«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор –

проректор по научной деятельности

КФУ, профессор

_____ /Д. А. Таюрский/

М.П.

«10» ____05____ 2023г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
на диссертацию Ясюкевича Юрия Владимировича
«Развитие диагностических возможностей приемников сигналов глобальных навигационных спутниковых систем для мониторинга состояния ионосферы и коррекции ионосферной ошибки в радиотехнических системах»,
представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика

Актуальность темы диссертации определяется тем, что среда распространения сигнала значительно ограничивает качество работы систем связи, навигации и радиолокации. В последние годы в связи с развитием технологий, требования на учет этого влияния значительно возросли. В этой связи в мире активно ведутся работы в направлении создания новых методов диагностики ионосферы и атмосферы, в том числе с привлечением глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Представленная диссертация находится в русле современных мировых исследований.

Сравнение с современным состоянием показывает, что полученные в диссертации результаты новые и демонстрируют значительный прогресс в части получения физически корректных оценок полного электронного содержания (ПЭС). Новизной характеризуются предложенный в диссертации метод оценки ПЭС, полученные на его основе результаты экспериментальных наблюдений, созданная система мониторинга ионосферы Земли, методические обобщения использования ГНСС для задач мониторинга и предложения по коррекции ионосферной ошибки в радиотехнических системах. На основании получаемых измерений был предложен новый метод оперативного прогноза ПЭС. При анализе устойчивости измерений, в диссертации был выявлен тренд повышения устойчивости работоспособности модернизируемой системы GPS в негативных условиях.

Работа включает 300 страниц, в том числе Введение, Заключение, 5 глав, 83 рисунка, 9 таблиц и 331 источник литературы. Обзор, представленный в

диссертации, достаточно полно показывает текущее состояние области исследований в России и мире.

Положения, выносимые на защиту, в полной мере обоснованы и соответствуют изложенным в диссертации результатам. Методы, используемые для исходных измерений и решения задачи выбраны и используются корректно, в том числе отдельные части метода, предложенного в диссертации. В диссертации убедительно показаны перспективы использования методов машинного обучения для оперативного прогноза ПЭС. Созданная система в полной мере описана, а представленный в диссертации объем регулярных измерений указывает на возможность применения в различных регионах. Экспериментальные результаты, касающиеся возможностей использования ПЭС для коррекции ионосферной ошибки не противоречат общему представлению о воздействии ионосферы. Полученные результаты по стабильности измерений находятся в соответствии с более ранними исследованиями, а выявленные тренды адекватны общему развитию науки и техники. В целом результаты, представленные в диссертации, самосогласованны и не противоречат известным фактам. Все это указывает на достоверность выводов и результатов.

В работе можно отметить следующие недостатки:

1) Обзор недостаточно структурирован в части причин возникновения неопределённости в оценки ДКЗ (дифференциальных кодовых задержек) и их дрейфов (аппаратные недочеты, природные обстановка около приемной антенны или особенности распространения УКВ-волн); также недостаточно раскрыт вопрос измерения распространения тестового сигнала по каждому частотному каналу на метрологической аппаратуре.
2) По всей работе используется сленговое выражение «плотность сбоев ПЭС», по всей видимости, это сокращенная форма от «плотность вероятности сбоев ПЭС».
3) Область искусственного интеллекта является одной из самых быстроразвивающихся на данный момент, тем не менее, в работе не упомянуты статьи, вышедшие позднее 2014 года, в которых изложены самые продвинутые методы машинного и глубокого обучений. Задачи предсказания данных на данный момент решаются как с помощью машинных методов обучения, рассмотренных автором, так и с помощью рекуррентных нейронных сетей, например, Long short-term memory (LSTM). Точности работы этих методов зачастую показывают схожий результат, тем не менее, LSTM позволили бы подавать на вход временной ряд параметров различной длины, что стало бы плюсом при использовании единичных приемных станций для оперативного прогноза. Также полезно было упомянуть работу [Cesaroni C, Spogli L, Aragon-Angel A, Fiocca M, Dear V, et al. 2020. Neural network based model for global Total Electron Content forecasting. J. Space Weather Space Clim. 10, 11,

https://doi.org/10.1051/swsc/2020013.], так как в работе описывается схожий инструмент предсказания абсолютных значений ПЭС на основе данных GIM.

4) Как указано в работе, что из-за недостаточной точности метода указано на невозможность учета слоев E, Es и D. Стоило бы указать ещё и слой F1, немало важный для летней среднеширотной ионосферы.
5) На стр. 99 не понятно описана причина использования методики автора работы в Мексике для определения ПЭС: «что в сети, используемой для расчета GIM, практически отсутствуют приемники ГНСС в Мексике. В то же время, там существует сеть станций, которая позволяет проводить ГНСС-мониторинг.» Как связаны словесные конструкции «отсутствуют приемники ГНСС» и «существует сеть станций»?
6) Недостаточно точно указана трактовка эффекта супер-фонтана, данная в работе Tsurutani et al., 2004. Там эффект определяется по максимальному продвижению полюсной границы экваториальной аномалии в направлении полюса (до ~50°N/S), а не в значениях ПЭС в гребнях (как указано на стр. 188).
7) В разделе 4.5 при описании вспышки радиоизлучения X3.8 (стр. 196-198) используется сленговые выражения «профиль», которые, видимо, являются сокращениями от «временной профиль» (временная динамика), но это нигде не указано.
8) На рисунках 5.10 и 5.13 месяц июнь ошибочно обозначен цифрой как 07.
9) На стр. 224 упоминается минимум Dst, графиков которого нет нигде, а на всех рисунках представлен только индекс симметричного кольцевого тока (SYM-H).
10) При разборе эволюции аппаратуры нигде не указан порядок появления GPS блоков, хотя они перечислены в Таблице 5.2 (стр. 234). Никак не объяснена причина появления в работе частоты L5.

Указанные недостатки не снижают общего положительного впечатления от работы и не затрагивают основных результатов и положений, выносимых на защиту.

Работа написана грамотно, хорошо иллюстрирована. Текст автореферата соответствует тексту диссертации, отражает все ключевые результаты и включает информацию об опубликованных работах.

Полученные результаты в полной мере опубликованы в 27 статьях, включенных в список ВАК или приравненных им, и использовались при написании 2 монографий, 1 главы в коллективной монографии; имеются 2 свидетельства о государственной регистрации программы ЭВМ.

Диссертация представляет собой законченное исследование, посвященное решению крупной научной проблемы в области радиофизики. Результаты являются значимыми в части решения прикладных задач обеспечения ионосферной информацией средств навигации, радиолокации и

связи, а также фундаментальных задач изучения динамики ионосферы и процессов ее взаимодействия с другими геосферами. Полученные результаты могут использоваться для создания единой системы мониторинга ионосферы Земли на территории Российской Федерации. Результаты в части стабильности измерений параметров ГНСС-сигналов могут быть использованы в том числе для повышения качества работы отечественной системы ГЛОНАСС.

Диссертационное исследование направлено на разработку научных основ дистанционной диагностики ионосферы Земли и полностью соответствует Паспорту научной специальности 1.3.4 по физ.-мат. наукам.

В целом можно отметить, что диссертационная работа Ясюкевича Юрия Владимировича «Развитие диагностических возможностей приемников сигналов глобальных навигационных спутниковых систем для мониторинга состояния ионосферы и коррекции ионосферной ошибки в радиотехнических системах» в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии с пунктами 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присвоения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

Отзыв Ведущей организации рассмотрен и одобрен на объединенном заседании кафедры Радиофизики и кафедры Радиоастрономии «04» мая 2023 г. (Протокол №4 от «4» мая 2023г.).

Отзыв подготовил Шерстюков Олег Николаевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Кафедра радиофизики, заведующий кафедрой.
Адрес: 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 16а, Учебное здание №12.
Телефон: +7-843-292-81-92.
E-mail: Oleg.Sherstyukov@kpfu.ru.

д.ф.-м.н. Шерстюков Олег Николаевич
«4» мая 2023 г.

Подпись О.Н. Шерстюкова заверяю

Сведения об организации:
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Адрес: 420008, Казань, Кремлевская ул., д. 18, корпус 1.
Телефон: +7-843-233-71-09.
E-mail: public.mail@kpfu.ru.

УПРАВЛЕНИЕ КАДРОВ
ВЕДУЩИЙ ДОКУМЕНТОВЕД Е.Х. Шакирова