторов не выполнено, что ограничивает общность рассуждений и выводов. Тем не менее, указанные недостатки существенно не снижают качества выполненной работы и не ставят под сомнение ее положительную оценку.

3. Туринцев Сергей Владимирович, кандидат технических наук (специальность 20.02.14 – Вооружение и военная техника, комплексы и системы военного назначения), доцент, ведущий инженер Восточно-Сибирского филиала Федерального государственного унитарного

предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- В формуле №1 автореферата не раскрыто значения индекса i .
- В формуле №3 автореферата опечатка в раскрытии содержания радиус-вектора от приемника до спутника

4. Кирюшкин Владислав Викторович, кандидат технических наук (специальность 20.02.14 – Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения), доцент, начальник отдела перспективных технологий и разработок Акционерного общества научно-внедренческого предприятия «ПРОТЕК». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Из автореферата не ясно насколько в предложенном методе индикации автоматизирована процедура выделения характерной точки на спектре вариаций фазы несущей трансионосферного сигнала, в которой спектральный наклон изменяется от отрицательного наклона до нулевого? С учетом зашумленности спектра ошибка в определении может достигать нескольких герц, что может внести значительные погрешности при построении распределения значений частоты девиации.
- При анализе экспериментальных результатов распределения частоты девиации в зависимости от геомагнитных условий наблюдений автор, в основном, ориентируется на максимальное значение частоты девиации, которое увеличивается на несколько герц в геомагнитно возмущенных условиях. При этом вероятность наблюдения максимальных значений частоты девиации крайне мала, в то время как наиболее вероятные значения частоты девиации остаются неизменными как в спокойных, так и в возмущенных условиях

(рисунок 3 автореферата). Из автореферата не ясно проводилась ли какая-либо оценка доверительной вероятности принятия правильного решения о наличии в измерениях признака мелкомасштабных ионосферных неоднородностей, характерных для возмущенных условий?

- Автором при анализе экспериментальных результатов распределения частоты девиации установлена различная реакция различных сигнальных компонент системы CPS на геомагнитные возмущения при общем увеличении максимального значения частоты девиации. При этом автор не приводит никаких интерпретаций полученных результатов. Является ли эти различия в реакции разных компонент проявлением некоторой частотной зависимости (L1, L2, L5), другого фактора или это случайный результат, полученный при анализе только этого события (геомагнитной бури)? Есть ли подтверждение этих результатов при анализе измерений во время других событий?
- Целью представленной работы, в том числе, является повышение разрешающей способности методов дистанционного мониторинга ионосферы, основанных на обработке и анализе сигналов навигационных спутников с высокой частотой регистрации измерений. Из автореферата диссертации неясно, что автор вкладывает в понятие «разрешающей способности» и за счет чего предполагается обеспечить его повышение?

5. Носиков Игорь Анатольевич, кандидат физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика), научный сотрудник Калининградского филиала Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова. Отзыв положительный, содержит следующее замечание:

- Тем не менее, в тексте автореферата не освещен вопрос возможностей и перспектив развития предложенной модели для определения пространственных и скоростных параметров неоднородностей ионосферы.

6. Межетов Муслим Амирович, кандидат физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика), декан факультета Авиационных систем и комплексов АСК Иркутского филиала Московского государственного технического университета гражданской авиации. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Не рассмотрен вопрос влияния разрядности АЦП на уровень шумов измерений фазы несущей.
- В модели шумов измерений фазы не учтено возможное влияние шумов многолучевости и действие внешних электромагнитных помех в диапазоне ГНСС.
- При моделировании не учитывается эффект джиттера фазы, вызванный нестабильностью опорного генератора приемника ГНСС.

7. Падохин Артем Михайлович, кандидат физико-математических наук (специальность 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы), доцент кафедры физики атмосферы Физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

- Исходя из представленного в автореферате описания частоты девиации как характерной точки излома спектра вариаций фазы несущей и принимая во внимание высокий уровень шума в приведенных в работе спектрах фазы несущей не понятно, с какой

точностью реально можно определить и определялась частота девиации в работе, какой алгоритм при этом использовался.

- В представленной в работе модели фазы несущей все неоднородности задаются на высоте максимума слоя F2. При этом, например, в последних работах В. Белаховского показано, что в авроральной области в периоды геомагнитных возмущений область генерации мелкомасштабных неоднородностей, вызывающих интенсивные ионосферные мерцания, может находиться в E слое. Кроме этого до трети вклада в наблюдаемые с помощью GNSS значения TEC может приходиться на плазмасферу. Также в модели не учтен тропосферный вклад в вариации фазы. В связи с этим, возникает вопрос, насколько обосновано вычисление интеграла (7) автореферата только в пределах ионосферного слоя.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в области радиофизики, распространения радиоволн, геофизики и спутниковой радионавигации. Официальный оппонент доктор физико-математических наук Мальцева Ольга Алексеевна – ведущий специалист в области физики ионосферы и магнитосферы, моделирования распространения радиоволн в магнитосфере Земли; имеет большое количество публикаций в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах. Официальный оппонент кандидат физико-математических наук Когогин Денис Александрович – высококвалифицированный специалист в области физики верхней атмосферы Земли, ионосферы Земли, мониторинга верхней атмосферы Земли по данным измерений по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем и низкоорбитальных спутников; имеет большое количество научных публикаций в рецензируемых высокорейтинговых научных изданиях. Ведущая организация – Федеральное

государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» – научное учреждение, широко известное своими комплексными исследованиями в области радиофизики, радиотехники и радионавигации, которые непосредственно связаны с темой диссертации. Кандидат технических наук Саломатов Юрий Петрович и доктор технических наук Сержантов Алексей Михайлович – высококвалифицированные ученые в области радиотехники, радиофизики, обработки сигналов систем радионавигации и радиосвязи, имеющие большое количество публикаций в высокорейтинговых журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **предложен** метод индикации ионосферных неоднородностей на границе уровня шумов измерений на основе анализа спектра вариаций фазы несущей сигналов навигационных спутников с высокой частотой регистрации; **показано**, что граница между наклонной частью спектра вариаций фазы трансionoсферного сигнала и его шумовой частью – частота девиации – смещается в сторону более высоких частот, вплоть до частоты Найквиста, в условиях геомагнитных возмущений. Это говорит о возможности использовать частоту девиации, как индикатор присутствия в ионосфере слабых неоднородностей на границе уровня шумов; **применена** для подтверждения и интерпретации экспериментальных результатов многокомпонентная модель фазы несущей трансionoсферного сигнала, которая позволяет выполнять отдельный анализ эффектов вариаций фазы, возникающих из-за влияния ионосферных неоднородностей на границе уровня шумов измерений в навигационном приемнике, а также для предварительной настройки параметров процедур фильтрации измерений и удаления трендов измерений фазы на выходе навигационного приемника и для анализа спектров вариаций фазы несущей сигнала навигационного спутника; **подтверждено**, что измерения параметров навигационного сигнала с более высокой частотой регистрации

позволяют более детально исследовать ионосферные неоднородности. Увеличение частоты регистрации параметров сигнала навигационного спутника существенно расширяет диапазон изменения частоты девиации. Для измерений фазы несущей с частотой регистрации 50 Гц значения частоты девиации находятся в пределах 15-24 Гц, а для измерений с частотой регистрации 100 Гц – в пределах 18-47 Гц.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что предложен новый метод индикации ионосферных неоднородностей на границе уровня шумов измерений. Подобные неоднородности не всегда могут быть обнаружены традиционными методами и средствами ионосферного мониторинга. Данный теоретически значимый результат, основанный на использовании современных возможностей глобальных навигационных спутниковых систем, как средства ионосферного мониторинга, открывает дополнительные возможности для повышения чувствительности и разрешающей способности методов и средств обнаружения опасных природных явлений (землетрясения, цунами) или несанкционированных мощных техногенных событий (взрывов, запусков ракет и пр.) по их ионосферному отклику.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что разработанный метод индикации ионосферных неоднородностей на границе уровня шумов может быть использован для повышения чувствительности и разрешающей способности систем мониторинга опасных природных явлений (землетрясений, цунами и т.д.) и мощных искусственных воздействий (запусков ракет, промышленных взрывов и т.д.), работающих на основе анализа ионосферного отклика на указанные события. Кроме того, многокомпонентная модель фазы несущей трансionoсферного сигнала может стать важным инструментом для обучения алгоритмов искусственного интеллекта с целью эффективного

детектирования априорно заданных типов ионосферных откликов на определенные типы мощных естественных и техногенных воздействий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что все основные, полученные в диссертационном исследовании, результаты являются достоверными. Достоверность полученных основных результатов подтверждается использованием обоснованно выбранных методов теоретической радиофизики, хорошим согласованием между результатами моделирования и статистически значимым объемом экспериментальных данных. Полученные теоретические и экспериментальные результаты не противоречат известным положениям теории, результатам работ других авторов в аналогичных областях исследований.

Личный вклад соискателя. Основные результаты работы получены либо самим автором, либо при его личном значимом участии. Автор разработала многокомпонентную модель фазы несущей трансionoсферных сигналов и провел ее тестирование. Автор непосредственно выполнила обработку большого объема экспериментальных оценок, подтверждающих работоспособность предложенного метода. Анализ и интерпретация полученных результатов осуществлялись автором совместно с научным руководителем. У автора нет конфликта интересов с соавторами публикаций и другими коллегами, принимавшими участие в исследованиях, отраженных в диссертации.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Данильчук Екатерины Игоревны является законченным научным исследованием, выполненным по актуальной тематике, результаты которого имеют высокую научную и практическую значимость. Работа соответствует специальности 1.3.4 – Радиофизика и п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., редакция от 18.03.2023, а также

отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 24 декабря 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Данильчук Екатерине Игоревне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов по специальности 1.3.4 – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в совет, проголосовали: за – 14, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета Д 24.2.306.01,
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Буднев Николай Михайлович

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 24.2.306.01 доктор физико-
математических наук, доцент

Растёгин Алексей Эдуардович

24 декабря 2024 г.

