Отзыв официального оппонента
на диссертацию Йессуфу Мукадаму Жослин на тему
«Установление связи национальной системы координат Республики Бенин с международными общеземными системами координат»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 – Геодезия.

Геодезические системы координат и реализующие их геодезические сети на любой территории издавна являлись координатной основой во многих сферах хозяйственной и управленческой деятельности. По мере развития собственно геодезических технологий, возрастания требований и возможностей их использования в практической деятельности возрастали и требования к обеспечению единства и точности координатных определений одновременно на возможно большей территории. Начиная с геодезических построений на территории отдельного государства, до современных высокоточных и глобальных геодезических построений. При этом важнейшей задачей обеспечения такого единства является обеспечение преемственности в системах координат, использованных на разных этапах развития геодезического обеспечения той или иной территории.

В связи с развитием высокоточных геодезических спутниковых ГНСС - технологий, их массовым внедрением в самые разнообразные сферы хозяйственной деятельности – геодезические изыскания, проектирование, строительство (включая дорожное), точную навигацию, в том числе наземную, сельское хозяйство и многие другие сферы задача обеспечения единства систем геодезических координатных определений выходит на первый план. Соответственно актуальными становятся задачи определения связей между традиционными национальными (государственными) системами координат и международной глобальной системой координат ITRF, являющейся основой современного точного геодезического использования ГНСС. Именно такая задача по определению связи национальной геодезической системы координат государства Бенин и международными общеземными системами координат и

была в первую очередь поставлена и решена в настоящей работе, представленной к защите.

Решение подобной многоплановой задачи, выбор наиболее корректных и адекватных методов ее решения невозможен без тщательного и разнообразного анализа уже существующей в государстве геодезической основы. Именно такому анализу посвящена первая глава представленной работы. Анализу структуры и качественных характеристик в представленной работе подвергнуты четыре основных компоненты геодезической основы.

А именно:

Плановая государственная геодезическая сеть первого класса, построенная классическими методами триангуляции и полигонометрии (1950-58 гг.) и дополнительно укрепленная по результатам доплеровских наблюдений спутников Transit (1981 г.). Сеть включает 60 геодезических пунктов, равномерно распределенных по всей территории со средним расстоянием между пунктами порядка 50 километров. Сеть формирует национальную геодезическую систему координат Datum 58(81).

Государственные нивелирные сети I и II классов протяженностью около тысячи и трехсот километров соответственно, формирующими высотную основу страны.

Гравиметрическая сеть, как составной элемент для формирования единой высотной основы.

Современная сеть из четырнадцати пунктов постоянных ГНСС наблюдений (CORS).

Основной специфической особенностью имеющейся геодезической основы, заметно усложняющей решение основной поставленной задачи, было практическое отсутствие связи между ее плановой и высотных составляющих из-за отсутствия общих пунктов плановой и высотной основы.

Общий анализ всех элементов существующей геодезической основы был выполнен с достаточной, для решения основной поставленной в работе задачи, тщательностью и полнотой. Тем не менее, забегая вперед, отметим, что

в соответствии с полученными автором результатами плановая сеть показала очень высокую точность на уровне первых единиц сантиметров. Что не очень характерно для подобных классических сетей, протяженностью около 600 км по широте, и от 100 до 250 км по долготе, даже при ее поддержке по спутниковым наблюдениям Transit. Было бы интересно, по крайней мере с точки зрения истории развития геодезии, иметь дополнительную информацию о технологии соответствующих наблюдений, выполнявшихся создававшими эту сеть французскими специалистами.

Вторая глава работы посвящена решению основной поставленной задачи установления связи национальной систем координат республики Бенин с Международными системами координат с достаточно полным и квалифицированным описанием последних. Одновременно была выполнена обработка наблюдений уже упомянутой сети пунктов CORS Республики Бенин и проведена оценка системы координат, формируемой и поддерживаемой этой сетью. В том числе в ее сопоставлении с общеземной системой координат, поддерживаемой международной службой IGS (GNSS для геодинамики). Проведен многосторонний анализ точности и надежности получаемого решения. Из сравнения с данными IGS показано, что точность полученных координат пунктов CORS Бенин находятся типично на достаточно высоком уровне до 5 мм с парой относительно аномальных отклонений, не превышающих 20 мм.

При выборе методов установления искомых параметров связи учитывались два основных осложняющих решение обстоятельства. Во-первых, отсутствие непосредственной связи между плановой и высотной составляющими национальной геодезической основы. К тому же отсутствует связь с государственной нивелирной сетью и у пунктов CORS. И во-вторых, сравнительно небольшая территориальная протяженность национальной геодезической сети на локальном участке земной поверхности, что приводило к заметной математической неустойчивости решения по определению

параметров координатного преобразования в пространственной геоцентрической системе координат.

В процессе выполнения работы было рассмотрены самые разные методы координатных преобразований и три принципиально различающихся метода были апробированы. В том числе:

- Аффинные преобразования координат, представленных в проекциях.
- Семи-параметрические преобразования по Гельмерту.
- Преобразования координат с использованием дифференциальных формул Молоденского.

Аффинные преобразования показали существенные величины в остаточных расхождениях координат, зависящие от широты и достигающие 8 см при определении единого набора параметров преобразования для всей территории. В итоге для достижения приемлемой точности преобразования потребовалось разделение территории на участки в широтном направлении с определением различных наборов параметров для разных участков. С учетом того, что в последующем лучший из апробированных методов дал заметно лучшие результаты, очевидно, что выше упомянутые величины ошибок никак не связаны собственно с ошибками определения координат пунктов. Наиболее вероятно, что большие величины остаточных расхождений в координатах просто следствие различий нелинейных искажений в двух использованных проекциях, хотя и идентичных по типу, но с различными исходными параметрами. Странно, что в рецензируемой работе эта причина даже не упоминается. Тем более не оценивается «чистая» величина остаточных нелинейных искажений из-за указанных различий в проекциях.

Окончательно выбор был остановлен на методе преобразования координат с использованием дифференциальных формул Молоденского, как более адекватном свойствам уже существующей государственной геодезической основы. К тому же использование этого метода представляло возможность определения геодезических высот пунктов над референц-

эллипсоидом национальной геодезической систему координат Datum 58(81). При том, что положения пункты государственной геодезической сети изначально характеризовались только плановыми координатами.

Решение задачи определения параметров координатного преобразования в представленной работе доведены до стадии ее программной реализации и определения их реальных значений.

В качестве замечания следует сказать, что на странице 94 диссертации есть указание об использовании ограничений на величины получаемых оценок параметров преобразования для получения математически устойчивого и надежного решения. Но ни где не сказано, с какими именно ограничениями выполнялись решения.

Определение параметров координатного преобразования выполнялось по положениям 14-ти пунктов CORS, известным как в системе координат ITRF, так и в национальной системе Datum 58(81). К сожалению, в работе не сказано, каким конкретно способом их координаты определены в национальной системе.

Вызывают некоторое сомнение приведенные в диссертации оценки остаточных расхождений в координатах при преобразовании с полученными параметрами (Таблица 2.14). Из ее содержания следует, что не только точность координат пунктов CORS в системе ITRF, полученных по длительным ГНСС наблюдениям находится на субсантиметровом уровне, что вполне понятно и в работе подтверждено. Но и точность их координат в национальной системе, сформированной по существу на основе использования традиционных методов в случайной компоненте по величинам СКО не выходит за сантиметровый уровень, что не совсем объяснимо и типично для геодезических сетей такой протяженности, построенной классическими геодезическими методами триангуляции и полигонометрии даже с привлечением наблюдений спутников Transit.

Третья глава посвящена вопросам совершенствования высотной основы страны. А именно, формированию региональной модели геоида на основе совокупности данных спутниковых наблюдений на пунктах нивелирной и гравиметрических сетей. Обоснован выбор метода сплайн-аппроксимации функции двух переменных с использованием сплайнов с дифференциальным функционалом качества, минимизирующего интеграл «энергии» тонкой пластины для формирования искомой сглаженной поверхности геоида. Обеспечена программная реализация применения этого метода для решения поставленной задачи. Для нахождения коэффициентов сплайн-функции было использовано 64 опорных пункта, в том числе 38 нивелирных и 26 гравиметрических с нивелирными высотами и геодезическими высотами, определенными по спутниковым ГНСС наблюдениям. Точность и надежность построения модели была оценена с использованием контрольных пунктов и сопоставлением с данными глобальной модели EGM2008. Точность построенной модели достаточно уверенно оценивается СКО определения высоты, равной 15 см. Результаты построения модели представлены в виде, пригодном для непосредственного использования в геодезических ГНСС приемниках и при постобработке для определения ортометрических высот по спутниковым наблюдениям ГНСС.

Безусловно может быть подтверждена актуальность и практическая значимость выполненной работы.

В результате выполненной работы:

- Подготовлен разносторонний обзор существующего состояния геодезической основы страны.

- Уточнены координат и скорости смещения постоянно действующих базовых станций ГНСС наблюдений Республики Бенин в международной общеземной системе координат.

- Исследованы различные методы получения параметров преобразования координат и определены оптимально выбранные параметры системы координатного преобразования между национальной координатной

системой Datum 58(81) и глобальной общеземной системой координат ITRF2008.

- На основании проведенных исследования выбрана оптимальная методика и выполнено построение цифровой модели высот геоида на всей территории страны

По существу, использование результатов выполненной работы представляют возможность перевода государственной геодезической основы страны на новый более высокий уровень по точности и согласованности используемых систем координат и высот. Более адекватный возможностям и перспективам использования современных геодезических ГНСС технологий в самых разнообразных сферах их практического и научного применения.

Вся представленная работа выполнена на достаточно высоком профессиональном, теоретическом и математическом уровне. Все положения, результаты и выводы, за исключением сделанных выше замечаний изложены обосновано, четко и ясно.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Выполненная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата технических наук, а ее автор Йессуфу Мукадаму Жослин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технический наук по специальности 25.00.32 - Геодезия

Официальный оппонент Зубинский Владимир Иванович

Кандидат технических наук - отрасль Геодезия.

Диссертация защищена по специальности Космическая геодезия.

Ученого звания нет.

Место работы: ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных».

Адрес: Адрес: 125413, г. Москва, ул. Онежская, д. 26. Тел.: +7(495)456-91-71.

Должность: Ведущий научный сотрудник Геодезического отдела Управления геодезических исследований.

Адрес личной электронной почты: v.zubinsky@yandex.ru

Личный телефон: 8-916-2016621

Последняя опубликованная работа в соавторстве:

Басманов А.В., Горобец В.П., Забнев В.И., Зубинский В.И., Лазарев С.А., Макаренко Н.Л., Побединский Г.Г., Сермягин Р.А., Столяров И.А.

Переход топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений. К 20-летию Концепции // Геодезия и картография. 2015. Спецвыпуск. С. 12-25.

Ф.И.О. оппонента Зубинский Владимир Иванович

«28» апреля 2016 г.

Подпись Зубинского Владимира Ивановича заверяю:

Начальник отдела кадров Мордова О.В.

«28» апреля 2016 г.