

## ОТЗЫВ

официального оппонента Полякова Владимира Тимофеевича  
на диссертационную работу Фам Хоанг Лонг на тему:  
**«Разработка методики учета влияния ионосферы при GPS –  
измерениях на территории Вьетнама»**, по специальности 25.00.32 –  
«Геодезия»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических  
наук.

### Актуальность темы диссертации

Измерение координат объектов, находящихся на поверхности Земли и в воздушном пространстве, относится к числу основных задач геодезии и навигации. Оно совершенно необходимо при строительстве промышленных и прочих объектов, прокладке дорог, картировании местности, в хозяйственной и инженерной деятельности и во множестве других приложений.

Особое значение геодезические измерения приобретают в развивающихся странах, таких, как Вьетнам, которые только начинают идти по пути промышленного прогресса, и еще не обладают развитой высокоточной опорной государственной геодезической сетью. Поскольку геодезические работы всегда были сложным, медленным и трудным делом, крайне важно использовать современные высокотехнологичные методы.

На протяжении жизни одного поколения в геодезии произошли, по крайней мере, две радикальные технические революции. Первая связана с разработкой свето- и радиодальномеров, позволивших перейти от старинных угломерных методов измерений к дальномерным методам, что повысило и точность, и оперативность проводимых измерений. Вторая ввела в обиход геодезистов спутниковые навигационные системы, такие, как Navstar GPS и ГЛОНАСС. Они еще намного повысили скорость и удобство проведения геодезических измерений, но поставили и ряд проблем.

Если для целей навигации зачастую достаточна точность определения координат точек или объектов с ошибкой порядка единиц и даже десятков метров, то для геодезических измерений необходима значительно более высокая точность. Аппаратура, как правило, нужную точность обеспечивает за счет использования стандартов частоты, длинных кодовых последовательностей, модулирующих излучаемые со спутников сигналы, и прочих технических средств. Однако при высокоточных измерениях начинает сказываться влияние среды распространения электромагнитных



волн. Основным источником погрешности измерений псевдодальностей до спутников – атмосфера Земли, главным образом, ионосфера, вызывающая случайную и непредсказуемую задержку радиосигналов. Ионосфера представляет собой частично ионизированную, разреженную газовую среду с отличным от единицы показателем преломления, влияющим на скорость распространения электромагнитных волн. Для нее характерно различие фазовой и групповой скоростей распространения волн и сильно выраженная дисперсия.

Известен ряд методик, позволяющих учесть и скорректировать ионосферную задержку с помощью моделей и карт полной электронной концентрации (ТЕС), создаваемых с помощью развитой сети ионосферных станций, размещенных на территории страны, да и всего мира. Но во Вьетнаме такой сети нет, поэтому чрезвычайно актуален вопрос автономного учета влияния ионосферы. Он может быть решен проведением измерений на двух частотах, излучаемых со спутников GPS в диапазонах 1,2 и 1,5 ГГц. Главная цель диссертационной работы – создание методики автономного учета ионосферной задержки путем применения отдельного двухчастотного приемника и повышения этим способом эффективности относительного позиционирования системой GPS.

На основании изложенного тема диссертационной работы Фам Хоанг Лонга представляется актуальной, имеющей важное значение для практики спутниковых геодезических измерений в развивающихся странах, таких, как например Вьетнам.

### **Новизна проведенных исследований и полученных результатов**

Новизна диссертационной работы заключается в разработке, теоретическом и экспериментальном обосновании, а также создании и внедрении в практику нового метода автономного учета влияния ионосферы на основе измерений отдельным двухчастотным приемником.

При этом обоснована правомерность и достаточность применения существующих приближенных формул для расчета ТЕС.

Предложен также способ исключения влияния межчастотных отклонений в приемнике на результаты определения задержки сигнала в ионосфере.

К числу наиболее существенных результатов диссертации следует отнести:

1. Обоснование непригодности существующих моделей ТЕС для обеспечения требуемой для целей геодезии точности при спутниковых

измерениях на территории Вьетнама, находящегося в области экваториальной ионосферной аномалии.

2. Обоснование правомерности и достаточности применения существующих приближенных формул для расчета ТЕС путем сравнения их с точными формулами.

3. Разработку методики практически автономного восстановления карты ионосферы при измерениях отдельным двухчастотным приемником в условиях отсутствия сети ионосферных станций.

4. Разработку методики определения ТЕС на основе двухчастотных измерений с коррекцией многолучевой составляющей погрешности.

5. Получение экспериментальных материалов, подтверждающих эффективность предложенной методики учета влияния ионосферы.

Результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно, разумеется, на основе и с учетом международного опыта подобных работ.

#### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического анализа, линейной алгебры, математического моделирования, методов оценки погрешностей и вычислительных алгоритмов.

Достоверность полученных результатов подтверждается также приведенными результатами натуральных экспериментов, проведенных на территории Вьетнама, апробацией основных результатов на 67-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК 3 – 4 апреля 2012 г., в опубликованных работах автора.

#### **Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики**

Научная значимость результатов заключается в развитии теории спутниковых геодезических измерений. При этом автору впервые удалось создать метод практически автономного восстановления локальной карты полного электронного содержания ТЕС ионосферы при измерениях отдельным двухчастотным приемником в условиях отсутствия сети ионосферных станций.

На основе полученных автором более точных аналитических интегральных соотношений для ионосферных задержек сигнала было



доказано, что использование приближенных формул для определения значений ТЕС на основе GPS измерений вполне удовлетворяет требуемой точности в задачах исследования ионосферы и повышения точности позиционирования в геодезических работах.

Практическая значимость результатов заключается в повышении точности относительного позиционирования системой GPS путем учета влияния многолучевой составляющей погрешности измерения псевдодальностей и оценки значений ионосферной задержки сигнала. Так, при измерениях базовых линий длиной от 20 до 80 км разработанная методика коррекции ионосферной задержки позволяет сократить время записи данных до 1 часа при точности решения баз не хуже 5 см, повышая, тем самым, эффективность относительного позиционирования.

### **Замечания по диссертационной работе в целом**

1. Во введении недостаточно подчеркнута важность геодезических работ в развивающихся странах, в частности, во Вьетнаме, целесообразность использования спутниковой геодезии на основе радионавигационных систем GPS и ГЛОНАСС, также не показана значимость работы для народного хозяйства страны.

2. В постановочной части диссертации следовало бы в сжатом виде сформулировать допущения и ограничения, принятые при выполнении работы. Отсутствие этого затрудняет восприятие материала.

3. Разработанный метод учета ионосферных задержек с помощью одного двухчастотного приемника и интерполяция результатов на измерения с помощью одночастотных приемников является, по сути дела, компромиссным, и оправдан лишь при отсутствии развитой сети мониторинга ионосферы, на что следовало бы сразу указать.

4. В некоторых местах теоретической части работы отсутствует логика, так на с. 58 заголовки сформулированы неясно и грамматически неверно. На с. 72 приближенные формулы 3.2 и 3.3 даны без вывода и лишь впоследствии поясняется, откуда они получены. Раздел 3.3 слишком велик (с. 85...103) и требует, для лучшего понимания, более подробного разбиения.

5. В диссертационной работе отсутствуют фотографии созданных автором экспериментальных установок и их техническое описание. Нет карты расположения точек наблюдения и ионосферных карт ТЕС, полученных в момент экспериментальных геодезических измерений. Представленные таблицы оказались отнюдь не лучшим способом визуального отображения полученной информации. В общем, данный экспериментальный раздел представляется довольно слабым, а проведенные

измерения – слишком малочисленными и кратковременными. Оппонент надеется, что указанный недостаток будет устранен при последующей практической работе во Вьетнаме с использованием предложенных методик.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно- квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с разработкой, теоретическим и экспериментальным обоснованием и практическим внедрением методов учета ионосферных задержек сигнала при геодезических спутниковых измерениях в тропических регионах.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие практическую значимость для развития страны Вьетнам, считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.8 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор – Фам Хоанг Лонг заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук специальности 25.00.32 – «Геодезия».

Официальный оппонент  
профессор НОУ ВПО «РосНОУ»,  
к.т.н., доцент



В. Т. Поляков

