

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук
Попадьева Виктора Валерьевича
на диссертацию Мурзабекова Мурата Муштафаровича на тему
«Совершенствование метода измерений уклонений отвесной линии на
основе перебазируемого зенитного телескопа»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной
среды, веществ, материалов и изделий»

В практике обработки геодезической сети с начала XX в. отклонения отвесной линии использовались для введения поправок в измеренные направления и астрономические азимуты для перехода к геодезическим азимутам, которые в свою очередь использовались для ориентировки прилегающих частей триангуляции. Сейчас отклонение отвесной линии потеряло свою исключительную важность для геодезии, поскольку векторная спутниковая сеть не нуждается в «проектировании» на эллипсоид и обработке на нём, однако при изучении локальной структуры гравитационного поля Земли отклонения отвеса — незаменимый материал, поэтому представленная работа *актуальна*. Автор справедливо отметил на с. 6, что отклонения отвесной линии могут использоваться наравне с аномалиями силы тяжести как для коррекции инерциальных навигационных систем, так и для, собственно, навигации.

Общее замечание: конкретно не указано, что с. к. о. $0,2''$ относится как к составляющей отклонения в меридиане, так и в первом вертикале, а не к отклонению отвеса в целом — углу между двумя направлениями. Но при этом и удивительно, и замечательно, что долготная составляющая определяется с той же точностью, что и широтная. Обычно долготная составляющая определялась чуть грубее: в последнем «Руководстве по астрономическим определениям» (подготовлено в 1995 году специалистами 29 НИИ и ЦНИИГАиК, но не издано) точность оптических определений с помощью астрономических универсалов доведена до $0,2''$ в широте и $0,02''$ (сек. времени) в долготе, последнее соответствует $0,3''$ (сек. дуги).

Диссертационная работа объёмом 154 страницы состоит из следующих разделов:

Введение, где изложены актуальность, цель (повышение точности, оперативности и производительности измерений с помощью астроизмерителя) и задачи, защищаемые положения, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, личный вклад автора. Указано, что в дальнейшем изложении рассматривается именно астрономо-геодезическое отклонение отвесной линии, которое связано с нормалью к эллипсоиду, а не с силовой линией нормального поля.

В **главе 1** приводится обзор состояния и перспектив создания зарубежных и российских астроизмерителей. Приведены сведения об астроизмерителях с с. к. о. не только $0,2''$, но и $0,1''$; следовательно,

разработки автора находятся на уровне мировых. При получении гравиметрических отклонений отвесной линии приходится интегрировать аномалии силы тяжести по всей Земле с учётом сжатия и учётом высот и наклонов физической поверхности. На рис. 2 продолжение отвесной линии с земной поверхности перпендикулярно к квазигеоиду, нормальной же к геоиду является силовая линия. Стоит отметить, что координаты полюса и параметры вращения Земли приводятся не только на сайте МСВЗ, но и в бюллетенях ВНИИФТРИ.

Хотя от автоматизации определения отклонения отвеса имеется большая выгода в том, что нет необходимости в специально подготовленных геодезистах, всё же хотелось бы нескольких оставить; то же касается и специально подготовленных астрономов.

В формуле (26) стоит пояснить, что координаты x , y измеряются в миллиметрах, а не в пикселях (как было ранее и далее), иначе под корнем суммируются разные размерности (f тоже в миллиметрах).

Напрашивается также вывод, что если калибровочные коэффициенты изменяются между сериями измерений, но точность определения координат астроизмерителями КНР и TZK2-D составляет те же $0,1—0,2''$, то дело не столько в коэффициентах, сколько в точности *приведения оси инструмента в вертикальное положение*, связанное напрямую с типом инклинометра (раздел 2.3), и в *рефракции* — оба этих фактора имеют тот же порядок влияния.

В главе 2 рассмотрены источники погрешностей астроизмерителей, в т. ч. влияние атмосферной рефракции, однако, в выводах её влияние припущено.

Одним из достоинств астроизмерителей является то, что наблюдения производятся в зените, где влияние вертикальной рефракции минимально. Это же является и недостатком части астроизмерителей, поскольку в зените может не оказаться ярких звёзд, и отождествление произойдёт с посторонней звездой из более чем миллиарда звёзд из каталога, вроде GAIA.

На с. 45 вместо геоида было бы уместнее упомянуть уровенную поверхность.

В главе 3 описан авторский метод измерений и обработки, где калибровочные коэффициенты определяются самостоятельно в каждой серии.

Здесь присутствует некоторая неясность в выборе осей топоцентрической системы координат: в разделе 3.1 описана система, где x — на север, y — на восток, а z — вдоль отвеса, но знаки во второй строке формул (43) и (50) соответствуют приведению к системе NWU , где x — на север, y — на запад, а z — по нормали от эллипсоида.

В главе 4 приводятся результаты испытаний предложенного метода в лабораторных и полевых условиях. Описана программно-математическая модель, измерения в пяти местах России, исследовано влияние звёздного каталога и метода связи координат звёзд на небесной сфере и в кадре изображения. Среднее квадратическое отклонение определено по внутренней сходимости и оценено в $0,2''$ для каждой компоненты, время единичного измерения составляет 6 минут.

Заключение, где сформулированы результаты и выводы диссертационной работы.

Отмеченные по тексту неточности не снижают общей положительной оценки диссертации и не уменьшают научной и практической значимости работы. Хотелось бы отметить не отмеченную в тексте диссертации оригинальную конструкцию астроизмерителя (с. 90).

Список литературы достаточен, содержит 133 наименования, присутствует одно приложение.

Диссертация Мурзабекова М.М. является научной квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, заключающейся в переработке, усовершенствовании и всестороннем исследовании методики определения астрономических координат с помощью цифрового астроизмерителя, главным образом, для получения уклона отвесной линии.

Практическая значимость результатов состоит в том, что предложенный метод повышает точность и оперативность определения астрономических координат для самых разнообразных приложений.

Основные результаты диссертации опубликованы в журналах из списка ВАК, часть докладов автора на конференциях я видел лично и обсуждал (в частности, отмечал, что самым ценным свойством в астроизмерителе является определение именно астрономических координат, а не уклона отвеса, но это мелочи). Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 05.11.13 — Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, а ее автор Мурзабеков Мурат Муштафарович достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, начальник отдела геодезии Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)

Попадьев Виктор Валерьевич

11 июня 2020 г.



«Подпись Попадьева В. В. заверяю»

М. П.