

## Отзыв

официального оппонента Горбачева Олега Анатольевича, на диссертационную работу Мыльниковой Анны Александровны «Восстановление абсолютного значения, пространственных градиентов и временной производной полного электронного содержания по данным GPS/ГЛОНАСС», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03- «Радиофизика»

Работа Мыльниковой А.А. посвящена разработке метода восстановления абсолютного полного электронного содержания (ПЭС) на основе данных одиночных двухчастотных навигационных приемников GPS/ГЛОНАСС. **Актуальность работы** заключается в том, что для решения задач радиосвязи, радиолокации и навигации необходимы сведения о состоянии ионосферы, так как возмущения в ионосфере оказывают существенное влияние на характеристики радиосигналов. Обобщенным параметром, характеризующим состояние ионосферы, является абсолютное вертикальное полное электронное содержание (ПЭС). Информацию о ПЭС обычно получают из глобальных ионосферных карт (Global Ionospheric Maps, GIM). Однако на территории Российской Федерации расположено всего несколько станций, данные которых используются для расчета глобальных ионосферных карт, поэтому значения абсолютного ПЭС для многих регионов РФ не вполне достоверны. В тех регионах, где отсутствуют станции GIM, значения абсолютного вертикального ПЭС являются результатом интерполяции. Таким образом, для получения достоверных значений абсолютного вертикального ПЭС необходимо либо развивать сеть станций GIM, что связано с существенными финансовыми затратами, либо использовать непосредственно данные измерений с приемников спутниковых навигационных систем.

**Новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан метод, позволяющий производить расчет абсолютного вертикального ПЭС с высоким временным разрешением (до 10 мин), а также расчет дифференциальных кодовых задержек (ДКЗ), временных производных и пространственных градиентов ПЭС для станции GPS/ГЛОНАСС в области размером  $20^\circ$  по долготе и  $10^\circ$  по широте.
2. Выявлены недостатки определения абсолютного ПЭС по данным ГЛОНАСС при использовании ДКЗ, полученных из глобальных ионосферных карт.
3. Показана невозможность долговременной калибровки приемника для получения абсолютного наклонного ПЭС и обоснована необходимость регулярного обновления ДКЗ.

**Достоверность** результатов, представленных в настоящей работе, обусловлена использованием физически обоснованных методов и подходов. Результаты, полученные с помощью разработанного метода, находятся в

качественном и количественном соответствии с результатами исследований, опубликованными в работах других авторов.

Основные результаты диссертации опубликованы в 16 работах, включая 9 статей в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Работа прошла апробацию на шести международных и трех всероссийских конференциях.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав основного материала, заключения и списка цитируемой литературы, содержащего 71 ссылку. Общий объем диссертации – 98 страниц, включая 5 таблиц и 36 рисунков.

Во введении дана общая характеристика работы, показана актуальность ее темы, сформулированы цели диссертации и решаемые задачи, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, приведено краткое содержание диссертации.

В первой главе приведен обзор литературы, посвященной современным методам оценки абсолютного вертикального ПЭС и ДКЗ, а также методики построения региональных и глобальных ионосферных карт полного электронного содержания.

Во второй главе приводится анализ длительных рядов ДКЗ в каналах спутников и приемников по данным, публикуемым службой IGS. Обосновывается необходимость регулярных оценок ДКЗ.

В третьей главе приводится описание разработанной методики оценки абсолютного вертикального ПЭС, его градиентов, временной производной, а также ДКЗ. Подробно описан каждый этап обработки данных.

В четвертой главе проведено тестирование методики, описанной в третьей главе. В первой части проведено тестирование с помощью модели IRI-2012. Моделирование осуществлялось для реальной геометрии эксперимента. Во второй части приводится сравнение полученных с помощью методики  $TauAbsTEC$  значений абсолютного вертикального ПЭС, градиентов ПЭС и ДКЗ со значениями из Глобальных Ионосферных Карт лабораторий CODE и JPL. Представлены результаты коррекции наклонного ПЭС с целью получения рядов наклонного абсолютного ПЭС с использованием методики  $TauAbsTEC$ .

В заключении сформулированы основные результаты, полученные при работе над диссертацией.

Диссертация написана понятным языком, хорошо структурирована и представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решена задача, имеющая важное значение для исследования ионосферы. Тематика диссертации и основных публикаций соответствует специальности 01.04.03 - «Радиофизика».

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

При рассмотрении диссертационной работы выявлен ряд **замечаний**:

1. Оценки полного электронного содержания и пространственных градиентов выполняются на интервале 24 часа. Размер данного интервала



- в диссертации не обосновывается. Из текста работы не понятно, является ли этот интервал минимально необходимым для проведения анализа, или его величина связана с особенностями построения спутниковых навигационных систем.
2. В последние несколько лет в России проводятся работы по развертыванию сети станций GPS/ГЛОНАСС, характеризующейся более высоким временным разрешением по сравнению со стандартным. В частности, такие работы проводились и в ИСЗФ СО РАН. Условия размещения приемников и антенн собственной сети являются контролируемыми. К сожалению, в рассматриваемой работе, выполненной в ИСЗФ СО РАН, данные о собственной сети отсутствуют.
  3. Не понятна цель анализа динамики ДКЗ в навигационных приемниках JPS Legasy, проведенного автором в главе 2. Если ставилась задача оценки ДКЗ внутри некоторой группы приемников, то необходимо было провести аналогичный анализ и сравнение с другими типами приемников.
  4. В работе имеется ряд технических недочетов. Например, встречаются подписи на рисунках на английском языке:
    - рис. 1.1 – «Time, min» вместо «Время, мин»;
    - рис. 1.7 – «Day of year» вместо «День года»;
    - рис. 3.5 – «Elevation, deg» вместо «Угол места, град»;
    - рис. 4.14 и 4.15 – «GLONASS» вместо «ГЛОНАСС».

Отмеченные замечания не умаляют достоинства диссертации и не влияют на основные научные результаты автора.

Диссертация «Восстановление абсолютного значения, пространственных градиентов и временной производной полного электронного содержания по данным GPS/ГЛОНАСС» удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор: Мыльникова Анна Александровна заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03-«Радиофизика».

Официальный оппонент  
директор Иркутского филиала МГТУ ГА  
доктор технических наук,  
профессор  
Адрес: 664009, Иркутск, Советская ул., 139  
раб.тел.: 8(395 2) 544-398  
e-mail: oa.gorbachev@mstuca.aero  
специальность: 05.22.13

Навигация и управление воздушным движением

Горбачев Олег Анатольевич



Подпись работника  
заверяю: начальник ОИ  
*Горбачев О. А.*  
*М. А. Бородина*