

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Подлесного Алексея Витальевича на тему «Развитие диагностических возможностей ионозондов с использованием непрерывных ЛЧМ-сигналов» по специальности 01.04.03 – радиофизика, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Актуальность темы.

Первые сведения о наличии ионосферы и ее свойствах были получены с помощью отраженных радиоволн. До настоящего времени, несмотря на появление множества других методов, большая часть информации о ионосфере поступает из данных вертикального зондирования (ВЗ). За время своего существования станции ВЗ существенно изменились: теперь это радары с цифровой обработкой, измеряющие частотные зависимости не только запаздывания сигнала, но и углов прихода и доплеровского смещения. Помимо импульсной модуляции сейчас используется линейная частотная модуляция (ЛЧМ), что существенно увеличивает разрешающую способность ионосферного зондирования. Поэтому разработка малошумящих ионозондов на основе современных цифровых приемопередатчиков и исследование их возможностей в мониторинге ионосферной плазмы являются **актуальными** не только с точки зрения развития наших представлений об ионосфере, но и для повышения надежности средств связи, навигации и других радиотехнических систем, использующих ионосферное распространение радиоволн.

Новизна исследования и полученных результатов

Новизна исследования определяется тем, что в работе **впервые** реализован метод определения передаточной функции ионосферного радиоканала с использованием ЛЧМ ионозонда. Это позволило **впервые** организовать сеть ежеминутного мониторинга среднеширотной ионосферы в Азиатской части России и изучить особенности проявлений перемещающихся ионосферных возмущений на ионограммах слабонаклонного зондирования. Это в свою очередь открывает **новые** возможности в исследованиях откликов среднеширотной ионосферы над Азиатской частью России на экстремальные события на Солнце, в атмосфере и литосфере Земли.

Достоверность и обоснованность результатов и положений диссертационной работы обеспечивается

- использованием современных методов и средств анализа и обработки радиосигналов;
- репрезентативным объемом проведенных измерений;

- качественным и количественным согласием с результатами теоретических и экспериментальных исследований, выполненных другими авторами.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений и списка литературы; изложена на 103 страницах текста и включает 41 рисунок, 6 таблиц. Список цитируемой литературы представлен на 13 страницах и содержит 103 ссылки.

Во **Введении** обоснована актуальность работы; сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В **Главе 1** описывается мировая сеть ЛЧМ – зондирования, ее история и состояние сети ИСЗФ СО РАН на начало исследований. Кроме того в этой главе описываются возможности технологий программно - определяемых радиосистем, используемых автором при разработке ЛЧМ ионозонда. Приводится сравнение результатов измерений критических частот с помощью разработанного автором ЛЧМ ионозонда и импульсного ионозонда DPS-4. Отмечается возможность измерения критических частот слоя E на ЛЧМ ионозонде в условиях сильного поглощения, когда энергетический потенциал DPS-4 не позволяет этого делать.

Основной характеристикой любой линейной системы является передаточная функция. Так как передаточная функция ионосферы определяется как отклик ионосферы на монохроматический сигнал, то измерение ее импульсным узкополосным ионозондом не представляет серьезных трудностей. Однако при зондировании ионосферы широкополосным ЛЧМ сигналом измерение передаточной функции становится непростой задачей. В **Главе 2** рассмотрена реализация предложенного ранее метода определения передаточной функции ионосферного радиоканала с помощью ЛЧМ ионозонда. Синтезированный корректирующий фильтр позволяет из результатов измерений ЛЧМ ионозонда получить передаточную функцию ионосферного радиоканала. Отмечается, что этот корректирующий фильтр сжимает сосредоточенные помехи, что помогает их устранению. Приводится пример восстановления передаточной функции и построения с ее помощью ВЗ ионограммы.

В **Главе 3** представлены результаты использования разработанного ЛЧМ ионозонда на трассах вертикального и наклонного зондирования. Увеличение скорости сканирования по частоте позволило производить измерения с одноминутным интервалом, что дает возможность исследовать динамику ионосферы, связанную с движением перемещающихся

ионосферных возмущений (ПИВ) и произвести их классификацию. Также исследовалась динамика ионограмм в возмущенных условиях и показана связь искажений ионограмм F слоя с землетрясениями и солнечными вспышками. Эти исследования показали возможность использования разработанной сети ЛЧМ ионозондов в мониторинге ионосферных возмущений в Азиатской части России.

В **Заключении** изложены основные результаты, полученные в ходе исследований.

Несмотря на все сильные стороны диссертационной работы, имеется ряд замечаний:

- 1) На фоне подробного описания технологических деталей в Главе 1 изложение экспериментальных исследований в Главе 3 и в конце Главы 2 выглядит излишне кратким. В частности, это изложение ограничено морфологией особенностей ионограмм без физической интерпретации и моделирования.
- 2) Нет оценок изменения параметров ионозонда (например, отношения сигнал-шум) после введения корректирующего фильтра.
- 3) Я не нашел в работе описания «квазимонохроматического приближения», в котором сделаны расчеты, приведенные штриховой линией на Рис. 2.8 на стр. 66.
- 4) В Главе 3, в частности, обсуждаются эффекты перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ) на ионограммах, но отсутствует пояснение, что автор понимает под такими возмущениями.

Диссертация написана в основном четким ясным языком, но встречаются некоторые шероховатости в изложении, связанные, скорее всего, с недостаточно тщательным редактированием. Например, на стр. 18 в 4 предложении автор пишет «...в качестве гетеродинов подается сигнал от формирователей, аналогичных применяемым в передающих устройствах». В конце стр. 32 утверждается «Основные элементы цифровой части приемника сосредоточены в модуле цифрового приемника». Судя по утверждению автора на стр. 61 в начале пункта 2.3 «Время существования помехи в выходном сигнале представляет собой отношение полосы пропускания фильтра к скорости перестройки частоты гетеродина», помеха существует и с нулевой амплитудой.

Однако данные недостатки несущественны для высокой оценки работы. В работе убедительно продемонстрированы новые возможности разработанного автором ЛЧМ ионозонда при исследовании ионосферных процессов. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Считаю, что работа Подлесного Алексея Витальевича на тему «Развитие диагностических возможностей ионозондов с использованием непрерывных ЛЧМ-сигналов» полностью соответствует всем требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а диссертант заслуживает присуждения искомой степени.

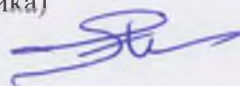
Официальный оппонент:

главный научный сотрудник НИИ ПФ

ФГБОУ ВПО ИГУ, доктор физико-математических наук

(по специальности 01.04.03 – Радиофизика)

09.10.2018



М.В. Тинин

664003, г. Иркутск, бульвар Гагарина, 20,

тел: (3952) 521268, e-mail: mtinin@api.isu.ru

Подпись М.В. Тинина заверяю.

Директор НИИПФ ФГБОУ ВПО ИГУ

профессор



Н.М. Буднев