

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

X Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2014

Международная научная конференция

**ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ**

Т. 1

Сборник материалов

Новосибирск
СГГА
2014

УДК 528:528.9:622.1

С26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор,
директор НИИ стратегического развития СГГА, Новосибирск
Д. В. Лисицкий

Кандидат технических наук, директор Института геодезии и менеджмента СГГА, Новосибирск
С. В. Середович

Доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии
и дистанционного зондирования СГГА, Новосибирск
В. С. Хорошилов

Председатель Рабочей группы Международной картографической ассоциации (ICA)
«Картография для раннего предупреждения и управления кризисными ситуациями»,
вице-президент Международного общества «Цифровая Земля», президент Европейского центра
Международной академии наук Евразии, почетный член ICA с 2013 г., доктор наук,
профессор, почетный профессор СГГА, Чешская Республика
Милан Конечны

Technet-rail 2010 GmbH, Берлинский университет прикладных наук им. Бойта, Германия
Иво Милев

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии
Карагандинского государственного технического университета, Караганда
Ф. К. Низаметдинов

Кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики СГГА, Новосибирск
Е. В. Комиссарова

Кандидат технических наук, зам. директора по УР ИГиМ СГГА, Новосибирск
В. С. Писарев

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр., 8–18 апреля
2014 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика,
картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Т. 1. – Новосибирск :
СГГА, 2014. – 237 с.

ISBN 978-5-87693-707-0 (т. 1)

ISBN 978-5-87693-706-3

ISBN 978-5-87693-697-4

В сборнике опубликованы материалы X Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014», представленные на Международной конференции «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА
Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 528:528.9:622.1

ISBN 978-5-87693-707-0 (т. 1)

ISBN 978-5-87693-706-3

ISBN 978-5-87693-697-4

© ФГБОУ ВПО «СГГА», 2014

Сборник включен в систему РИНЦ.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ПОГРЕШНОСТЕЙ
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРОДОЛЬНОМ И ПОПЕРЕЧНОМ
НАПРАВЛЕНИЯХ ОТНОСИТЕЛЬНО ВИЗИРНОГО ЛУЧА API TRACKER3
ОТ РАССТОЯНИЯ**

Андрей Викторович Полянский

Институт ядерной физики СО РАН, 630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 11, старший инженер-геодезист, тел. (383)329-43-52, e-mail: Polyanski_inp@mail.ru

Денис Борисович Буренков

Институт ядерной физики СО РАН, 630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 11, инженер-геодезист, e-mail: Denis@mail.ru

Петр Павлович Мурзинцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент, тел. (383)343-27-09

Юрий Алексеевич Пупков

Институт ядерной физики СО РАН, 630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 11, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, тел. (383)329-48-08, e-mail: Yurpupkov@mail.ru

Леонид Евгеньевич Сердаков

Институт ядерной физики СО РАН, 630092, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 11, инженер-геодезист, тел. (383)329-43-52, e-mail: naufan@ngs.ru

В статье приведены результаты исследований зависимости погрешностей геодезических измерений в продольном и поперечном направлениях относительно визирного луча API Tracker3 от расстояния.

Ключевые слова: лазерный трекер API Laser Tracker 3, эллипсоиды погрешностей.

**RESEARCH OF GEODETIC MEASUREMENTS ERRORS DEPENDENCE
IN LONGITUDINAL AND CROSS-CUT DIRECTIONS RELATIVELY
TO A SIGHT BEAM API TRACKER3 ON THE DISTANCE**

Andrey V. Polyansky

Institute of Nuclear Physics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentia, 11, engineer surveyor in chief, tel. (383)329-43-52, e-mail: Polyanski_inp@mail.ru

Dennis B. Burenkov

Engineer surveyor Institute of Nuclear Physics, 630092, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentia, 11, e-mail: Mail_Denis@mail.ru

Peter P. Murzintsev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph. D., Assoc Prof, Department of Engineering Mining Survey, tel. (383)343-27-09

Yuri A. Pupkov

Institute of Nuclear Physics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentia, 11, senior researcher, Ph. D., tel. (383)329-48-08, e-mail: Yurpupkov@mail.ru

Leonid E. Serdakov

Surveyor Institute of Nuclear Physics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentia, 11, engineer, tel. (383)329-43-52, e-mail: naufan@ngs.ru

In article of research results of geodetic errors dependence measurements are given in the longitudinal and cross-cut directions relatively a sight beam of API Tracker3 on distance.

Key words: laser tracker API Laser Tracker 3, ellipsoids of errors.

При установке уникального оборудования ускорительно-накопительных комплексов ИЯФ СО РАН и дальнейшем геодезическом мониторинге при эксплуатации установок возникает необходимость в разработке новых методик и схем геодезических измерений с применением лазерных трекеров API. Для решения этих задач выполняются исследования точностных характеристик применяемых лазерных трекеров [1], [2].

Методом определения координат при измерениях лазерным трекером является полярный метод - пространственная полярная засечка. При этом измеряются горизонтальные β , вертикальные ν углы и наклонные расстояния S до отражателя.

Координаты центра отражателя:

$$X_{omp.} = S \cos(\nu) \cos(\beta); \quad (1)$$

$$Y_{omp.} = S \cos(\nu) \sin(\beta); \quad (2)$$

$$Z_{omp.} = S \sin(\nu); \quad (3)$$

Погрешности определения координат центра отражателя:

$$m_{X_{omp.}} = \sqrt{(\cos(\nu) \cos(\beta))^2 m_s^2 + (S \cos(\nu) \sin(\beta))^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 + (S \sin(\nu) \cos(\beta))^2 \left(\frac{m_\nu}{\rho}\right)^2}; \quad (4)$$

$$m_{Y_{omp.}} = \sqrt{(\cos(\nu) \sin(\beta))^2 m_s^2 + (S \cos(\nu) \cos(\beta))^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 + (S \sin(\nu) \sin(\beta))^2 \left(\frac{m_\nu}{\rho}\right)^2}; \quad (5)$$

$$m_{Z_{omp.}} = \sqrt{\sin^2(\nu) m_s^2 + (S \cos(\nu))^2 \left(\frac{m_\nu}{\rho}\right)^2}, \quad (6)$$

где m_s, m_β, m_ν соответственно, погрешности определения наклонного расстояния S , горизонтального угла β и вертикального угла ν .

При совмещении визирного луча с осью X получим:
 $m_x = m_s, m_y = Sm_\beta, m_z = Sm_\nu.$

По результатам многократных измерений была исследована зависимость погрешности измерения в продольном и поперечном направлениях относительно визирного луча API Tracker3 от расстояния на длинах до 29 метров. По методу наименьших квадратов численным решением найдены коэффициенты и получены выражения:

$$m_s = (0.0068 + 0.0025D(m))\text{мм} \quad (7)$$

$$m_y = (0.0022 + 0.0048D(m))\text{мм} \quad (8)$$

$$m_z = (0.0011 + 0.0048D(m))\text{мм} \quad (9)$$

Можно утверждать что $m_\beta \approx m_\nu \approx 5\text{мкм}/\text{м}.$

Выражения (7), (8), (9) правомерны в рассмотренном диапазоне длин визирного луча API Tracker3.

Проведенные исследования показали, что для расстояний от 1.5 до 3.0 метров среднеквадратические погрешности m_s, m_y, m_z можно принять практически равными. Для каждой погрешности хорошо просматривается линейная зависимость (рис. 1).

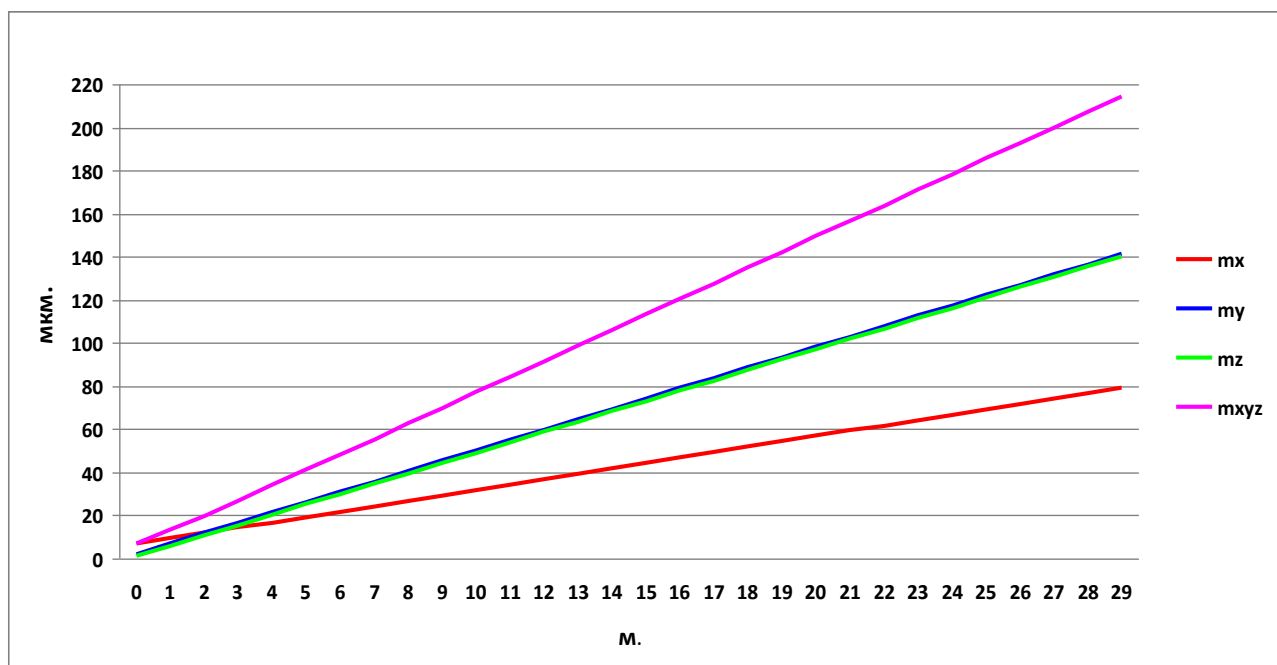


Рис. 1. Зависимость погрешностей m_s, m_y, m_z от расстояния

Анализ результатов выполненных исследований показал, что на этапе разработки программы геодезических измерений с помощью графиков на рисунке 1 могут быть определены зоны перекрытия и рабочие длины для выбора оптимальных схем при построении геодезических сетей ускорителей с применением лазерных трекеров. В нашем случае на длинах от двух до трех метров эллипсоиды погрешностей могут быть превращены в сфероиды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование точностных характеристик внутреннего электронного уровня API Laser Tracker 3 / Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, А. В. Полянский, Ю. А. Пупков, Л. Е. Сердаков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 6. – С. 25–28.
2. Исследование точностных характеристик дальномеров API LASER TRAKER 3 / Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, А. В. Полянский, Ю. А. Пупков, Л. Е. Сердаков // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 9–12.
3. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 3 – 11.
4. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Новый этап развития геодезии – переход к изучению деформации блоков земной коры в районах освоения угольных месторождений // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 3 – 9.
5. Падве В. А. Мурзинцев П. П. Нормальные случайные погрешности измерений в геодезических сетях и их МНК - оценки // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 10–16.
6. Учет коррелятного показателя преломления атмосферы в результатах измерений современными дальномерами и электронными тахеометрами / А. В. Кошелев, А. П. Карпик, С. С. Овчинников, А. А. Дубинина // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 67–71.

© А. В. Полянский, Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев,
Ю. А. Пупков, Л. Е. Сердаков, 2014

МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ ПВО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Геннадий Геннадьевич Китаев

ОАО «Сибтехэнерго», 630032, Россия, г. Новосибирск, ул. Планировочная 18/1, главный специалист ЦЗиС, e-mail: ggkit@mail.ru

Валерий Геннадьевич Сальников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-923-222-61-64, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

Надежда Михайловна Рябова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

Екатерина Леонидовна Соболева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55, e-mail: e.l.soboleva@mail.ru

В статье разработана и внедрена в геодезическое производство методика использования строительных конструкций для создания и мониторинга планово-высотной основы на этапе строительства действующего объекта энергетики Няганской ГРЭС. Предлагаемая методика позволяет значительно уменьшить затраты на заложение новых пунктов глубинного заложения, а также выполнить соответствующие геодезические измерения.

Ключевые слова: обратная засечка, свайный геодезический пункт, центрировочный столик, строительная конструкция.

TECHNIQUES FOR HORIZONTAL AND VERTICAL CONTROL ESTABLISHMENT USING BUILDING STRUCTURES ELEMENTS

Gennadja G. Kitaev

Sibtehenergo, 630032, Russia, Novosibirsk, 18/1 Planirovochnaya, main specialist, e-mail: ggkit@mail.ru

Valery G. Salnikov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, St., tel. 8923-222-61-64, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

Nadezhda M. Ryabova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, senior lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (383)343-29-55, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

Ekaterina L. Soboleva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph. D., Assoc Prof, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (383)343-29-55, e-mail: e.l.soboleva@mail.ru

The technique of using building structures for establishment and monitoring of horizontal and vertical control of Nyagan HPP (at the stage of construction) is considered. It was introduced into geodetic production. The given technique makes it possible to considerably reduce the costs of establishing new points of deep locations, and to make relevant geodetic measurements.

Key words: intersection, piled geodetic point, centering table, building structure.

Современное строительство промышленных объектов предусматривает плотную компоновку застраиваемого участка выделенной территории. В связи с тем, что здания и сооружения проектируются в непосредственной близости друг от друга, то для их возведения необходимо создать надежную планово-высотную геодезическую основу (ПВО) [3]. При строительстве первого пускового комплекса Няганской ГРЭС в качестве ПВО нами было предложено использовать опорные геодезические пункты (ОГП) конструкции ОАО «Сибтехэнерго», отвечающие стандартам нормативной литературы [1].

Опорный геодезический пункт представляет собой железобетонную сваю, длиной 12 метров (рис. 1), устанавливаемую в выбранном месте на промплощадке.



Рис. 1. Схема свайного опорного геодезического пункта (ОГП)

При создании ОГП необходимо соблюдать следующие требования. Высота сваи должна быть выше планируемой вертикальной планировки благоустройства территории примерно на 1,3 м, с установлением её в вертикальное положение с помощью распорок и домкратных рам. Под установку обсадной трубы

вокруг сваи диаметром 0,6 м пробуривается скважина глубиной не менее 3,2 м. С целью обеспечения устойчивости сваи дно скважины необходимо утрамбовать и залить бетоном толщиной примерно 50 мм. После этого на бетон устанавливается обсадная труба диаметром примерно 0,5 м и длиной 3 м, с таким расчетом, чтобы свая находилась в центре данной конструкции. Для исключения влияния температуры и дождевых осадков, сверху укладывается слой теплоизоляции и гидроизоляции с последующим сооружением опалубки и отмостки. Для обеспечения установки геодезического прибора, наверху сваи монтируется столик размером 0,2 × 0,2 м со станковым винтом. С целью обеспечения видимости со всех направлений, на каждой стороне сваи устанавливаются металлические пластины прямоугольной формы, к которым приклеиваются отражающие пластины (ОП-90). Так как на стройплощадке возможно уничтожение ОП, то для его восстановления нами рекомендуется производить кернение центра пластины. Кернение может производиться нанесением перекрестия на продолжении центра ОП или обводкой по этой пластине острым предметом. Если произошло уничтожение отражающей пленки, то она снова приклеивается путем совмещения ее краев с начерченными линиями. Следует отметить, что вначале строительства было заложено восемь таких пунктов.

Для определения планового положения ОГП применяется два способа наблюдений [10]: тахеометрический и спутниковый (рис. 2).

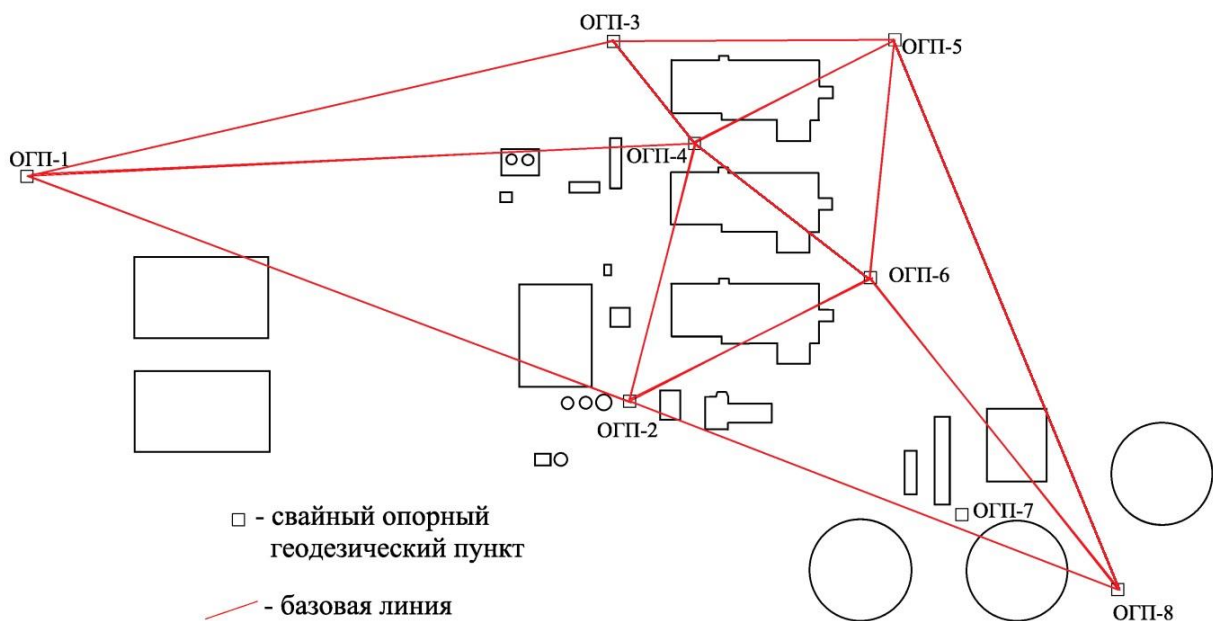


Рис. 2. Схема ГНСС наблюдений сети свайных ОГП

В первом способе применяется электронный тахеометр типа Leica arctic power с ошибкой измерения углов 2". Сущность этого способа состоит в том, что между всеми ОГП прокладывается замкнутый тахеометрический ход, с целью определения планового положения пунктов [5, 6, 8]. Для этого между все-

ми ОГП электронным тахеометром измеряются углы и расстояния. В качестве передвижных марок используются светоотражающие призмы с цилиндрическими уровнями [9]. Измерения проводятся с утра и до захода Солнца. Однако, в близ полуденное, полуденное и послеполуденное время измерения не проводятся, с целью уменьшения влияния одностороннего воздействия солнечных лучей. Все измерения выполняются с учетом поправок за давление и температуры окружающей среды.

Измерения выполняются следующим образом. По известным координатам двух точек вычисляются дирекционные углы и расстояния, после чего измеряются углы (по десять приемов при КЛ и КП). Уравнивание полученных результатов полевых измерений производится в программном продукте CREDO. По результатам выполненных исследований установлено, что в замкнутом полигоне ошибка измерения угла не превышает 2-3''.

Во втором способе применяются двухчастотные спутниковые приемники типа Javad Triumph. Сеанс спутниковых измерений начинается с установки базовой станции. Для этого поочередно используются пункты строительной сетки. Рабочая станция совершает переходы по всем пунктам ОГП с продолжительностью каждого приема 40 - 60 минут в режиме быстрой статики. За этот отрезок времени набирается от 25 до 100 эпох. Полученные результаты спутниковых измерений обрабатываются в ТВС (Trimble Business Center). После этого сравниваются полученные результаты спутниковых и тахеометрических измерений. Расхождение в плановом положении ОГП не превышает 3-4 мм. Затем переходят к определению высоты пунктов.

Определение высотного положения ОГП выполняется с помощью высокоточного нивелира Trimble Dini 12 и комплекта двухметровых инварных штрих-кодовых реек. Для этого прокладывается нивелирный ход II класса, между всеми ОГП в прямом и обратном направлениях. Взятие отчета производится при двух горизонтах инструмента с соблюдением разности плеч на станции, не превышающей 0,5 метра [2, 4, 7]. При выполнении измерений регулярно вводится поправка в результаты измерений за влияния угла i . По фактическим невязкам в замкнутых полигонах, вычисляется средняя квадратическая случайная ошибка нивелирования по формуле:

$$m_{ст} = \pm \sqrt{\frac{\sum \frac{f_h^2}{n}}{N}}, \quad (1)$$

где f_h – невязка полигона в мм; n – число штативов полигона; N – число полигонов.

В нашем случае полученная невязка в каждом полигоне не превышала 0,8 – 1,0 мм.

В связи с тем, что в процессе строительства половина ОГП была уничтожена, то возникла необходимость в заложение дополнительных пунктов. Для

этого использовались центрировочные столики принудительного центрирования конструкции ОАО «Сибтехэнерго» (рис. 3). Они имеют квадратную форму 200×200 мм и изготовлены из нержавеющей стали толщиной 8 мм. Для установки тахеометра в центре столика имеется отверстие под становой винт.



Рис. 3. Внешний вид центрировочного столика

Рекогносцировка и установка выполняется на эстакадах технологических трубопроводов, т.к. они имеют надежную конструкцию [1]. Возведение эстакад производится на свайных фундаментах. Заложённые две пары свай под каждую колонну придают им прочность, а также обеспечивают их стабильное положение и сохранность. Предварительно колонна механически очищается от огнезащитного покрытия. Это необходимое условие для выполнения огневых работ – сварки. При сварочных работах используются переходные электроды. После установки столиков огнезащитное покрытие восстанавливается. С помощью строительного уровня столик приводится в горизонтальное положение. Столики располагают на колоннах таким образом, чтобы после установки тахеометра можно было обеспечить максимальную видимость в трех направлениях. Для проверки надежности конструкции столиков, в частности величины их прогиба под весом прибора, используется груз весом примерно 30 - 40 кг. Этот груз вместе с трегером и цилиндрическим уровнем устанавливается сверху на столик таким образом, чтобы пузырек был в нуль-пункте. После этого подвешивается груз весом примерно 30 - 40 кг и производится наблюдение за его отклонением. Если отклонения пузырька уровня не превосходит одного деления, то, следовательно, конструкция центрировочного столика надежна и неподвержена прогибу от веса геодезического прибора.

Такое расположение столиков позволяет замкнуть ОГП в единую систему. Наблюдения проводятся аналогично первому способу. В результате получен-

ных наблюдений, замыкание полигона и ошибка измерения угла не превышает 2-3^{''}. Координаты каждого центрировочного столика определяются в единой системе с помощью программного продукта CREDO.

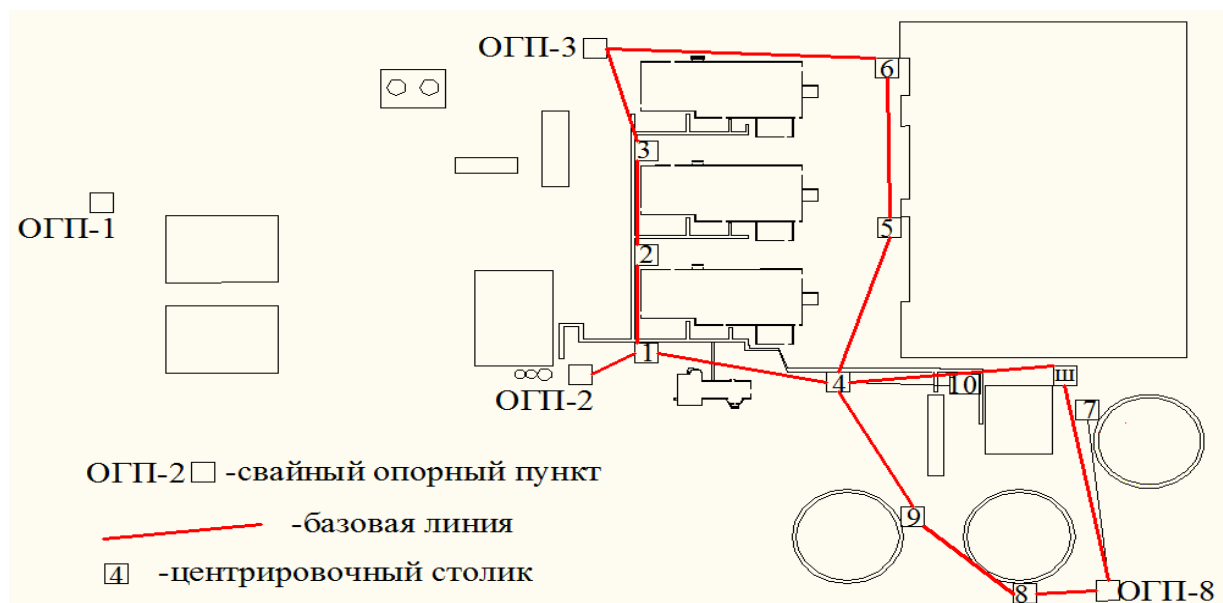


Рис. 4. Схема расположения ПВО НГРЭС

Вывод.

Использование центрировочных столиков конструкции ОАО «Сибтехэнерго» позволяет:

- своевременно проводить мониторинг системы планово-высотного обоснования на территории Няганской ГРЭС;
- уменьшить стоимость установки новых пунктов;
- выбрать удобные места заложения пунктов;
- сохранить эстетический вид строительных конструкций;
- применять пункты для развития локального обоснования, включая решение обратно-угловой засечки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции – М.: Госстрой СССР, 1987. – 90 с.
2. Рябова Н. М., Сальников В. Г. Методика исследования влияния рефракции на цифровые нивелиры // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 12–18.
3. Сальников В. Г. Технология геодезических работ при строительстве фундамента турбоагрегата мощностью 420 МВт // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 18–24.

4. Рябова Н. М. Исследование влияния различной освещенности на отчеты по рейке // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 42–46.
5. Никонов А. В., Бабасов С. А.. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 71–78.
6. Никонов А. В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдения за осадками сооружений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 78–87.
7. Уставич Г. А., Рахымбердина М. Е. Разработка программ наблюдений тахеометром на нивелирной станции способом из середины // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 163–169.
8. Никонов А. В. К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 93–101.
9. Сальников В. Г. Геодезические работы при возведении градирен большой высоты // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 72–77.
10. Олейник А. М. Выбор мест закладки грунтовых реперов с учетом прогнозного изменения геокриологической обстановки от техногенной деятельности // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 37–40.
11. Каленицкий А.И. Ким Э.Л. О комплексной интерпритации данных геодезическо – гравиметрического мониторинга техногенной геодинамики на месторождениях нефти и газа // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 3–13.
12. Колмогоров В. Г. К вопросу о возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 9–14.
13. Учет коррелятного показателя преломления атмосферы в результатах измерений современными дальномерами и электронными тахеометрами / А. В. Кошелев, А. П. Карпик, С. С. Овчинников, А. А. Дубинина // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 67–71.

© Г. Г. Китаев, В. Г. Сальников, Н. М. Рябова, Е. Л. Соболева, 2014

ОПЫТ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ ВГС И СГС-1 В ЭВЕНКИЙСКОМ РАЙОНЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Сергей Сергеевич Титов

Верхнее-Енисейское астрономо-геодезическое предприятие, 662605, Россия, г. Минусинск, ул. Тувинская 22, зам. директора по технологиям, тел. 8-962-083-14-04, e-mail: s_titov@ngs.ru

Александр Иванович Вдовин

Верхнее-Енисейское астрономо-геодезическое предприятие, 662605, Россия, г. Минусинск, ул. Тувинская 22, ведущий специалист, тел. 8-913-832-42-92, e-mail: sasha_vdovin@mail.ru

Петр Павлович Мурзинцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-27-09

Отмечены особенности развития сетей ВГС и СГС-1 в труднодоступных районах Эвенкийского района Красноярского края.

Ключевые слова: точность положения пунктов, этапы развития спутниковых сетей.

EXPERIENCE OF HIGH-ACCURACY GEODETIC NETWORKS AND SATELLITE NETWORKS-1 DEVELOPMENT IN EVENK DISTRICT OF KRASNOYARSK REGION

Sergey S. Titov

Verkhne-Yeniseyskoye Astrogeodetic, 662605, Russia, Minusinsk, Company, 22 Tuvinskaya St., Assistant Director for Technologies, tel. 8-962-083-14-04, e-mail: s_titov@ngs.ru

Alexander I. Vdovin

Verkhne-Yeniseyskoye Astrogeodetic, 662605, Russia, Minusinsk, Company, 22 Tuvinskaya, main specialist, tel. 8-913-832- 42-92, e-mail: sasha_vdovin@mail.ru

Petr P. Murzintsev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph.D., Assoc Prof, Department of Engineering Mining Survey, tel. (383)343-27-09

Some features of developing high-accuracy geodetic networks and satellite networks-1 in hard-to-rich areas of Evenk district, Krasnoyarsk region are presented.

Key words: point position accuracy, satellite network development stages.

Важную роль в обеспечении устойчивого развития территорий регионов играют ГЛОНАСС технологии, в том числе создание государственных спутниковых сетей [1, 2, 3].

С мая по август 2013 года ОАО «Верхнеенисейское аэрогеодезическое предприятие» выполняло работы по созданию фрагментов сетей ВГС и СГС-1 на территории Эвенкийского муниципального района Красноярского края.

В результате выполненных работ произведены спутниковые наблюдения и предварительное уравнивание спутниковых измерений пункта ФАГС «Тура», трех пунктов ВГС (ВГС«Чиринда», ВГС«Кислокан», ВГС«Учами»), совмещенных с пунктами нивелирной сети, 14 пунктов СГС-1, совмещенных с пунктами нивелирной сети и пунктами ГГС.

Согласно технического предписания на построение фрагментов сетей ФАГС, ВГС и СГС-1, средняя квадратическая ошибка определения положения любых пунктов СГС-1 относительно ближайших окружающих пунктов ВГС не должна быть более 3 см по плановым координатам и 5 см по геодезической высоте [3]. По результатам предварительной обработки спутниковых измерений средние квадратические ошибки в плановом положении пунктов СГС-1 не превысили 0,14см., по высоте не более 0,14см. т.е. не превышают допустимых значений.

Таких показателей точности удалось добиться благодаря выбору мест для создания пунктов с минимальным наличием экранирующих препятствий, а также хорошей подготовкой пунктов к наблюдениям, включающей выпилку всех деревьев, возвышающихся более 10 градусов над горизонтом, относительно спутниковой антенны [4].

Следует отметить, что возникали серьезные расхождения между запроектированным расположением пунктов и их фактическим размещением. Основная причина заключалась в необходимости совмещения процессов обследования и наблюдения. При проведении обследования ряд центров геодезических сетей, которые планировалось использовать для размещения пунктов спутниковых сетей, был утрачен или имел серьезные экранирующие препятствия, наличие которых неприемлемо для обеспечения надлежащей точности наблюдений. Схема создания спутниковой сети представлена на рис. 1.

Полное отсутствие линий коммуникаций в малообжитых районах привело к существенному росту транспортных расходов на объекте и сделало невозможным предварительное обследование пунктов. Поэтому при проектировании сети для каждого пункта было запроектировано два пункта дублера, одним из которых заменялся пункт при невозможности осуществления наблюдений на нем. Таким образом, удалось сохранить один из оптимальных вариантов конфигурации спутниковой сети.

Построенная на территории Эвенкийского района Красноярского края геодезическая спутниковая сеть соответствует нормативным документам Российской Федерации, обладает необходимой точностью и может быть использована для создания сетей постоянно действующих спутниковых базовых станций. Спутниковая геодезическая сеть будет способствовать обеспечению устойчивого развития территорий и являться важным этапом для уточнения локальных систем координат, а так же для организации геодезического мониторинга месторождений полезных ископаемых [4, 5].

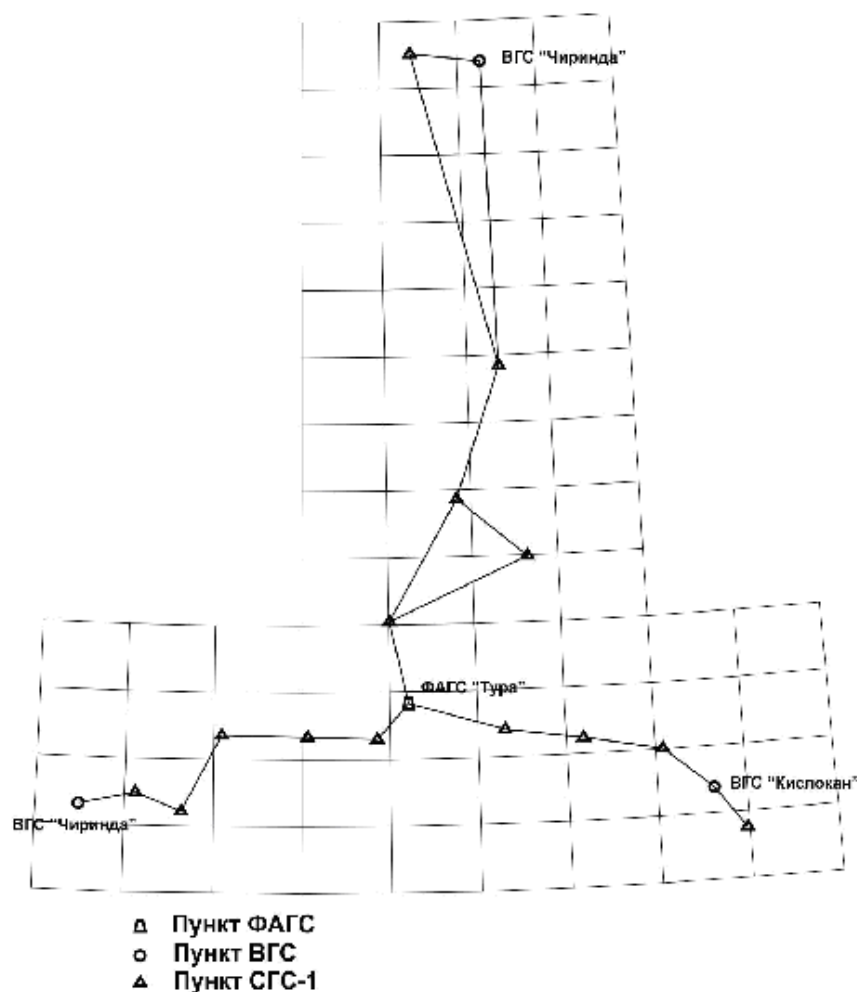


Рис. 1. Схема развития спутниковой сети в Эвенкии

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мурзинцев П. П. Геодезический пространственный мониторинг территорий Западной Сибири // Геодезия и картография. – № 7. – 2010.
2. Мурзинцев П. П., Карпик А. П., Осипов А. Г. Управление территорией в геоинформационном дискурсе: монография. – Новосибирск: СГГА, 2010.- 280 с.
3. Биндер И. О., Мурзинцев П. П. Инженерно-геодезические изыскания для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства // Геодезия и картография. – 2011. – № 11. – С. 6–9.
4. Лисицкий Д. В., Мурзинцев П. П. Геодезический мониторинг территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 2. – С. 116–118.
5. Мурзинцев П. П. Геодезический мониторинг-основа экологической безопасности и устойчивого развития территорий. Сборник материалов межрегиональной междисциплинарной научной конференции «Традиции и инновации в начале XXI столетия». – Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 144–146.
6. Техническое предписание на построение фрагментов сетей ФАГС, ВГС и СГС-1 и выполнение спутниковых измерений на них, приложение к письму Роскартографии № 2-3-01-1485 от 26.04.2007 г.
7. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS, ГКИНП (ОНТА)-010271-03, М.: ЦНИИГКиК, 2003.

© С. С. Титов, А. И. Вдовин, П. П. Мурзинцев, 2014

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫМИ НИВЕЛИРАМИ

Георгий Афанасьевич Уставич

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. (383) 343-29-55, e-mail: ystavich@mail.ru

Садуахас Аяшович Бабасов

ТОО «Технологический информационный центр» акимата г. Алматы, 050028, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Достык, 85, директор, тел. 8(727)272-39-79, e-mail: babasov@mail.ru

В статье рассматривается методика высокоточного нивелирования с применением новой программы наблюдений на станции. Ее применение позволит уменьшить время выполнения нивелирования на станции и, как следствие этого, уменьшить влияние перемещения системы «штатив-цифровой нивелир» на результаты измерений.

Ключевые слова: цифровой нивелир, методика нивелирования, перемещение штатива, источники ошибок.

SOME TECHNIQUES FOR HIGH-PRECISION DIGITAL LEVELING

Georgy A. Ustavich

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnog St., Ph.D., Prof., Department of Engineering Geodesy and Information Systems, tel. (383)343-29-55, e-mail: ystavich@mail.ru

Sadukhas A. Babayev

Director, Technological Information Centre «Akimata», 85 Dostyk Pr., Almaty, 050028, tel. 8(727)272-39-79, e-mail: babasov@mail.ru

The techniques for high-precision leveling using a new observational program at the station are considered. This is to reduce both the leveling time at the station, and, as a result, the effect of “tripod – digital level” system displacement on measurements results.

Key words: digital level, leveling technique, tripod movement(displacement), sources of errors.

К настоящему времени при выполнении нивелирования всех классов начали применяться системы «цифровой нивелир-штрихкодовая рейка» [1-6]. Говоря о достоинствах цифровых нивелиров почему-то упускают из виду то обстоятельство, что одни из основных ошибок высокоточного нивелирования – перемещение штатива и костылей – остаются, независимо от способа отсчитывания по рейке (визуальный или электронный). В связи с этим задача ослабления влияния данных ошибок остается и при разработке технологии высокоточного нивелирования с применением цифровых нивелиров. Ведь точность нивелирования и его производительность зависит от последовательности взятия отсчетов и

их числа, а это, в свою очередь, – от числа прокладываемых линий. Так в настоящее время в России и Казахстане нивелирование I класса с применением нивелиров с оптическим микрометром выполняется по двум линиям, что позволяет получить на станции четыре превышения и шесть разностей d . Необходимо отметить и напомнить, что принятие еще в СССР технологии нивелирования I класса по двум линиям было обусловлено огромной территорией страны, а, следовательно, и десятками тысяч километром линий высокоточного нивелирования. Систематическое влияние перемещений штатива и костылей без разработки соответствующих мер по ослаблению этого влияния привело бы к крайне недопустимым величинам невязок. Для небольших по площади государств, например Польша, Голландия, Австрия Чехия, и т. д. эта проблема практически не существует и поэтому высокоточное нивелирование выполняется по одной линии с применением различных программ наблюдений на станции [7].

Применение для высокоточного нивелирования цифровых нивелиров и штрих-кодовых реек с односторонней шкалой также не приведет к увеличению влияния перемещения штатива и костылей на результаты измерений в этих государствах. Применительно же к территории России и Казахстана эта проблема остается и ее решение должно базироваться на сохранении двух линий нивелирования и измерении на станции четыре превышения в прямом и в обратном ходах. В связи с этим задача ослабления влияния данных ошибок остается и при разработке технологии высокоточного нивелирования с применением системы «цифровой нивелир-штрихкодовая рейка».

Основной причиной перемещения штатива во время выполнения измерений является его выпирание или оседание в зависимости от типа грунта, на котором он устанавливается. Так на мягких грунтах (песок, болото) штатив оседает, а на твердых он, в основном, выпирается. На перемещение штатива значительное влияние оказывает вес наблюдателя во время перемещений вокруг штатива. Так, при применении существующей программы наблюдений I класса наблюдатель пять раз изменяет свое положение относительно нивелира. Так как измерения начинаются с правой линии и заканчиваются левой линией нивелирования, то из-за перемещения штатива результаты по правой линии, как известно, практически всегда несколько хуже, чем по левой. Это обусловлено тем, что к моменту начала наблюдений по левой линии положение штатива в значительной степени уже стабилизируется. Обширными исследованиями ЦНИИГАиК [8], а также исследованиями других авторов установлено, что кроме вида грунта на смещение штатива существенное влияние оказывает перемещение наблюдателя вокруг штатива в процессе взятия отсчетов по рейкам.

Для уменьшения количества перемещений наблюдателя вокруг штатива (до трех) автор работы [9-11] применительно к оптическим нивелирам предложил программу наблюдений, которая предусматривает выполнение нивелирования совместно по правой и левой линиям. Эту программу наблюдений можно назвать, по аналогии с угловыми измерениями, способом круговых приемов. Взятие отсчетов по рейкам производится сначала по ходу часовой стрелки,

начиная с правой линии, а затем против ее хода, начиная также с правой линии: $Z_0^п, Z_0^л, П_0^л, П_0^п$ – первый полуприем, $П_д^п, П_д^л, Z_д^л, Z_д^п$ – второй полуприем.

Применительно к цифровым нивелирам эту программу можно записать следующим образом (рис. 1):

- на нечетной станции (рис. 1, а, б) $Z_п, Z_л, П_п, П_л$ (первый горизонт); $П_л, П_п, Z_п, Z_л$ – (второй горизонт);

- на четной станции (рис. 1, в, г) $П_п, П_л, Z_л, Z_п$ – (первый горизонт); $Z_п, Z_л, П_п, П_л$ (второй горизонт).

Такая последовательность взятия отсчетов симметрична во времени и при ее применении наблюдатель также три раза изменяет свое положение относительно нивелира. Полученные результаты нивелирования по правой и левой линиям будут равноточными, так как отсчитывание по рейкам каждой из линий производится поочередно.

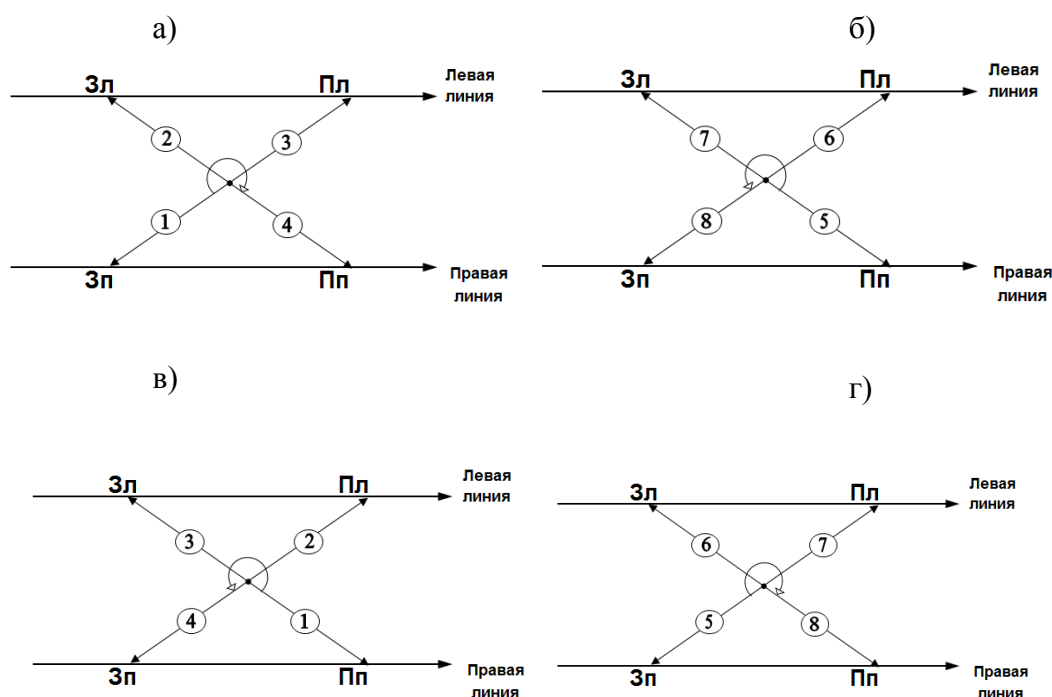


Рис. 1. Последовательность взятия отсчетов по штрихкодовым рейкам при способе круговых приемов

Учитывая тот факт, что отсчеты по рейкам не содержат субъективных ошибок, то измерения можно производить также без изменения горизонта инструмента. В этом случае повторные отсчеты по задней рейке правой линии (нечетная станция) и по передней рейке правой линии (четная станция) будет своего рода замыканием горизонта. Если во время выполнения измерений положение штатива не изменилось, то повторные отсчеты $Z_п$ и $П_п$ на нечетных и четных станциях должны быть одинаковы в пределах точности измерений. Это

является дополнительным контролем на станции качества выполнения высокоточного нивелирования, особенно на неустойчивых грунтах.

Применение данной программы измерений позволяет внести некоторое изменение в схему проложения правой и левой линии нивелирования I класса. Эти изменения позволят контролировать качество измерений непосредственно в полевых условиях и при необходимости произвести повторные измерения на небольшом участке. Сущность этого изменения заключается в закреплении (установлении) через каждые 2–5 нивелирных станций общей для двух линий переходной точки, что позволяет образовывать небольшие полигоны по всему ходу нивелирования (рис. 2).

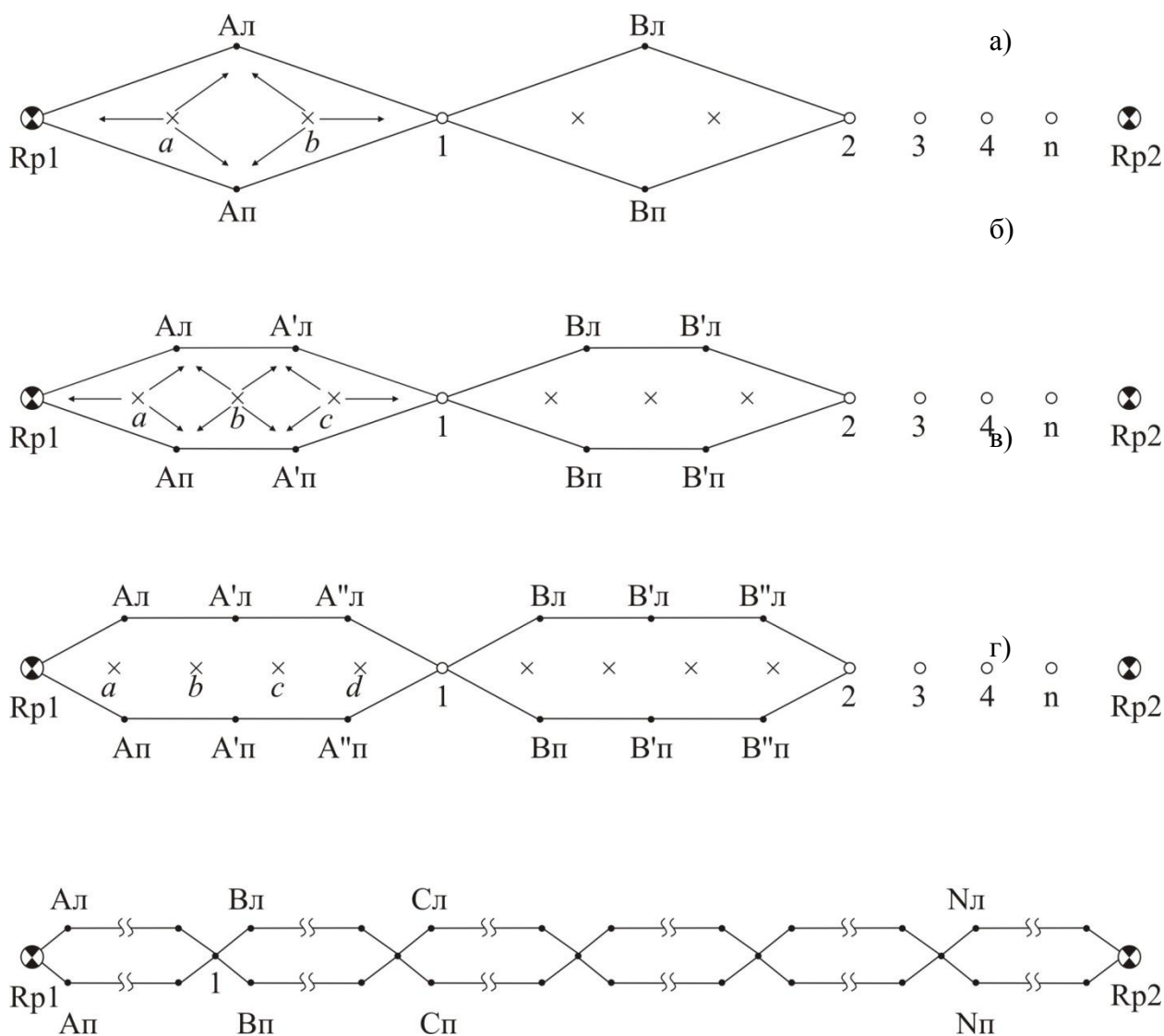


Рис.2. Схемы выполнения нивелирования I класса способом полигонов:

- 1, 2, 3, ..., n – закрепленные общие переходные точки;
- A, B, ..., N – точки установок реек по правой и левой линиям;
- a, b, c, ..., n – нивелирные станции

Например, если через две нивелирные станции закреплять общие переходные точки, то будет образовываться полигон, состоящий из четырех превышений (рис. 2, а), если через три станции, то состоящий из шести превышений (рис. 2, б) и т.д. В результате этого нивелирный ход между реперами Rp1 и Rp2 (рис. 2, в) будет состоять из небольших полигонов. Если, например, в полигоне между переходными точками 1–2 невязка оказалась выше принятого допуска, то, не возвращаясь к реперу Rp1, между этими точками 1–2 измерения повторяются. Переходные точки удобно закреплять деревянными кольями длиной 4–50 см с вбитыми гвоздями. При обратном ходе эти переходные точки используются снова, без обязательного изменения их положения. Применительно к условиям Казахстана, где имеются обширные песчаные районы, этот способ закрепления переходных точек наиболее оптимальный.

Наиболее оптимальным полигоном будет полигон, состоящий из четырех-пяти нивелирных станций (рис. 2, в). В этом случае на 1 км нивелирного хода таких полигонов в зависимости от рельефа местности будет 3–5.

Результаты нивелирования по правой и левой линиям будут независимы, так как на переходных точках рейки поочередно устанавливаются так же, как и на костылях и число отсчетов одинаковое.

Данная схема нивелирных ходов без нарушения требований существующей инструкции уже сейчас может применяться на геодинимических полигонах, где измерения производятся циклически и переходные точки, как правило, сохраняются длительное время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шалыгина Е. Л. Цифровое нивелирование – основные источники ошибок // Геодезия и картография. – 2005. – № 5. – С. 15–17.
2. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом / Г. А. Уставич, М. Е. Рахымбердина, А. В. Никонов, С. А. Бабасов // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. – С. 17–23.
3. Создание геодезической основы для строительства объектов энергетики / Г. А. Уставич, Г. Г. Китаев, А. В. Никонов, В. Г. Сальников // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 48–54.
4. Уставич Г. А., Ямбаев Х. К. Методика проведения внеочередной поверки системы «цифровой нивелир + штрих-кодовая рейка» // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 6. – С. 8–13.
5. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 26–35.
6. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 28–33.
7. Мещерский И. Н. О последовательности отсчетов на станции при высокоточном нивелировании // Геодезия и картография. – 1978. – № 6. – с. 32–34.
8. Энтин И. И. Высокоточное нивелирование // Труды ЦНИИГАиК. – 1956. – Вып. 111.
9. Конопальцев И. М. К вопросу об улучшении способа геометрического нивелирования // Изв. вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1966. – № 4. – С. 61–71.

10. Уставич Г. А., Шаульский В. Ф., Винокурова О.И. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов // Геодезия и картография. – 2003. – № 7. – С. 10–15; № 8. – С. 5–11.

11. Уставич Г. А. О совершенствовании технологий нивелирования // Геодезия и картография. – 2005. – № 3. – С. 11–13.

© Г. А. Уставич, С. А. Бабасов, 2014

КОРРЕЛАТНАЯ ВЕРСИЯ УРАВНИВАНИЯ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА

Амридон Гемзаевич Барлиани

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (983)319-99-31

Михаил Викторович Ковальчук

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, магистрант, ИГиМ, тел. (952)915-26-05

Денис Александрович Пятков

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, магистрант, ИГиМ, тел. (952)925-66-27

В статье предлагается корреляционная версия уравнивания и оценки точности геодезических сетей на основе итерационного алгоритма псевдообращения матриц.

Ключевые слова: нивелирная сеть, псевдообратная матрица, свободные и несвободные геодезические сети, итерационный алгоритм.

CORRELATED ADJUSTMENT AND NETWORK ACCURACY EVALUATION ON THE BASIS OF ITERATIVE ALGORITHM

Amridon G. Barliani

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, Ph.D., Assoc Prof., Department of Applied Informatics and Information Systems, tel. (983)319-99-31

Mikhail V. Kovalchuk

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, Post-graduate student, tel. (952)915-26-05

Denis A. Pyatkov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, Ph.D., Post-graduate student, tel. (952)925-66-27

Correlated version of network adjustment and its accuracy evaluation on the basis of iterative algorithm of pseudoinverse matrix are offered.

Key words: leveling network, pseudoinverse matrix, free- and non-free networks, iterative algorithm.

Известно, что уравнивание и оценка точности свободных и несвободных геодезических сетей по методу наименьших квадратов успешно выполняется коррелятным способом. Но при этом становится сложной и громоздкой процедура оценки точности результатов уравнивания из-за сложных формул оценки

точности. Ниже на основании псевдонормального решения предлагается иная коррелятная версия уравнивания таких сетей.

Для удобства дальнейшего изложения необходимо записать матричную систему условных уравнений связи:

$$BV + W = 0. \quad (1)$$

Тогда псевдонормальному решению системы условных уравнений связи (1) будет соответствовать выражение [2]:

$$V = -B^+W. \quad (2)$$

В выражениях (2) (3) матрица B^+ псевдообратная матрица к исходной матрице условных уравнений связи B , она должна удовлетворять всем известным условиям [1, 3].

Поскольку выражение (2) имеет простую структуру, поэтому можно предложить удобную формулу для вычисления поправок к измеренным величинам. Она будет иметь вид:

$$v_i = -\|b_i^+W\|^2, \quad (3)$$

где b_i^+ – i -ая строка псевдообратной матрицы B^+ ; $\|b_i^+W\|^2$ – квадрат евклидовой нормы.

Необходимо отметить, что при оценке точности результатов уравнивания нет необходимости в вычислении полной ковариационной матрицы (3.35), а ограничиваются определением среднеквадратических ошибок уравненных измерений. Для любых уравненных результатов измерений среднюю квадратическую ошибку можно получить по формуле:

$$m_{\tilde{y}_i} = \mu \sqrt{1 - \|b_i^+ b_j\|^2}. \quad (4)$$

В данном случае $i = j$.

В выражении (4) μ – среднеквадратическая ошибка единицы веса, определяемая по формуле:

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T V}{n - k}}. \quad (5)$$

Для того чтобы получить псевдонормальное решение по формуле (2) необходимо знать псевдообратную матрицу условных уравнений связи B^+ . Известно, что прямоугольная матрица уравнений связи B размеров $r \times n$ состоит из линейно независимых строк. Тогда на основании характеристического много-

Пусть высота репера $x_1 = 100,234$ м, и она временно фиксирована.

В данной сети число измеренных превышений $n = 6$, а число необходимых $k = 3$. Следовательно, число избыточных измерений $r = n - k = 3$. Таким образом, число независимых условных уравнений связи будет равняться трем.

Данную систему уравнений связи можно переписать в форме условных уравнений поправок:

$$\left. \begin{aligned} v_1 - v_4 + v_5 + w_1 &= 0 \\ v_2 - v_5 + v_6 + w_2 &= 0 \\ v_3 + v_4 - v_6 + w_3 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Здесь

$$\left. \begin{aligned} w_1 &= y_1 - y_4 + y_5 = 0,036 \text{ м} = 3,8 \text{ см} \\ w_2 &= y_2 - y_5 + y_6 = -0,046 \text{ м} = -4,6 \text{ см} \\ w_3 &= y_4 - y_3 - y_6 = 0,074 \text{ м} = 7,4 \text{ см} \end{aligned} \right\},$$

по сути невязки условных уравнений поправок.

Следовательно, матрица коэффициентов условных уравнений поправок B равна:

$$B = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & -1 \end{vmatrix}, \quad (8)$$

а вектор-столбец невязок:

$$W^T = |0,038 \ -0,046 \ 0,074|. \quad (9)$$

Чтобы найти псевдообратную матрицу B^+ по формулам (4) нужно построить цепочки матриц:

$$B_1 = BB^T = \begin{vmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -1 & 3 & -1 \\ -1 & -1 & 3 \end{vmatrix}, \quad S_1 = \text{tr}B_1 = 9, \quad C_1 = \begin{vmatrix} -6 & -1 & -1 \\ -1 & -6 & -1 \\ -1 & -1 & -6 \end{vmatrix}; \quad B_2 = \begin{vmatrix} -16 & 4 & 4 \\ 4 & -16 & 4 \\ 4 & 4 & -16 \end{vmatrix},$$

$$S_2 = -24, \quad C_2 = \begin{vmatrix} 8 & 4 & 4 \\ 4 & 8 & 4 \\ 4 & 4 & 8 \end{vmatrix}; \quad B_3 = \begin{vmatrix} 16 & 0 & 0 \\ 0 & 16 & 0 \\ 0 & 0 & 16 \end{vmatrix}, \quad S_3 = 16, \quad C_3 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}.$$

Так как $C_3 = 0$, то по формуле (5) можно найти псевдообратную матрицу:

$$\left(B^+\right)^T = \begin{vmatrix} 0,50 & 0,25 & -0,25 & -0,25 & -0,25 & 0,00 \\ 0,25 & 0,50 & -0,25 & 0,00 & -0,25 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & -0,50 & -0,50 & 0,00 & -0,25 \end{vmatrix}.$$

На основании формулы (3) рассчитаем элементы вектора поправок к измеренным превышениям:

$$V^T = \{-0,026 \quad -0,005 \quad 0,035 \quad -0,009 \quad -0,021 \quad 0,030\}.$$

Для оценки точности найдем среднеквадратическую ошибку единицы веса по следующей формуле (5):

$$\mu = \sqrt{\frac{33,48}{3}} = 3,34 \text{ см.}$$

Далее по данному алгоритму вычисляются уравненные превышения и их среднеквадратические ошибки, которые сведены в табл. 1.

Таблица 1

Уравненные превышения и их среднеквадратические ошибки

Номера превышений	Измеренные превышения (м) y_i	Поправки к измеренным превышениям (м) v_i	Уравненные превышения (м) \tilde{y}_i	Среднеквадратические ошибки уравненных превышений (см) $m_{\tilde{y}_i}$
1	9,868	-0,026	9,842	2,36
2	10,345	-0,005	10,340	2,36
3	20,147	0,035	20,182	2,36
4	56,559	-0,009	56,550	2,36
5	46,729	-0,021	46,708	2,36
6	36,338	0,030	36,368	2,36

Тот факт, что среднеквадратические ошибки уравненных превышений одинаковы, показывает равноточность измеренных параметров и симметричность уравниваемой свободной нивелирной сети.

Аналогичным образом выполняется уравнивание и оценка точности несвободных высотных и плановых геодезических сетей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барлиани А. Г. Псевдорешение и метод наименьших квадратов // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 1, ч. 1. – С. 160–163.
2. Барлиани А. Г. Разработка алгоритмов уравнивания и оценки точности свободных и несвободных геодезических сетей на основе псевдонормального решения: монография. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 135 с.
3. Барлиани А. Г. Корреляционная версия уравнивания и оценки точности геодезических сетей по методу псевдонормального решения уравнений // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 202–206.
4. Падве В. А. Потенциал универсального синтезированного алгоритма МНК-оптимизации геодезических данных // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 4. – С. 34–42.
5. Падве В. А., Мурзинцев П. П. Нормальные случайные погрешности измерений в геодезических сетях и их МНК – оценка // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 10–16.
6. Падве В. А., Мурзинцев П. П. Две теоремы об отношении дисперсий уравненных измерений, дисперсий МНК – поправок и дисперсий исходных измерений // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (14). – С. 17–20.
7. Результаты применения гравиметрии и высокоточного нивелирования при локализации участков повышенного геодинамического риска на месторождениях углеводородов / А. И. Каленицкий, Э. Л. Ким, М. Д. Козориз, В. А. Середович // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (20). – С. 10–16.
8. Падве В.А. Универсальный синтезированный алгоритм МНК-оптимизации и вычисления псевдообратных матриц // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 95–100.
9. Балиани А.Г., Егорова С.А. Исследование рекурсионного алгоритма псевдообращения на возмущение исходных данных // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 90–94.
10. Балиани А.Г., Егорова С.А. Единый рекурсионный алгоритм уравнивания и оценки точности геодезических наблюдений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 85–89.

© А. Г. Барлиани, М. В. Ковальчук, Д. А. Пятков, 2014

ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ЕЕ РЕКОНСТРУКЦИИ В ЧАСТИ ПОДВЕСКИ ГРОЗОЗАЩИТНОГО ТРОСА

Анна Анатольевна Ершова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. 8(906)909-50-08, e-mail: yershova.anna@yandex.ru

Продольный профиль разбитой на местности трассы линии электропередачи – основной документ, полученный в результате изысканий. Им постоянно пользуются при проектировании и реконструкции линий электропередачи, а также в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: продольный профиль, линия электропередачи, реконструкция.

DRAWING OF A LONGITUDINAL PROFILE OF A RECONSTRUCTED POWER LINE REGARDING A SUSPENSION BRACKET OF A LIGHTNING-PROTECTIVE CABLE

Anna A. Yershova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, Post-graduate, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, tel. 8906-909-50-08, e-mail: yershova.anna@yandex.ru

Longitudinal profile of the route power line broken into districts — the main document received as a result of researches. It constantly use at design and reconstruction of power lines, and also in use.

Key words: longitudinal profile, power line, reconstruction.

Большинство линий электропередач, построенных в советское время, требуют модернизации либо реконструкции. Со временем используемые деревянные опоры приходят в негодность, изоляторы истощаются, обрываются грозозащитные тросы, а провис проводов достигает критических значений. Всё это влияет не только на пропускную способность построенной системы, но и на существенные потери передаваемой энергии [1].

Для реконструкции ВЛ на начальном этапе выполняются инженерные изыскания. Они должны обеспечивать комплексное изучение природных и техногенных условий района проложения трассы, получение необходимых и достаточных материалов изысканий и данных для разработки и принятия экономически и технически обоснованных решений при проектировании, строительстве или реконструкции ВЛ [2].

Для строительства линии электропередач или ее реконструкции в части замены опор выполняется полный ряд изысканий, создается топографический план и вычерчивается продольный профиль линии с нанесением на нее элементов геологии. Для реконструкции ВЛ при замене грозозащитного троса – без геологии [3]. Для линий напряжением до 1000 В и для высоковольтных линий

до 20 кВ, сооружаемых на опорах с небольшими пролетами, продольные профили не составляются.

В данной статье рассматривается создание профиля для реконструкции уже существующей линии электропередач в части подвески грозозащитного троса, описан поэтапный способ его создания, выявлены недостатки и преимущества в работе.

В настоящее время существует множество программ для создания профилей трассы, таких как AutoCAD Civil, GeoniCS, Инжклад, CREDO и т.д. Далее будет рассмотрен общий принцип построения профиля, в частности на примере программы GeoniCS [4].

Продольный профиль ЛЭП, в отличие от других трасс, состоит только из прямых участков, без кривых, с поворотом в вершинах углов. Углы поворотов выбирают в местах, удобных для сооружений опор, т. е. геологически устойчивых и расположенных вдали от растущих оврагов.

Общая схема создания продольного профиля линии представляет собой:

1 этап – создание массива точек с координатами X, Y, Z. Современные геодезические программы позволяют загружать данные непосредственно из геодезических приборов (тахеометров, сканеров и т.д.), а также из файлов различных форматов. Эти загруженные данные могут быть использованы для построения цифровой модели местности вне зависимости от источника. Для использования точек при построении ЦМР необходима информация о высотных отметках точек. Для того, чтобы импортировать точки с координатами в чертёж, их необходимо внести в базу данных проекта. Это можно сделать в уже созданном чертеже, импортировав геоточки из любых объектов чертежа, или загрузить из текстового файла.

Для линий электропередач массив точек в основном представляет собой полосу шириной 25-50 м.

2 этап – построение цифровой модели местности (ЦМР). Цифровая модель рельефа (ЦМР) представляет собой множество треугольных граней, построенных на точках (вершинах граней) с координатами X, Y, Z. От того, насколько точно и правильно построена ЦМР, напрямую зависит, правильно ли будет вычерчена линия профиля.

3 этап – построение трассы на данной ЦМР. Трасса – один из важнейших элементов профиля. Как уже отмечалось выше, трасса линии электропередач не имеет кривых и состоит только из прямых участков с вершинами углов поворотов. Так как необходимо построить профиль уже существующей ЛЭП, то трасса прокладывается прямыми отрезками вдоль самой линии электропередач.

4 этап – создание профиля по трассе. Обычно продольный профиль составляется по результатам расчета элементов трассы и нивелирования трассы по пикетажу на миллиметровой бумаге шириной 297 мм или 594 мм. Продольный профиль имеет 2 масштаба: горизонтальный (для ЛЭП обычно 1:5000 и 1:2000) и вертикальный в 10 раз крупнее горизонтального (для ЛЭП соответственно 1:500 и 1:200).

На продольном профиле размещают фактические (полученные в результате измерений) и проектные (полученные в результате разработки проекта) данные, которые располагают в специальных графах, образующих так называемую сетку профиля. Содержание и расположение граф в сетке профиля трассы линии электропередач, согласно Приложению 58 СНиП II-9-78. Пособия по составлению и оформлению документации инженерных изысканий для строительства. Часть 1. Инженерно-геодезические изыскания [6], изображено на рис. 1.

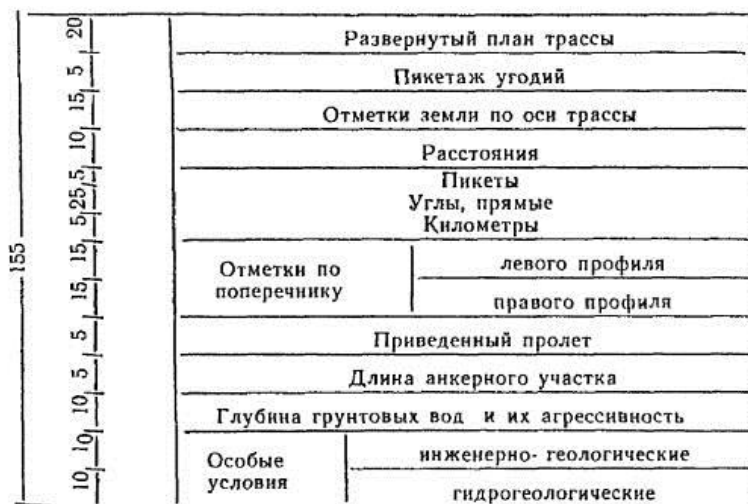


Рис. 1. Содержание и расположение граф в сетке профиля трассы линии электропередач

Но при реконструкции линии, например для подвески грозозащитного троса, подвал профиля немного упрощается (рис. 2).

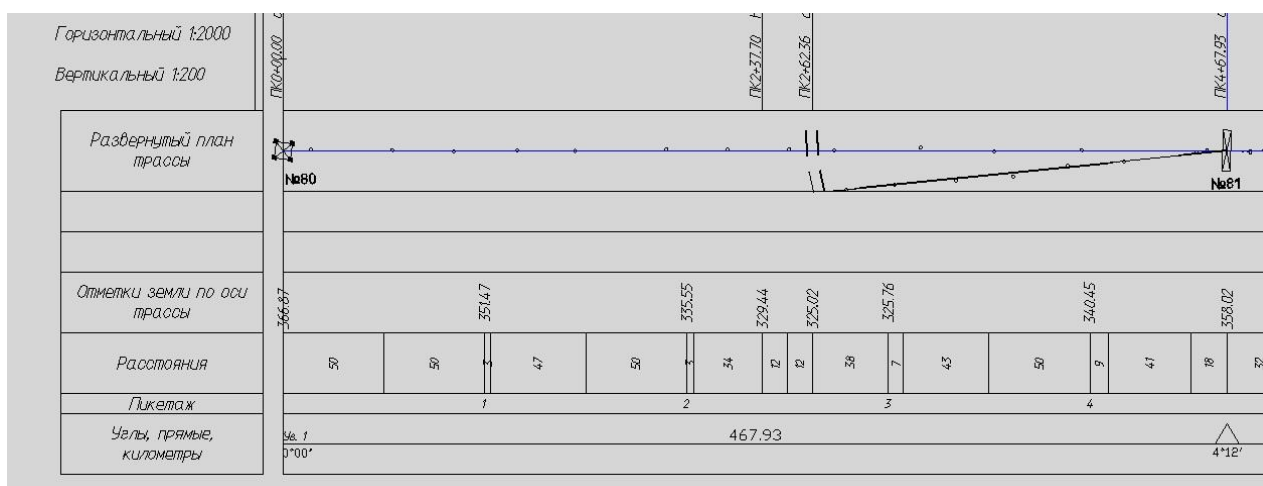


Рис. 2. Содержание и расположение граф в сетке профиля при реконструкции линии электропередач

В сетку продольного профиля автоматически вносятся фактические данные линии: пикетаж, прямые, углы поворота, отметки земли по трассе, методом создания полосок подвала. Внутри каждого пикета в полоске «расстояния» выписывают расстояния между соседними плюсовыми точками, отделяя их вертикальными линиями, которые продолжают над верхней линией профиля. В графе «Пикеты» подписывают номера пикетов 0, 1, 2,... и т.д. В графе «Отметки земли» программа отображает отметки соответствующих пикетов и плюсовых точек, определяя их по ЦМР.

Линия профиля земли строится по фактическим высотам углов поворота трассы, отметкам пикетов и плюсовым точкам, взятым на характерных перегибах рельефа местности и в местах пересечений естественных препятствий или искусственных сооружений.

К сожалению, опыт работы во многих программах, в том числе и GeoniCS, показывает, что линия профиля, особенно если строится профиль горной местности, отображается некорректно (см. рис. 3). Поэтому в некоторых местах его приходится сглаживать вручную.

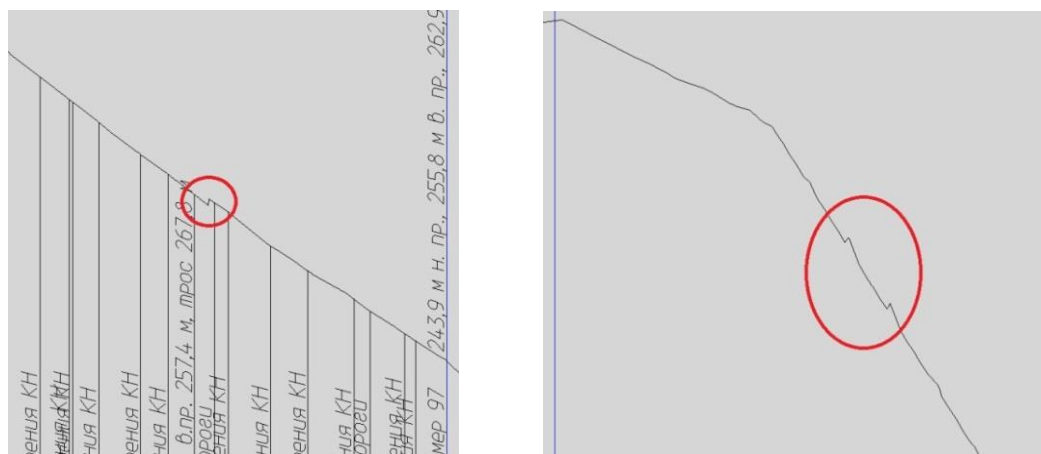


Рис. 3. Некорректное отображение линии профиля

Ситуация местности в первой полоске подпрофильной таблицы наносится в пределах 25-50 м по обе стороны трассы [5]. Многие пользователи «по старинке» чертят ее вручную, но в GeoniCS есть специальная функция «создать развернутый план трассы». Недостатки этой функции в том, что план создается блоком и искажает топографические знаки (см. рис 4). В работе часто приходится их исправлять вручную.

Большим преимуществом в программе GeoniCS является функция Пикетажные данные и подписи профиля. С помощью подписей в окне профиля можно легко указать высоту провиса проводов, грозозащитных тросов реконструируемой линии, а также пересекаемых линий, что очень важно для дальнейшей работы проектировщиков [8] (рис. 5, 6).

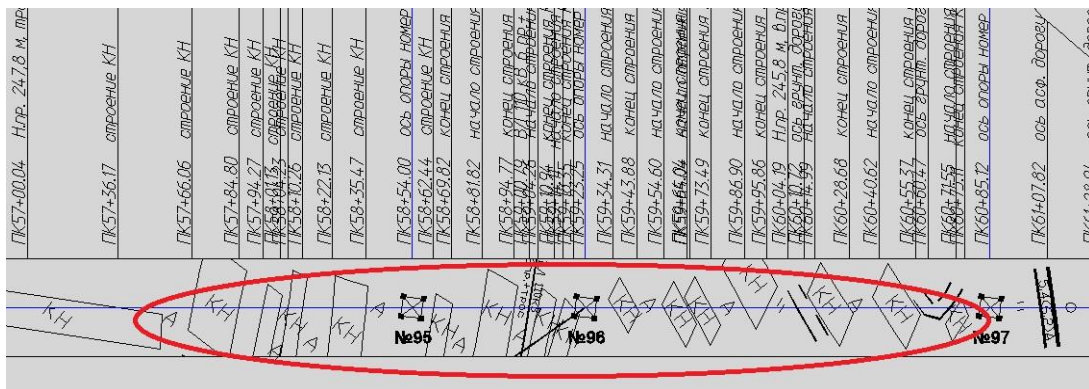


Рис. 4. Некорректное отображение ситуационного плана в сетке профиля

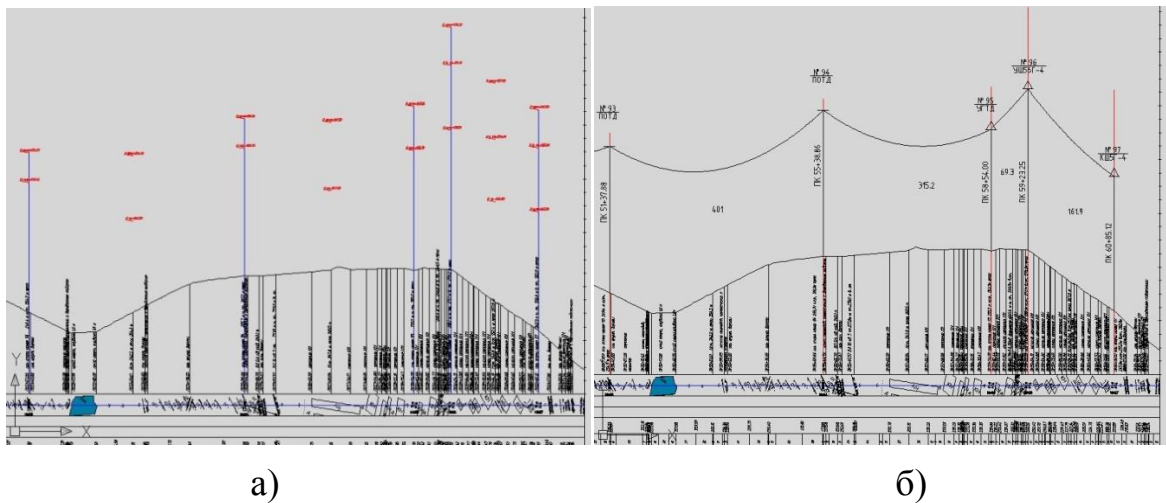


Рис. 5. Профиль реконструируемой ЛЭП:

- а) с отметками провиса проводов;
- б) с нанесением проектировщиками типов опор и грозозащитного троса

Наиболее важным в процессе работы с продольным профилем линии является тщательная обработка полевых материалов и безошибочное составление топографического плана линии. Небрежности и ошибки в камеральных работах и при наличии весьма неточного топографического плана могут привести к серьезным дефектам при составлении продольного профиля линии электропередач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А. В. Демин, В. В. Алексеев, В. М. Арсеньев, И. Г. Барг (АО "Фирма ОРГРЭС"), С. Н. Шаповалов, Е.В. Горохов (Донбасская государственная академия архитектуры и строительства) «Методические указания по оценке технического состояния воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ и их элементов».
2. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения / Минстрой России. – М.: ПНИИИС Минстроя России, 1997.

3. Ловягин В. Ф. Геоинформационные технологии в инженерных изысканиях трасс линейных сооружений: монография. – Новосибирск: СГГА. – 2010. – 150 с.
4. Кужелева А. И., Степанов Д. Н. Решение задач инженерных изысканий в ПК GeoniCS // Геопрофи. – 2012, выпуск 4. – С. 53–57.
5. Методические указания к лабораторной работе «Построение продольного профиля» / сост. М. А. Кардаев – Сиб. авт.-дор.институт. Омск, 1980. – 12 с.
6. СП 11 – 104 – 97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства / Госстрой России. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997.
7. Карпик А. П., Никитин А. В. Теория моделирования пространственной длины трассы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 49–53.
8. Середович А. В., Ситуха О. А., Горохова Е. И. Определение геометрических параметров элементов опор ЛЭП с использованием наземного лазерного сканирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 211–213.
9. Каленицкий А. И., Дубровский А. В., Бударова В. А. Технология обработки результатов геодезического обеспечения 3D сейсморазведки на территориях месторождений нефти и газа // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 21–27.

© А. А. Ершова, 2014

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПЕРЕДАЧИ КООРДИНАТ НА МОНТАЖНЫЕ ГОРИЗОНТЫ

Артём Георгиевич Моисеев

ЗАО «Стройконсалтинг» (группа компаний ПТК-30), 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. М. Горького 24, геодезист, тел. 8-913-701-73-66, e-mail: Artums@mail.ru

Технологическая схема передачи координат на монтажные горизонты с использованием зенит-прибора, модернизированной палетки и лазерной рулетки.

Ключевые слова: передача координат на монтажные горизонты, строительство высотных сооружений, зенит-прибор, палетка.

TECHNOLOGICAL SCHEME OF TRANSFER OF COORDINATES ON ASSEMBLING HORIZONS

Artyom G. Moiseev

ZAО «Stroikonsalting» (group of companies PTK-30), 630099, Russia, Novosibirsk, 24 Maxim Gorky St., geodesist, tel. 8-913-701-73-66, e-mail: Artums@mail.ru

Technological scheme of transfer of coordinates on assembling horizons using Zenit-device, modernized reticulation and laser roulette.

Key words: transfer of reference for assembling horizons, construction of high-rise structures, Zenit-device, reticulation.

В недалёком прошлом строительство многоэтажных сооружений не пользовалось большим спросом в силу ряда аспектов. В нынешнее же время высотное строительство пользуется очень большой популярностью. Из всех известных технологий в наше время, самой надёжной является монолитное строительство. Поэтому большинство строительных организаций, профилирующих на высотном строительстве, используют именно данную технологию.

Для обеспечения строгого соответствия всех геометрических параметров проектным, процесс возведения высотного сооружения нуждается в целом ряде инженерно-геодезических работ, большинство которых всем известны. Следует обратить внимание на некоторые из них, а именно на передачу координат на монтажные горизонты.

Для обеспечения высокой точности в процессе строительства необходимо иметь несколько закреплённых пунктов с известными уравненными координатами на незначительном расстоянии от места будущего строительства. Как показывает практика большое удобство в работе доставляет использование самоклеющихся отражательных марок. Применение данных марок может значительно облегчить процесс поднятия координат на монтажный горизонт вплоть до шестого этажа (порядка 20 метров), при условии использования электронных тахеометров с функцией обратной линейно-угловой засечки и точностью считывания отсчётов по горизонтальному кругу не менее 5". С целью достиже-

ния требуемой точности как на шестом, так и на двадцатых этажах, следует произвести ряд инженерно-геодезических мероприятий в процессе возведения перекрытия подвального помещения. Для этого необходимо согласовать с проектным институтом как минимум три технологических отверстия размером 150*150мм в перекрытиях всех без исключения этажей, с последующим закреплением специальных закладных деталей в перекрытии подвала и вынесением на них координат, опять же с помощью точного электронного тахеометра способом полярных координат. При этом важно обеспечивать сохранность этих закладных на протяжении всего процесса возведения сооружения. Непосредственно перед бетонированием каждого перекрытия стоит уделять особое внимание отверстиям для передачи координат.

Из практики производства работ точность передачи координат свыше шестого этажа с помощью электронного тахеометра способом обратной линейно-угловой засечки является неприемлемой т.к. составляет около 6-ти миллиметров в плане [1, 10, 11, 12]. Следовательно, возникает необходимость применения других способов, одним из наиболее практичных, является способ передачи плановых координат на монтажные горизонты с помощью зенит-прибора. Современные зенит-приборы позволяют производить работы с точностью до 2х миллиметров на 100 метров и оснащаются лазерными указателями, что значительно упрощает процесс передачи горизонтальных координат на монтажные горизонты. Как показывает практика использование обыкновенной палетки при работе зенит-прибором с лазерным указателем не совсем удобно, лучше применять обыкновенное оргстекло обклеенное миллиметровой бумагой, на которой карандашом отрисовываются четыре точки положения лазерного луча зенит-прибора ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$), и способом интерполирования находится среднее. В процессе работы зенит-прибором необходимо учитывать потерю точности передачи координат из-за неравномерного прогрева солнечными лучами тела бетона, и как следствие турбулентности воздушных масс. Поэтому важным моментом при передаче координат на монтажные горизонты является выбор времени суток выполнения работ. Наиболее благоприятным временем следует считать утренние и вечерние часы, когда солнечная активность минимальна, или же в пасмурную погоду.

Передачу высотной координаты на монтажные горизонты необходимо выполнять геометрическим нивелированием различными методами [2 - 9]. На практике наиболее простым и надёжным является использование лазерной, заранее откомпарированной рулетки.

Итак, из выше изложенного можно составить технологическую схему и сопутствующие ей процессы передачи координат на монтажные горизонты:

1 создание плано-высотного основания на строительной площадке (закрепление, измерения и уравнивание координат пунктов)

2 согласование технологических отверстий в перекрытиях, закрепление закладных деталей перекрытия подвала и передача на них координат.

3 передача координат на монтажные горизонты с помощью электронного тахеометра способом обратной линейно-угловой засечки.

4 передача горизонтальных координат на монтажные горизонты с помощью зенит-прибора и модернизированной палетки.

5 передача высотной координаты на монтажные горизонты с помощью компарированной лазерной рулетки.

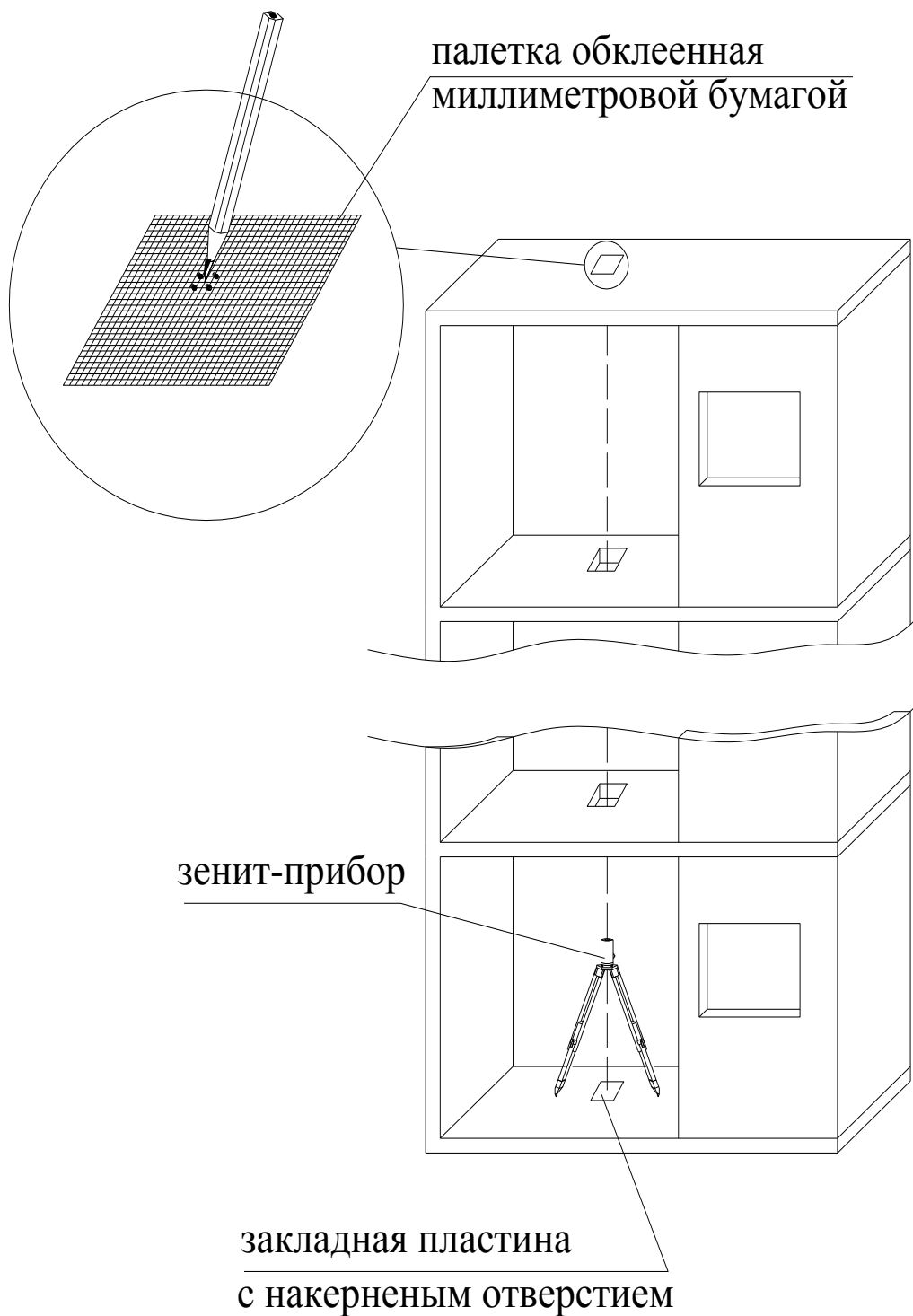


Рис. 1. Схема передачи горизонтальных координат на монтажные горизонты

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНИП 3.03.01.87. Несущие и ограждающие конструкции – М.: Госстрой СССР, 1987. – 90 с.
2. Сальников В. Г. Геодезические работы при возведении градирен большой высоты // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 72–77.
3. Конопальцев И. М. К вопросу об улучшении способа геометрического нивелирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1966. – № 4. – С. 61–71.
4. Никонов А. В. Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами способом из середины // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 1. – С. 28–34.
5. Конопальцев И. М. К вопросу об улучшении способа геометрического нивелирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1966. – № 4. – С. 61–71.
6. Инструкция по нивелированию I II III IV классов. ГКИНП(ГИТА) – 03-010-03.2004. – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 226 с.
7. Уставич Г. А. О совершенствовании технологий нивелирования // Геодезия и картография. – 2005. – № 3. – С. 11–13.
8. Уставич Г. А. Технология выполнения высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами // Геодезия и картография. – 2006. – № 2. – С. 3–6.
9. Уставич Г. А., Шаульский В. Ф., Винокурова О. И. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов // Геодезия и картография. – 2003. – № 7. – С. 10–15; 2003. – № 8. – С. 5–11.
10. Никонов А. В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдения за осадками сооружений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 78–87.
11. Уставич Г. А., Рахымбердина М. Е. Разработка программ наблюдений тахеометром на нивелирной станции способом из середины // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 163–169.
12. Никонов А. В. К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 93–101.

© А. Г. Мусеев, 2014

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ В СРЕДЕ MAPINFO

Любовь Семеновна Любивая

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)361-09-48, e-mail: lubls@mail.ru

В статье рассмотрен программный продукт MapProject, созданный в среде MapInfo при участии автора и позволяющий существенно сократить время проектирования объектов инфраструктуры.

Ключевые слова: программный продукт, объекты инфраструктуры, проектирование, среда MapInfo.

INFRASTRUCTURE PROJECTS DESIGNING IN MAPINFO ENVIRONMENT

Liubov S. Lyubivaya

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc Prof, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (383)361-09-48, e-mail: lubls@mail.ru

Program product MapProject developed by the authors in MapInfo environment is presented. It allows essential reduction of time for infrastructure projects designing.

Key words: program product, infrastructure projects, designing, MapInfo environment.

Сегодня в проектных организациях, занимающихся разработкой и проектированием генеральных планов объектов промышленного и гражданского строительства, автомобильных и железных дорог, трубопроводов, для проектирования объектов инфраструктуры широко используется отраслевой программный продукт AutoCAD Civil 3D (Autodesk), а так же CREDO (Кредо-Диалог). Новые возможности перед проектировщиками открывает применение геоинформационных систем (ГИС).

Применение при проектировании ГИС, таких как полнофункциональная геоинформационная система MapInfo Professional, позволяет всем участникам проекта (заказчикам, проектировщикам, строителям) быть объединенными в единую информационную среду и, как следствие, иметь возможность обмениваться результатами и корректировками проекта без потери данных. Это ускоряет сам процесс проектирования и способствует принятию обоснованных решений.

Начиная от геодезических изысканий и до строительных работ, от разработки концепции здания до его возведения и сдачи в эксплуатацию использование ГИС позволяет проектным группам извлекать необходимые данные из единой информационной модели, что обеспечивает:

- использование точных и скоординированных данных на всех этапах проекта;
- оперативное реагирование на изменения в проекте;
- визуализацию проектов генплана;
- выпуск рабочей документации высокого качества.

Среда программирования для MapInfo Professional, MapBasic, позволяет адаптировать MapInfo для решения самого широкого спектра задач и разрабатывать приложения для специалистов различного профиля. MapProject - программный продукт, созданный в среде MapInfo при участии автора и успешно применяемый в течение ряда лет в ОАО «Новосибирскгражданпроект» [4, 6].

Программный продукт MapProject позволяет существенно сократить время проектирования внешних инженерных сетей, таких как канализация, ливневая канализация, водопровод, газопровод, тепловые сети, а также автомобильных и железных дорог.

MapProject выполняет:

- установление красных линий;
- проектирование генеральных планов в части построения плана земляных масс и объемов земляных масс;
- построение цифровой модели рельефа земли (ЦМР-земля), построение цифровой модели проектной земли (ЦМР-проект);
- трассирование ломаных с произвольными шагом, радиусами кривых и переходных кривых, трассирование кривых по хордам с произвольным шагом, трассирование по пути;
- построение произвольных сеток в произвольной замкнутой области и набором различных шагов по оси X и по оси Y;
- построение профилей как продольных, так и поперечных для всех выше перечисленных сетей с отображением геологической информации на них и подземных коммуникаций, геологических разрезов;
- построение произвольных откосов, оптимизирование оси бровки земляного полотна трассы по насыпи и выемке, вычисление объемов земляных работ;
- выдачу каталогов координат по любым кривым и ломаным;
- формирование штампа как для фиксированных форматов, так и произвольных;
- организацию растровых планшетов различных масштабов для быстрой их визуализации в MapInfo.

MapProject так же позволяет выравнивать растры, обрабатывать аэрофотоснимки, космические снимки с известными и неизвестными параметрами фотографирования и снимки, сделанные непрофессиональными камерами с любого разумного расстояния [1, 2, 3, 5, 7]. Обработка снимков и выравнивание растров связана с актуализацией топографических планов для целей проектирования, созданием опорных планов, служащих основой для создания генпланов городов и поселков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Любивая Л. С., Полещенков В. Н. Совершенствование технологий создания и использования фотокарт для кадастровых планов. // Современные проблемы геодезии и оптики. LI науч.-техн.конф. (Новосибирск, 16-19 апреля 2001 г.) – Новосибирск, 2001. – С. 135.
2. Любивая Л. С., Полещенков В. Н. Совершенствование технологий создания и использования для кадастровых работ фотокарт крупного масштаба // Вестник СГГА. – 2003. – Вып. 8. – С. 113–114.
3. Любивая Л. С., Полещенков В. Н. Совершенствование технологий создания и использования ортофотоснимков // Современные проблемы геодезии и оптики. LII Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 70-летию СГГА. : сб. материалов (Новосибирск, 11-21 марта 2003 г.). – Новосибирск: СГГА, 2003. Ч. III. – С. 278–280.
4. Любивая Л. С., Полещенков В. Н. Элементы проектирования в среде MapInfo // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 1, ч. 1. – С. 135–138.
5. Любивая Л. С., Полещенков В. Н. Точность обработки снимков цифровых фотоаппаратов по программе MapPhoto при обновлении крупномасштабных планов для целей проектирования и строительства // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 100–102.
6. Любивая Л. С., Полещенков В. Н. Совершенствование технологии обработки результатов измерений для создания геодезического обеспечения проектирования и строительства // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 69–71.
7. Любивая Л. С. Совершенствование технологии учета деформации картографического материала, используемого для дигитализации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 4. – С. 196–198.

© Л. С. Любивая, 2014

УЧЁТ СРЕДНИХ КВАДРАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПОРНЫХ КООРДИНАТ И ПРИБЛИЖЁННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПРИ УРАВНИВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Владимир Абрамович Падве

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем, тел. (383)343-18-54, 8-913-958-12-34, 8-923-121-96-56, e-mail: evdapav@mail.ru

Предлагается трансформирование части необходимых измерений и их средних квадратических погрешностей (СКП) в приближённые значения параметров, сопровождаемые СКП этих значений. Одновременно учитываются СКП координат опорных точек. Эффект трансформирования – уменьшение объёма уравнивательных вычислений.

Ключевые слова: средние квадратические погрешности (СКП), приближённые значения параметров, координаты опорных точек.

COMPUTATION OF ROOT-SUM-SQUARE UNCERTAINTIES OF DATA AND OF APPROXIMATE VALUES OF PARAMETERS IN ADJUSTMENT OF MEASUREMENT RESULTS

Vladimir A. Padve

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., associate professor, department of the applied computer science and information systems, tel. (383)343-18-54, 8-913-958-12-34, 8-923-121-96-56, e-mail: evdapav@mail.ru

Transformation is proposed for part of required measurements and their root-sum-square uncertainties (RSSU) into approximate parameter values, accompanied by the RSSU of these values. At the same time, RSSU of reference point coordinates are computed. The effect of transformation consists in reducing the amount of adjustment computation.

Key words: A root-sum-square uncertainties (RSSU), approximate parameter values, coordinates of reference points.

Традиционный алгоритм параметрического способа МНК-оптимизации (уравнивания) и оценки точности результатов геодезических измерений предполагает, что приближённые значения x_{kl} параметров \mathcal{K}_{kl} являются неслучайными величинами, точность которых не определена. Число линейно независимых параметров k обуславливается целью создания геодезического построения.

Реально приближённые значения параметров x_{kl} вычисляются по части измеренных данных y_{kl} , являющихся случайными величинами и характеризующихся априорной ковариационной матрицей $K_{kk} = \sigma_0^2 \cdot P_{kk}^{-1}$, известной с точностью до показателя точности σ_0^2 . Учёт весов приближённых значений параметров известен в геодезической литературе, например, в работах [1] и [2]. Мы уже предлагали иное решение той же задачи [3], которое ниже будет расширено с учётом СКП координат Z_{q1} опорных пунктов.

Если вычислять компоненты вектора x_{kl} по необходимым измерениям y_{kl} , изымая их из общего вектора измерений y_{nl} то, во-первых, приближённые значения станут случайными величинами, будучи функциями случайных аргументов:

$$\mathcal{G}_{kl} = \mathcal{F}_{kl}(\mathcal{Y}_{kl}; \mathbf{Z}_{q1}). \quad (1)$$

Во-вторых, используя блок K_{kk} ковариационной матрицы $K_y = K_{nn}$, мы можем найти искомую ковариационную матрицу K_x теперь уже случайного вектора x_{kl} :

$$K_x = f_{kk} \cdot K_{kk} \cdot f_{kk}^T, \quad (2)$$

где $f_{kk} = \{\partial \mathcal{F}_{kl} / \partial \mathcal{Y}_{kl}\}_y$ – частные производные функций, определяющих значения k параметров по использованным k измерениям.

Данная процедура приведёт к уменьшению объёма вектора измерений y_{nl} , в котором останутся только избыточные измерения y_{rl} , число которых равно разности $r = n - k$. Одновременно уменьшится ковариационная матрица $K_y(n, n)$, сократившись на блок $K_y(k, k)$ и став матрицей $K_y(r, r)$.

Такой алгоритм может быть получен как частный случай универсального синтезированного алгоритма [4]:

$$\begin{pmatrix} K_z^{-1} & 0 & 0 & C^T \\ 0 & K_y^{-1} & 0 & -I \\ 0 & 0 & K_x^{-1} \equiv 0 & A^T \\ C & -I & A & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{Z} \\ \tilde{V} \\ \tilde{X} \\ \Lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ L \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Здесь K_z – ковариационная матрица опорных координат, I_{nn} – единичная матрица; C_{nq} , A_{nk} и L_{n1} – коэффициенты и свободные члены параметрических уравнений поправок, \tilde{V}_{n1} и \tilde{X}_{k1} – МНК-поправки в измерения и к приближённым значениям параметров, соответственно, Λ_{n1} – неопределённые множители Лагранжа (коррелаты).

После выполнения преобразований, предложенных выше, гиперсистема (3) уменьшится на $2k$ строк и $2k$ столбцов, а обратная ковариационная матрица приближённых значений параметров K_x^{-1} будет содержать конкретные числовые значения:

$$\begin{pmatrix} K_z^{-1} & 0 & 0 & C^T \\ 0 & K_y^{-1} & 0 & -I \\ 0 & 0 & K_x^{-1} & A^T \\ C & -I & A & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{Z} \\ \tilde{V} \\ \tilde{X} \\ \Lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ L \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Уменьшение размеров гиперматрицы коэффициентов произойдёт за счёт уменьшения размеров блока K_y^{-1} на k строк и k столбцов, а так же сокращения числа строк в матрицах C и A на k строк. Соответственно уменьшатся на $2k$ строк как вектор неизвестных, так и вектор правых частей, включая блок свободных членов L .

Одношаговое решение гиперсистемы (4) имеет вид:

$$\begin{pmatrix} \tilde{Z} \\ \tilde{V} \\ \tilde{X} \\ \Lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{\bar{Z}} & K_{\bar{Z}\bar{Y}} & K_{\bar{Z}\bar{X}} & K_{\bar{Z}\Lambda} \\ K_{\bar{Y}\bar{Z}} & K_{\bar{Y}} & K_{\bar{Y}\bar{X}} & K_{\bar{Y}\Lambda} \\ K_{\bar{X}\bar{Z}} & K_{\bar{X}\bar{Y}} & K_{\bar{X}} & K_{\bar{X}\Lambda} \\ K_{\Lambda\bar{Z}} & K_{\Lambda\bar{Y}} & K_{\Lambda\bar{X}} & -K_{\Lambda} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ L \end{pmatrix}. \quad (4)$$

В результате такого решения мы сразу получаем:

1) вектор МНК-поправок \tilde{Z}_{q1} к опорным координатам z_{q1} , \tilde{V}_{r1} к избыточным измерениям y_{r1} , \tilde{X}_{k1} к приближённым значениям параметров x_{k1} и вектор коррелат Λ_{r1} ;

2) априорные ковариационные матрицы-блоки уравненных (МНК-оптимизированных) опорных координат, измерений, параметров и коррелат, являющиеся блоками обратной матрицы коэффициентов системы (3).

Вектор коррелат Λ_{r1} может быть востребован для контроля вычислений:

$$\tilde{Z}_{q1} = -K_z \cdot C^T \cdot \Lambda_{r1} \quad \tilde{V}_{r1} = K_{rr} \cdot \Lambda_{r1}; \quad \tilde{X}_{k1} = -K_x \cdot A^T \cdot \Lambda_{r1}. \quad (5)$$

Показатель точности измерений оценивается апостериори по трём векторам МНК-поправок:

$$\mu^2 = (\tilde{Z}^T K_z^{-1} \tilde{Z} + \tilde{V}^T K_{rr}^{-1} \tilde{V} + \tilde{X}^T K_x^{-1} \tilde{X}) / r. \quad (6)$$

Апостериорную оценку точности уравненных измерений и параметров получим, умножив соответствующие блоки матрицы (5) на показатель точности:

$$\bar{K}_{\bar{Z}} = \mu^2 \cdot K_{\bar{Z}} \quad \bar{K}_{\bar{Y}} = \mu^2 \cdot K_{\bar{Y}} \quad \bar{K}_{\bar{X}} = \mu^2 \cdot K_{\bar{X}}. \quad (7)$$

Проблемы математической обработки геопространственных данных, затронутые в данной работе, обсуждаются и решаются во многих трудах учёных Сибирской государственной геодезической академии [5 – 15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wells D. E., Krakiwsky E. J. The Method of least squares. University of New Brunswick D.E. Wells, E.J. Krakiwsky, Canada, 1971.
2. Маркузе Ю. И. Теория математической обработки геодезических измерений, Кн. 2. – М.: МИИГАиК, 2005. – С. 19–21.

3. Падве В. А. Преобразование необходимых измерений в случайные приближённые значения параметров при МНК-оптимизации геопространственных данных // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1. – С. 178–180.
4. Падве В. А. Потенциал универсального синтезированного алгоритма МНК-оптимизации геодезических данных // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2012. – № 4. – С. 34–42.
5. Антипов И. Т. Проверка соблюдения основного положения способа наименьших квадратов при параметрическом способе уравнивания // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2013. – № 4. – С. 79–83.
6. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: монография. В 2 т. Т. 1. – М.: Картгеоцентр, 2005. – 334 с.
7. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: монография. В 2 т. Т. 2. – М.: Картгеоцентр, 2006. – 360 с.
8. Барлиани А. Г. Разработка алгоритмов уравнивания и оценки точности свободных и несвободных геодезических сетей на основе псевдонормального решения: монография. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 135 с.
9. Гуляев Ю. П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений: монография. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 256 с.
10. Гуляев Ю. П., Хорошилов В. С. Математическое моделирование. Анализ и прогнозирование деформаций сооружений по геодезическим данным на основе кинематической модели: учебное пособие. – Новосибирск: СГГА, 2012 – 93 с.
11. Мазуров Б. Т. Дорогова И. Е., Дербенёв К. В. Горизонтальные движения земной коры вращательного характера, наблюдаемые на геодинамических полигонах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 232–236.
12. Некрасова О. И., Мазуров Б. Т. Аппроксимация гравитационного влияния рельефа. / Б.Т. Мазуров // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 211–213.
13. Панкрушин В. К. Математическое моделирование и идентификация геодинамических систем: монография. – Новосибирск: СГГА, 2002. – 423 с.
14. Середович В. А. Идентификация движений и напряжённо-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем. / В. А. Середович, В. К. Панкрушин, Ю. И. Кузнецов и [др.] – Новосибирск: СГГА, 2004. – 356 с.
15. Карпик А. П. Разработка методики качественной и количественной оценки кадастровой информации // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2013. – № 4. – С. 137–142.

© В. А. Падве, 2014

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Артём Георгиевич Моисеев

ЗАО «Стройконсалтинг» (группа компаний ПТК-30), 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. М. Горького 24, геодезист, тел. 8-913-701-73-66, e-mail: Artums@mail.ru

Технологическая схема разбивочных работ при строительстве высотных сооружений координатным способом.

Ключевые слова: строительство высотных сооружений, разбивочные работы на монтажных горизонтах, электронный тахеометр, обратная засечка, координатный способ.

TECHNOLOGICAL SCHEME STAKEOUT WORK AT CONSTRUCTION OF HIGH-RISE STRUCTURES

Artyom G. Moiseev

ЗАО «Stroikonsalting» (group of companies PTK-30), 630099, Russia, Novosibirsk, 24 Maxim Gorky St., geodesist, tel. 8-913-701-73-66, e-mail: Artums@mail.ru

Technological scheme Stakeout work at construction of high-rise structures coordinate method.

Key words: construction of high-rise structures, marking works at construction sites, electronic tacheometer, reticulation, free station, coordinate method.

В процессе строительства многоэтажных жилых домов (порядка 80ми метров) существует необходимость отлаженных и отвечающих требованиям ППР и СНиПа действий со стороны инженерно-геодезического состава [1]. В виду данного аспекта была разработана и опробирована на производстве технологическая схема ведения разбивочных работ на монтажных горизонтах [2, 3, 9, 10, 11].

В первую очередь необходимо подготовить разбивочный чертёж. В среде AutoCAD вычерчиваются оси здания, все монолитные конструкции нужного монтажного горизонта и точки поднятия координат, причём для удобства разбивочных работ за начало координат необходимо выбрать такую точку, чтобы на всём монтажном горизонте не было отрицательных координат. Следует отметить, что масштаб чертежа должен быть 1:1. Это делается для простоты получения разбивочных координат (рис. 1) [8].

Из практики известно, что вынесение и закрепление осей на монтажных горизонтах нецелесообразно по причине либо большого расстояния от осей до тела бетона, либо прохождения осей внутри стен и колонн. Поэтому разбивочные работы по большей части ведутся способом параллельных створов, и лишь часть точек выносятся способом полярных координат. Существенным моментом является расстояние от тела бетона, на котором будут закреплены выноски. Его следует выбрать таким, чтобы точка не оказалась под опалубкой и была не

слишком отдалена. Оптимальным является расстояние в 50 см. Итак, зная расстояние от тела бетона до выносимых линий, на чертеже ставятся точки на данном расстоянии со всех сторон будущих конструкций. Далее следует процесс снятия координат, можно это делать в ручную, выбирая каждую точку и копируя на чертёж её координаты, либо с помощью приложения EZYsurf, которое позволяет выбрать все точки сразу и вывести на чертёж значения их координат. Единственным важным замечанием является то, что координатная система AutoCAD отличается от геодезической, а значит необходимо координаты поменять местами (рис. 2).

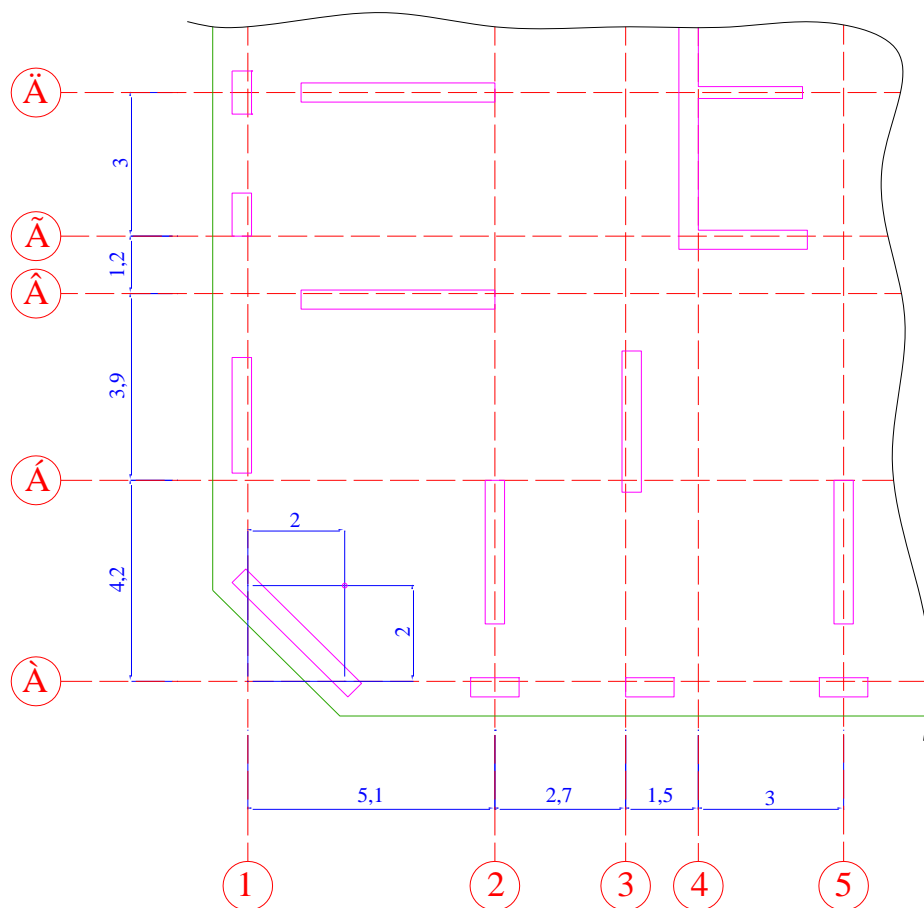


Рис. 2. Вычерченная схема в среде AutoCAD получения разбивочных координат

На практике проверено, что отрисованные выносные линии на бетоне не долговечны и скорее всего будут уничтожены в ближайшее время. Целесообразнее использовать распиленные из фанеры прямоугольники размером 100*50мм. Их заранее прибавают к перекрытию на необходимом расстоянии. Забив в выносимую точку на фанере небольшой гвоздь (40-50мм) легко добиться точности разбивочных работ до 3мм. Следует отметить, удобство использования этих же точек для исполнительной съёмки в силу их надёжности и долговечности.

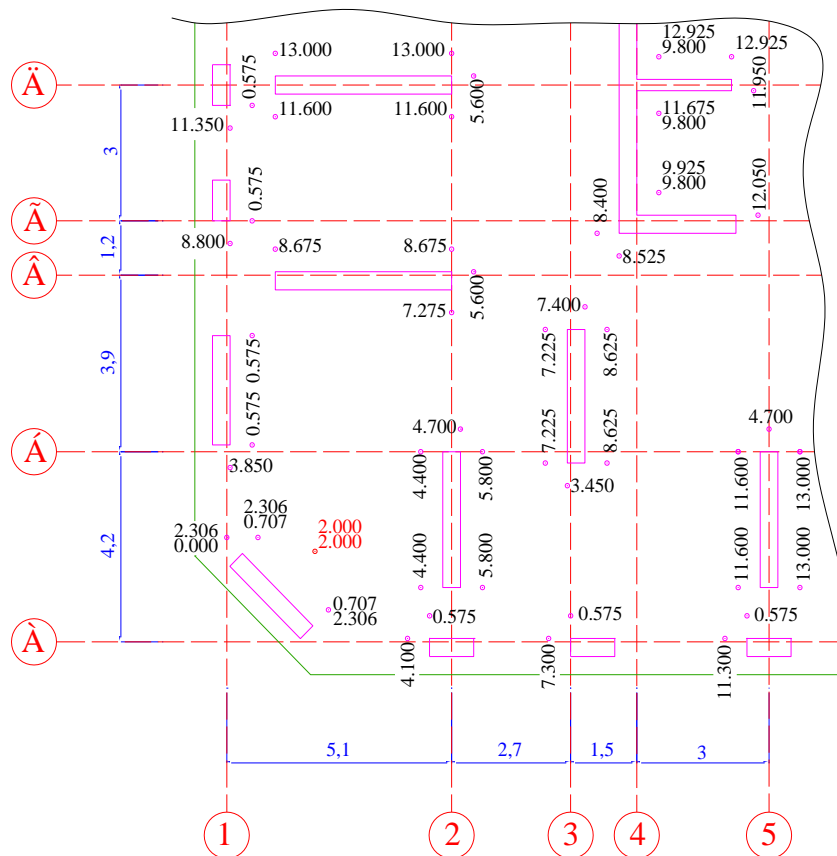


Рис. 2. Схема с разбивочными координатами

Разбивочные работы начинают с решения обратной линейно-угловой за-сечки по поднятым координатам на монтажный горизонт [4 - 6]. Выставляя на палетки мини-призму с известной и учтённой в тахеометре глубиной отражателя, производят измерения как минимум по двум точкам с контролем на третью. При условии допустимой невязки определения координат станции и невязки определения координат «третьей» точки приступают непосредственно к разбивочным работам.

Вынос точек по оси абсцисс или ординат выполняется в следующем порядке: произвольная установка отражателя на закреплённую фанерку, взятие отсчёта по отражателю и сравнение полученных данных с расчётными значениями. Затем следует корректировка положения отражателя на определённое расстояние, повторное измерение и закрепление точки на фанерке гвоздём. При взаимном расположении колонн в одной плоскости не обязательно выносить отметки планового положения каждой грани. Использование натянутой нити закреплённой на гвоздях значительно увеличивает скорость производства разбивочных работ на монтажном горизонте. Особое внимание необходимо уделять выносимым точкам, имеющим две координаты (колонны не параллельные осям или углы). Как правило в этом случае применяется способ полярных координат [7].

По данному тексту можно составить технологическую схему разбивочных работ на монтажном горизонте (рис. 3).



Рис. 3. Технологическая схема разбивочных работ на монтажных горизонте

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНИП 3.03.01.87. Несущие и ограждающие конструкции – М.: Госстрой СССР, 1987. – 90 с.
2. Сальников В. Г. Геодезические работы при возведении градирен большой высоты // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 72–77.
3. Сальников В. Г. Технология геодезических работ при строительстве фундамента турбоагрегата мощностью 420 МВт // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 18–24.
4. Никонов А. В. Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдения за осадками сооружений // Интерэкспо

ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 78–87.

5. Уставич Г. А., Рахымбердина М. Е. Разработка программ наблюдений тахеометром на нивелирной станции способом из середины // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 163–169.

6. Никонов А. В. К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 93–101.

7. Скрипникова М.А. Возможности применения автоматизированных высокоточных электронных тахеометров при измерении деформаций инженерных сооружений // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 131–134.

8. Любивая Л. С., Полещенков В. Н. Совершенствование технологии обработки результатов измерений для создания геодезического обеспечения проектирования и строительства // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 69–71.

9. Кошелев В. А., Карлин К. С., Чахлова А. П. Особенности развития геодезической разбивочной основы в условиях горной местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 87–92.

10. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 26–35.

11. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 28–33.

© А. Г. Мусеев, 2014

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ОБРАТНОГО ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Георгий Афанасьевич Уставич

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

Антон Викторович Никонов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, e-mail: sibte@bk.ru

Садуахас Аяшович Бабасов

ТОО «Технологический информационный центр» акимата г. Алматы, 050028, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Достык, 85, директор

В статье предложены технологические схемы выполнения обратного тригонометрического нивелирования с учетом влияния внешних условий.

Ключевые слова: тригонометрическое нивелирование, тахеометр, точность, высота.

METHODS OF INVERSE TRIGONOMETRIC LEVELING

Georgy A. Ustavitch

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Prof., Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (383)343-29-55

Anton V. Nikonov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10, Plakhotnogo St., Ph.D. student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, e-mail: sibte@bk.ru

Saduakhas A. Babasov

Director, Technological Information Centre Akimata, 050028, Alma-Ata, 85 Dostyk Pr.

The article deals with technological schemes performing inverse trigonometric leveling the influence of external conditions.

Key words: trigonometric leveling, total station, accuracy, height.

Использование тригонометрического нивелирования взамен геометрического имеет ряд преимуществ, главным из которых является сокращение времени производства трудоемких полевых работ [1-4]. Как правило, тахеометр устанавливают над исходным репером, измеряют высоту инструмента и производят определения высот пунктов. Обратное нивелирование подразумевает установку тахеометра над определяемой точкой, измерение превышения h_T путем визирования на пункты с известными высотами и измерение высоты прибора рулеткой (рис. 1).

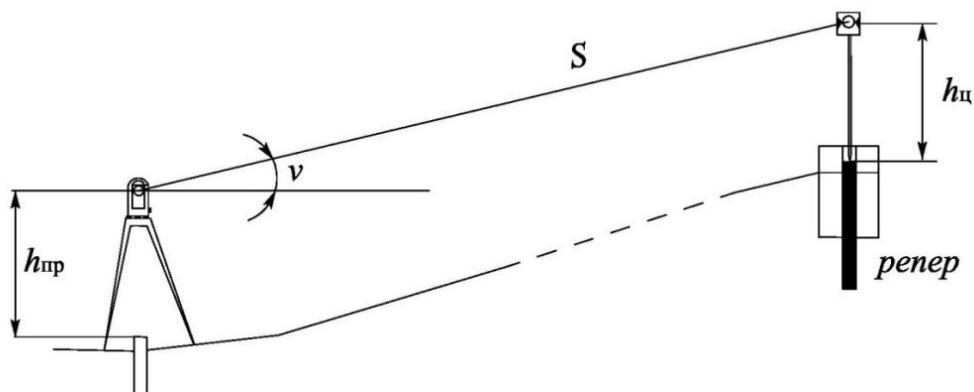


Рис. 1. Схема выполнения тригонометрического нивелирования

В этом случае отметка определяемой точки находится как:

$$H = H_{Rp} + h_{ц} - h_{Т} - h_{пр} , \quad (1)$$

где H_{Rp} – отметка репера; $h_{ц}$ и $h_{пр}$ – высоты цели и прибора соответственно; $h_{Т}$ – превышение из тригонометрического нивелирования ($h_{Т} = S \sin v$).

Данный подход применим, когда над высотным репером нет возможности установить прибор, например, когда в качестве высотной основы используются отражательные пленки (ОП) закрепленные на здании. В программном обеспечении электронных тахеометров предусмотрено определение высоты оси вращения зрительной трубы от нескольких высотных пунктов с вычислением ошибки, которая определяется несогласованностью исходной основы и погрешностями измерений.

При использовании в качестве исходного – одного репера, отсутствует контроль измерений. В этом случае мы предлагаем закреплять на местности вторую точку (2) в ~ 40 м от первой (рис. 2), и производить измерения на нее.

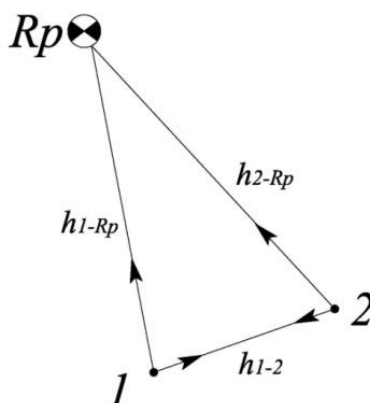


Рис. 2. Схема обратного тригонометрического нивелирования при наличии одного исходного репера

Затем аналогичные измерения выполнять со второй точки. Контролем служит невязка замкнутой фигуры:

$$f = h_{1-Rp} + (-h_{2-Rp}) + h_{1-2}, \quad (2)$$

где h_{1-Rp} и h_{2-Rp} – превышения, измеренные с точек 1 и 2 на высотный репер; h_{1-2} – превышение из двухстороннего нивелирования между точками 1 и 2, взятое с соответствующим знаком.

В данном случае превышения h_{1-Rp} и h_{2-Rp} являются односторонне измеренными. Из работы [5] известно, что в летний период, при прохождении визирного луча на высоте 1,8 м над травой, коэффициенты рефракции могут достигать днем значений: «минус» 2 в пасмурную и «минус» 4 в солнечную погоду. Так, в статье [6] было зафиксировано систематическое искажение измеренного тахеометром превышения $\Delta = -40$ мм, для расстояния $S = 400$ м. Поскольку расстояния от определяемых пунктов 1 и 2 до репера приблизительно одинаковые, то и ошибки за рефракцию в измеряемые превышения, которые можно вычислить по формуле (3), будут также одинаковыми, при условии неизменности коэффициента рефракции k .

$$r = \frac{0,785 S^2}{\sin^2 z} k, \quad (3)$$

где поправка за рефракцию r вводится со знаком минус, S – расстояние до цели в сотнях метров, z – зенитное расстояние, k – коэффициент рефракции.

Поэтому невязка, вычисленная по формуле (2) может быть незначительной, но высоты точек 1 и 2 могут содержать при этом заметную ошибку. В связи с этим данная методика приемлема при проведении работ в периоды времени, когда влияние вертикальной рефракции ожидается незначительным. К таким периодам можно отнести пасмурные дни, а также измерения выполняемые зимой [7-9], исключая время наблюдений в течение 1,5-2 часов после восхода и до захода солнца [10]. Также меньшему влиянию рефракции подвергаются превышения, измеренные по более длинным сторонам, с высоким прохождением визирного луча над подстилающей поверхностью.

При необходимости проведения работ в периоды устойчивого влияния вертикальной рефракции рекомендуется следующий подход. На местности устанавливаются два штатива с трегерами, таким образом, что бы расстояние от одного из них до репера было в более, чем 2 раза меньше, чем от другого (рис. 3). Измерения проводят по ранее описанной схеме, только при визировании между точками 1 – 2 взаимные измерения выполняют с переменной местами отражателя и тахеометра, как это делается при работе по трехштативной системе.

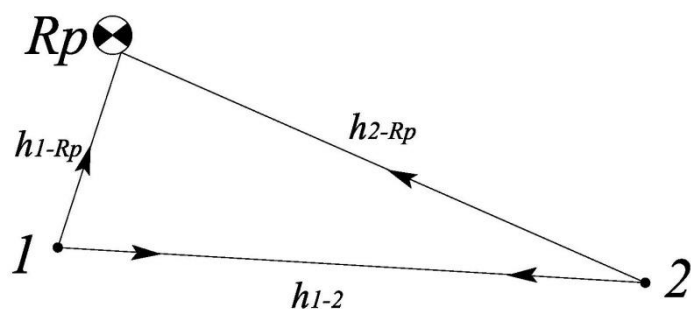


Рис. 3. Схема обратного тригонометрического нивелирования в период устойчивого влияния вертикальной рефракции

В этом случае, если коэффициент рефракции значителен, невязка, найденная по формуле (2) должна отличаться от нуля. Тогда по данным неодновременных двусторонних измерений с точек 1 и 2 вычисляется коэффициент рефракции по формуле [11]:

$$k = 1 - , \quad (4)$$

где R – радиус Земли (6371 км). Далее, подставляя полученный коэффициент рефракции в формулу (3) вычисляются поправки в превышения h_{1-Rp} и h_{2-Rp} , и снова производится подсчет невязки f . Уменьшение невязки является подтверждением правильности выполненных измерений и вычислений.

Следует отметить, что для получения достоверного коэффициента рефракции длина базиса 1–2 должна быть порядка 300 – 400 м, время между измерениями с точки 1 и 2 должно быть сведено к минимуму, а зенитные расстояния следует измерять несколькими приемами. Предположение о равенстве коэффициента рефракции по сторонам треугольника справедливо при однородной подстилающей поверхности вдоль сторон и одинаковых погодных условиях.

Если предположить, что невязка f , вычисленная для полигона на рис.3 определяется только влиянием рефракции (измерения выполнены качественно), а значение превышения h_{1-2} из неодновременных двусторонних наблюдений безошибочно, то можно составить уравнение:

$$\frac{0,785 S_{1-Rp}^2}{\sin^2 z_1} k - \frac{0,785 S_{2-Rp}^2}{\sin^2 z_2} k = f. \quad (5)$$

Решив уравнение (5) относительно k , можно сравнить его со значением, вычисленным по формуле (4). Их согласованность может служить контролем.

Предложенная методика может быть реализована и при наличии двух реперов (рис. 4).

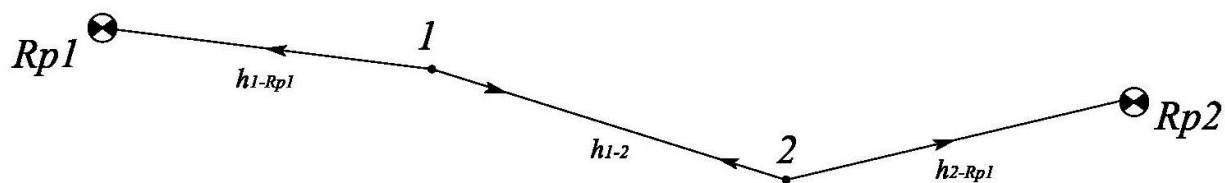


Рис. 4. Схема обратного тригонометрического нивелирования при наличии двух исходных реперов

Измерения предполагается выполнять точными электронными тахеометрами ($m_{\beta} = 2''$, $m_S = 2$ мм). Визировать предполагается на расстояния от 200 до 800 м. При расстояниях приближающихся к предельным необходимо использовать специальные контрастные визирные цели. Предложенные схемы нивелирования могут применяться при сгущении высотного обоснования в целях выполнения топографических съемок и в других случаях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никонов А. В., Бабасов С. А. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 71–78.
2. Никонов А. В., Рахымбердина М. Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 16–26.
3. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 26–35.
4. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 28–33.
5. Hirt C., Guillaume S., Wisbar A., Bürki B. and Sternberg, H. Monitoring of the refraction coefficient of the lower atmosphere using a controlled set-up of simultaneous reciprocal vertical angle measurements // Journal of Geophysical Research (JGR).–2010.–115, D21102.
6. Никонов А. В. Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами способом из середины // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 1. – С. 28–34.
7. Менухов И. И. Из опыта тригонометрического нивелирования зимой // Геодезия и картография. – 1974. – № 9. – С. 20–21.
8. Менухов И. И. О точности измерения зенитных расстояний зимой // Геодезия и картография. – 1980. – № 2. – С. 32–33.
9. Редьков В. С. Применение современных оптических теодолитов при трассировании железных дорог в Сибири : автореф. дис. канд. техн. наук / В.С. Редьков. – Новосибирск : НИИЖТ, 1969. – 23 с.

10. Дрок М. К. Исследование точности определения превышений в ходах геодезического нивелирования на короткие расстояния в равнинной местности // Научные записки ЛПИ. 1961. – №6. – С.183–199.

11. Иордан В., Эггерт О., Кнейсль М. Руководство по высшей геодезии. Ч.II. Прецизионное и тригонометрическое нивелирование – М.:Госгеолтехиздат, 1963. – 263с.

© Г. А. Уставич, А. В. Никонов, С. А. Бабасов, 2014

СОЗДАНИЕ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Алексей Михайлович Яковенко

Институт геофизических исследований, 071100, ВКО, г. Курчатов, площадка Меридиан, начальник лаборатории топогеодезических исследований, тел. 8(72251)2-31-46, e-mail: yakovenko@igr.kz.

Георгий Афанасьевич Уставич

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

Рассмотрены вопросы создания планово-высотного обоснования в условиях радиационного загрязнения территорий в местах проведения подземных ядерных взрывов на примере скважины 101 участка Сары-Узень Семипалатинского испытательного полигона.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, подземный ядерный взрыв, деформация дневной поверхности, планово-высотное обоснование, радиоактивное загрязнение, скважина.

HORIZONTAL AND VERTICAL CONTROL FOR TOPOGRAPHIC AND GEODETIC WORKS UNDER CONDITIONS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF SEMIPALATINSK NUCLEAR TESTING AREA

Alexey M. Yakovenko

Head of Laboratory of Topogeodetic Research, Institute of Geophysical Research, Meridian site, Kurchatov, 071100, tel. 8(72251)231 46, e-mail: yakovenko@igr.kz.

Georgy A. Ustavitch

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Prof., Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (383)343-29-55

Problems of horizontal and vertical control under the conditions of radioactive contamination on the territories of underground explosions are considered. Well 101 (Sary-Uzen site of Semipalatinsk testing area) is presented as an example.

Key words: Semipalatinsk testing area, underground nuclear explosion, Earth surface deformation, horizontal and vertical control, radioactive contamination, well.

В период проведения подземных ядерных взрывов (ПЯВ) на участке Сары-Узень, Семипалатинского испытательного полигона было проведено 24 испытания в «боевых» скважинах [1].

С 90-х годов начаты работы по исследованию участков, подверженных воздействию последствий ядерных испытаний, и проводятся радиоэкологиче-

ские, геоэкологические, геолого-геофизические, топографо-геодезические исследования.

Одним из объектов исследований является скважина 101 участка Сары-Узень. Испытание в скважине проведено 18.12.1966 г, количество зарядов – 1, мощность взрыва 20-150 кт, глубина заложения заряда 427 м. Во время проведения испытания произошел взрыв неполного камуфлета с нештатной радиационной ситуацией [2] и выбросом грунта. Образовалась воронка радиусом около 400 м, высотой бортов 10 – 15 метров, глубиной до 30 м. На объекте и в настоящее время наблюдается повышенный радиационный фон. Общий вид приустьевой площадки скважины 101 показан на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид эпицентральной части скважины 101 участка Сары-Узень

Для целей проведения геодезического мониторинга деформаций дневной поверхности [3, 4], топографо-геодезического обеспечения исследований на объекте, радиологических, землеустроительных работ [5] и создания карт [6] необходимо было создать плано-высотное обоснование (ПВО).

При выполнении полевых работ по заложению пунктов и выполнению наблюдений на них, необходимо было учитывать радиоактивное загрязнение на объекте – персонал участвующий в работах должен быть допущен к производству радиационно-опасных работ как персонал группы «А», необходимо получить наряд допуск на производство радиационно-опасных работ, сокращенное время пребывания в месте проведения работ, на основании [7, 8].

В качестве рабочего проекта был взят разработанный ранее проект наблюдательной сети геомониторинга [9], схема проекта показана на рис. 2.

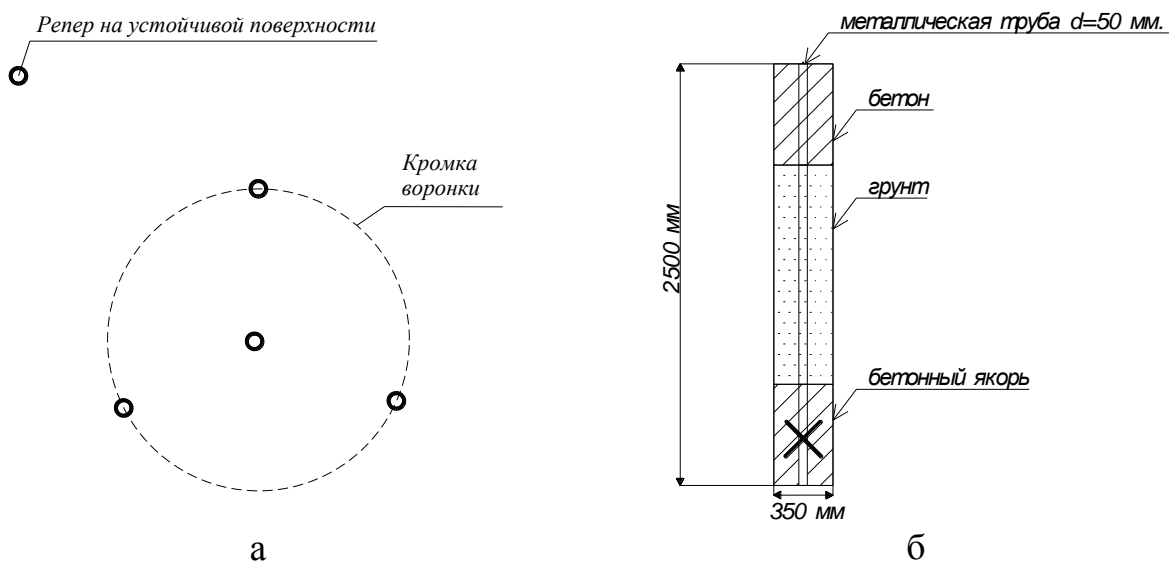


Рис. 2. Планово-высотное обоснование на скважине 101:
а – проект наблюдательной сети; б – конструкция грунтового репера

При этом необходимо было учесть радиоактивное загрязнение на объекте [10, 11], рис. 3.

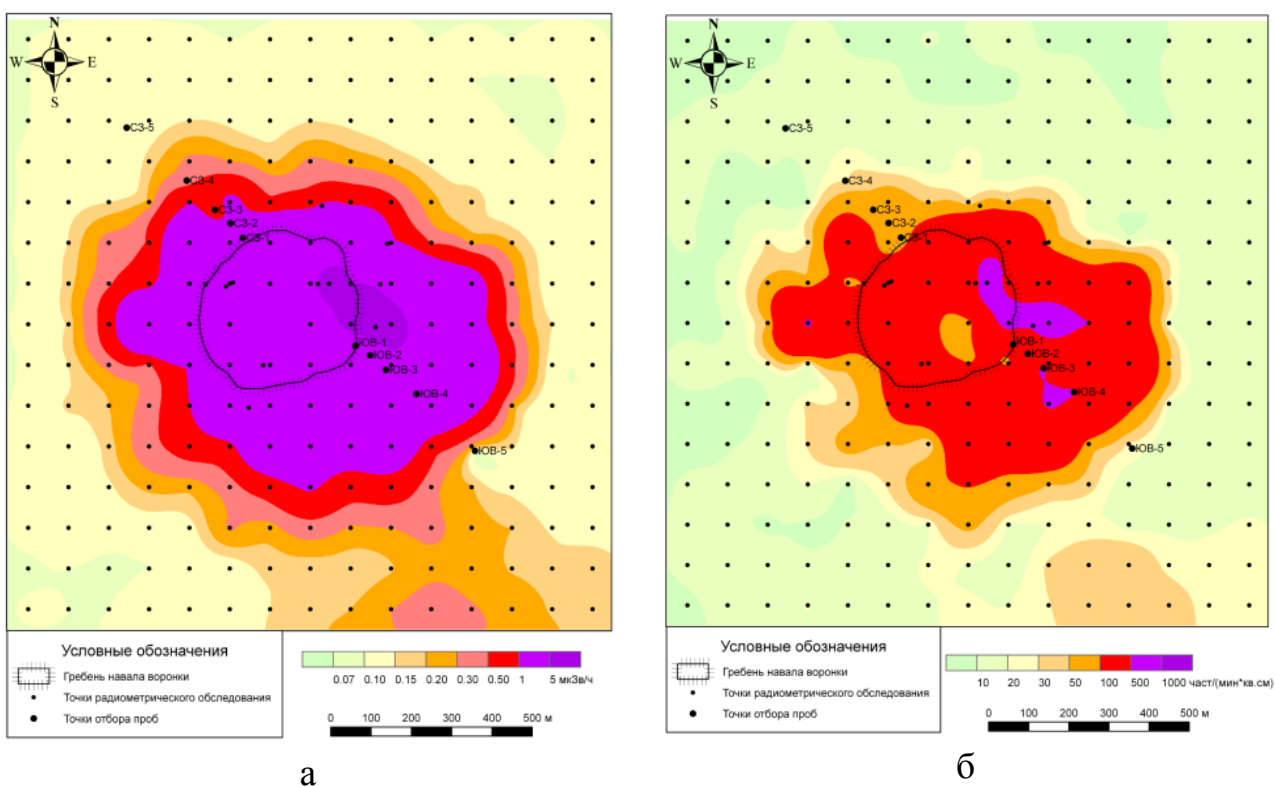


Рис. 3. Карты схемы радиоактивного загрязнения на скважине 101:
а – распределение МЭД; б – распределение потока β -частиц

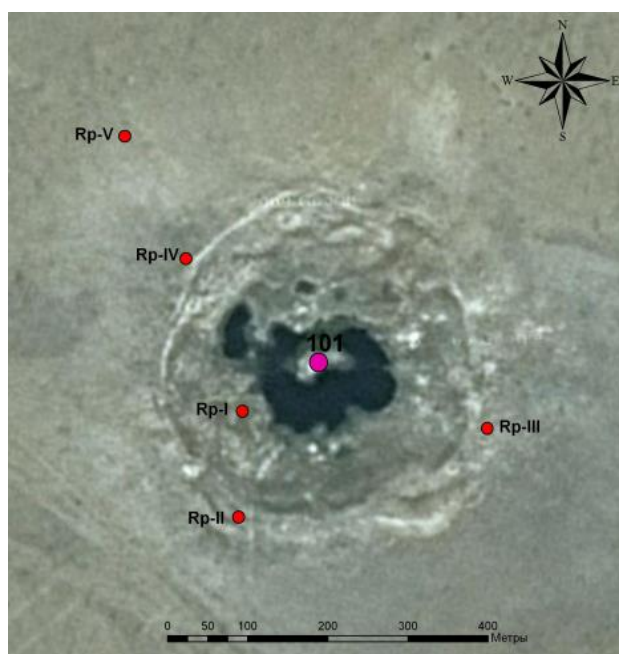
Основываясь на практическом опыте проведения подобных работ, было принято решение о использовании легкой буровой установки – ЛБУ-50М, для уменьшения времени нахождения персонала на загрязненной территории, в связи с этим необходимо было учесть возможность подъезда к месту закладки пунктов ПВО автотранспорта.

На следующем этапе были проведены полевые работы по закладке пунктов ПВО, при выполнении работ по наряду допуску, проводилось радиологическое сопровождение, включавшее в себя:

- контроль мощности дозы на рабочей площадке;
- контроль уровня индивидуальных доз облучения;
- радиометрический контроль производства работ;
- радиометрический контроль оборудования, используемого при производстве работ;
- Дезактивация оборудования и средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Работы по определению планового положения пунктов выполнялись с использованием ГНСС-приемников SpectraPrecision EPOCH 35, обработка полученных данных выполнена с применением программы SpectraPrecisionSurveyOffice 2.30. Высотное положение пунктов определялось методом нивелирования II класса, цифровым нивелиром SOKKIA SDL30 по штрихкодовым рейкам.

Результатом работ стала созданная сеть планово-высотного обоснования на объекте скважина 101 участка Сары-Узень Семипалатинского испытательного полигона, рис. 4.



а



б

Рис. 4. Планово-высотное обоснование на скважине 101:

а – схема созданного ПВО, б – вид пункта ПВО

Созданное планово-высотное обоснование используется для проведения топографо-геодезических работ по проведению геодезического мониторинга деформаций дневной поверхности и топографо-геодезического обеспечения исследований на объекте.

Использованная методика создания ПВО в условиях радиационного загрязнения территории Семипалатинского испытательного полигона позволяет выполнять работы по созданию планово-высотного обоснования для радиационно-загрязненных объектов, в короткие сроки и с учетом всех требований нормативных документов [7, 8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана // Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2010 г. / Под рук. С.Н. Лукошенко – Павлодар: Дом печати, 2011. Выпуск 3, том 2. – С. 251-273.

2. Ядерные испытания СССР./ Коллектив авторов. Под редакцией В.Н. Михайлова. Москва ИздАТ. 1997.

3. Рябова Н. М. Исследование влияния различной освещенности на отсчеты по рейке // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 42–45.

4. Уставич Г. А., Рахымбердина М. Е. Разработка программ наблюдений тахеометром на нивелирной станции способом из середины // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 219–222.

5. Вопросы межевания земель Семипалатинского испытательного полигона / Я. Г. Пошивайло, Ю. Ю. Яковенко, А. М. Яковенко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 29–34.

6. Технологическая схема создания и оценки качества цифровой векторной карты масштаба 10 000. / Г. А. Уставич, С. А. Басов, Д. Ж. Бастаубаева // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 34–38.

7. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности», утверждены постановлением правительства РК, от 03.02.2012 № 201.

8. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности», утверждены постановлением правительства РК, от 03.02.2012 № 202.

9. Яковенко А. М. К проведению геодезического мониторинга в эпицентральных зонах ранее проведенных подземных ядерных взрывов на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 219–222.

10. «Обеспечение радиационной безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона» Республиканская бюджетная программа 038. / Информационный отчет /

Институт радиационной безопасности и экологии (ИРБЭ); рук. Ю. Г. Стрильчук. – Курчатов, 2011. – С. 73.

11. Влияние розы ветров на хозяйственную деятельность на землях, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону / А. К. Какимов, Я. Г. Пошивайло, Б. Ж. Ахметов, Н. А. Кудеринова, М. А. Минаева // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 24–28.

© А. М. Яковенко, Г. А. Уставич, 2014

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ИСХОДНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАТНОЙ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ

Антон Викторович Никонов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, e-mail: sibte@bk.ru

Ирина Николаевна Чешева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

Галина Викторовна Лифашина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55

В статье приведены результаты лабораторных исследований, которые показывают, с какой точностью программным обеспечением тахеометра вычисляются координаты определяемого пункта в результате решения обратной линейно-угловой засечки от трех исходных пунктов, в зависимости от направления и величины смещения одного из исходных пунктов.

Ключевые слова: обратная засечка, точность, тахеометр, разбивочные работы.

THE ANALYSIS ACCURACY OF RESECTION UNDER INSTABILITY GEODETIC BASE

Anton V. Nikonov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D. student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, e-mail: sibte@bk.ru

Irina N. Chesheva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., senior lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (383)343-29-55

Galina V. Lifashina

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., senior lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, tel. (383)343-29-55

The article presents results of laboratory studies accuracy of resection with electronic total station. Measurements of angles and lines was performed on the three geodetic base points. One of the three base points shifted by 5-10 mm in magnitude.

Key words: resection, accuracy, total station, layout of control.

Обратная линейно-угловая засечка с использованием электронных тахеометров находит широкое применение в геодезическом производстве. В основ-

ном она используется при проведении разбивочных и съёмочных работ на строительной площадке, так как в этом случае тахеометр может быть установлен в непосредственной близости от объекта строительства, а его местоположение может быть определено с высокой точностью [1-4]. Также метод обратной засечки хорошо зарекомендовал себя при работе в цехе, когда необходимо устанавливать оборудование в проектное положение с точностью до 1 – 2 мм.

Известно, что средняя квадратическая ошибка геодезических измерений при разбивочных работах не должна превышать 35% строительного допуска [5]. Допустимое предельное отклонение анкерных болтов в плане (внутри контура опоры) не должно превышать 5 мм [6]. Из этого следует, что к точности разбивочных работ предъявляются высокие требования.

Результаты исследований точности обратной засечки при расположении определяемого пункта на расстоянии до 50 м от исходных изложено в [7]. На производстве нередко случаи нарушения стабильности геодезической основы. Грунтовые пункты могут изменять свое первоначальное положение под действием сил морозного пучения [8], а также нередко повреждаются в процессе земляных работ. Пункты, закрепляемые в виде отражательных пленок (ОП) на сооружениях (опоры ЛЭП, столбы) также могут смещаться вследствие деформации сооружений под действием ветровой нагрузки или солнечной радиации. Чтобы исследовать влияние смещения одного из трех пунктов геодезической основы при производстве обратной линейно-угловой засечки нами были проведены лабораторные исследования. Размеры помещения ограничили расстояния до исходных пунктов в пределах 20 м. Такие условия схожи с условиями внутри производственных цехов [9]. Исследования могли быть выполнены путем расчетов, аналогично работе [10], однако еще одна из целей наших опытов – проверка адекватности СКО положения пункта, вычисляемая микрокомпьютером тахеометра.

На начальном этапе эксперимента в лаборатории №31 СГГА была создана геодезическая сеть, пункты которой были закреплены на стенах в виде светоотражающих пластин (ОП) [11]. Координаты пунктов были получены в условной системе координат (СК), оси которой параллельны стенам помещения. Координаты ОП определялись с одной станции, поэтому можно считать, что взаимное положение этих пунктов определено с ошибками, не превышающими 1 мм.

На втором этапе исследований электронный тахеометр Leica TS-02 был установлен на штативе (Ст.1), координаты станции были определены способом обратной линейно-угловой засечки от трех пунктов опорной сети (*Op1*, *Op2*, *Op4*) в соответствии с рис. 1.

Вычисленные микрокомпьютером тахеометра координаты определяемой станции 1 приведены в табл. 1.

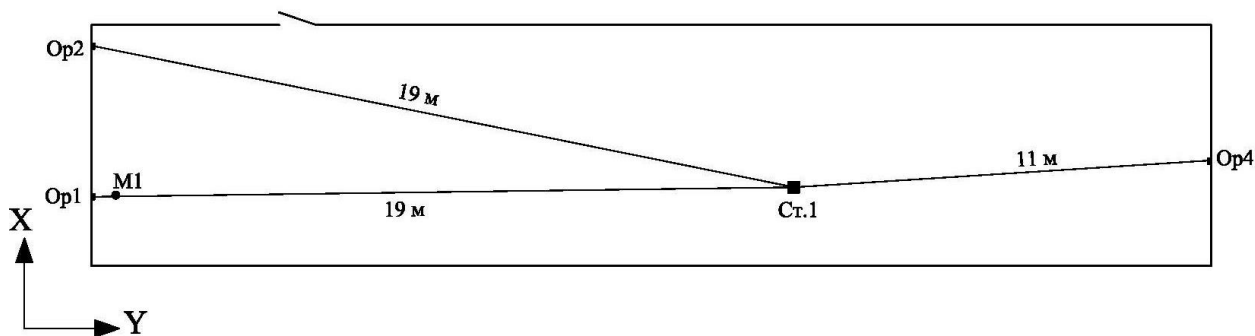


Рис. 1. Схема обратной линейно-угловой засечки

Таблица 1

Результаты засечки от исходных пунктов

Определяемая точка	X , м	Ошибка X , мм	Y , м	Ошибка Y , мм	Угловая ошибка m_B , "	Пункты, участвующие в засечке
Ст.1	98,6948	0,2	197,9950	0,2	1,3	$Op1, Op2, Op4$
Ст.1	98,6949	0,4	197,9951	0,4	3,8	$M1, Op2, Op4$
Ст.1	98,6947	0,5	197,9952	0,5	0,8	$Op2, Op4$

После этого, путем измерений на пункт $M1$ были найдены его координаты в СК лаборатории. Данный пункт представляет собой отражатель, закрепленный на специально изготовленной платформе, с возможностью изменять его плановое положение в двух взаимно перпендикулярных направлениях с точностью до 0,1 мм. Затем вновь производилась обратная линейно-угловая засечка от трех пунктов: $Op2, Op4$ и вновь определенного пункта $M1$ (табл. 1). Несмотря на то, что координаты станции (Ст.1) практически не изменились, точность угловых измерений несколько снизилась, из-за ошибок определения координат пункта M и собственно засечки.

В последующем производились определения координат станции тахеометра (Ст. 1) при различных положениях подвижного отражателя ($M1$). Всего было выполнено 17 определений со смещением марки в диапазоне: $-10 \div +10$ мм по оси X ; $-4 \div +5$ мм по оси Y (рис. 2). Результаты измерений представлены в табл. 2. Величины Δ из графы 3 табл. 2 найдены, как разность вычисленных ПО тахеометра координат станции Ст.1 и значений координат Ст.1, которые приняты за истинные (табл. 1).

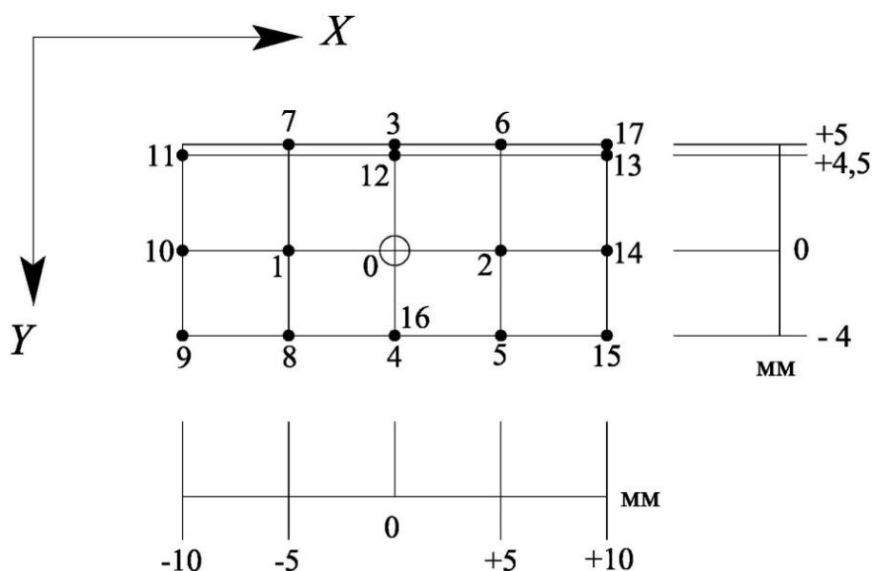


Рис. 2. Схема смещений исходного пункта $M1$

Сначала проанализируем результаты засечки при смещении пункта $M1$ отдельно вдоль оси X (позиции 1, 2, 10, 14) и вдоль оси Y (позиции 3, 4, 12, 16).

1. Очевидно, что при изменении положения пункта $M1$ вдоль оси X (Y), искажается абсцисса (ордината) станции Ст.1.

2. Величина искажений координаты X (Y) станции в конкретном случае в 5 (3) раз меньше, чем величина смещения исходного пункта $M1$. Если смещать пункт $M1$ не на 5 мм (позиции 1, 2), а на 10 мм (позиции 10, 14), то и ошибка определения координаты X станции увеличится в два раза (с 1,0 до 2,0 мм).

3. Знак ошибки в координатах станции противоположен знаку смещения пункта $M1$. Например, если произвести смещение пункта $M1$ вдоль оси X со знаком «плюс» (позиции 2, 14), то абсцисса Ст.1 будет содержать ошибку со знаком «минус».

4. Смещения $M1$ по оси X на величины ± 5 мм (позиции 1, 2), вносят ошибки в координаты станции меньшие, чем при изменении положения пункта $M1$ вдоль оси Y (позиции 3, 4): соответственно 1,0 и 1,5 мм.

Из анализа полученных разностей Δ (табл.2) при смещении пункта $M1$ в обоих направлениях (позиции 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15) следует, что ошибки в определении координат станции Ст.1 присутствуют и в абсциссах, и в ординатах, при этом знак и величина ошибок не меняются.

Из сравнения разностей Δ , со значениями СКО положения определяемого пункта, которые рассчитываются программным обеспечением (ПО) тахеометра, видно, что первые всегда меньше вторых. Таким образом, оценка точности, производимая ПО тахеометра, вполне адекватна.

Таблица 2

Результаты обратной линейно-угловой засечки от пунктов *Op2*, *Op4*, *M1*

Положение пункта <i>M1</i>	Вычисленные ПО тахеометра координаты станции, м		Д, мм	Ошибки, оцениваемые ПО тахеометра							
				Ст. 1		<i>Op2</i>		<i>Op4</i>		<i>M1</i>	
				ДХ, ДУ	m_B , "	m_B , "	ДС, мм	m_B , "	ДС, мм	m_B , "	ДС, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Смещения в диапазоне ± 5 мм											
1	X	98,6959	+1,0	1,7	20,5	+31,8	-0,1	-2,9	-0,7	-34,1	+0,1
	Y	197,9950	-0,1	1,5							
2	X	98,6939	-1,0	1,2	13,8	-21,0	-0,7	-0,1	-0,6	+23,3	-0,4
	Y	197,9951	0,0	1,0							
3	X	98,6950	+0,1	1,6	4,3	+7,1	-2,1	-4,6	+1,1	-6,1	+3,3
	Y	197,9968	+1,7	1,4							
4	X	98,6948	-0,1	1,4	2,3	+3,3	+0,9	+0,9	-2,0	-4,1	-2,8
	Y	197,9937	-1,4	1,2							
5	X	98,6938	-1,1	1,7	14,7	-22,8	+0,5	+2,0	-1,8	+24,5	-2,8
	Y	197,9939	-1,2	1,5							
6	X	98,6940	-0,9	1,9	13,4	-19,8	-2,4	-3,2	+1,2	+23,1	+3,1
	Y	197,9969	+1,8	1,6							
7	X	98,6960	+1,1	2,3	22,5	+35,5	-1,7	-6,0	+1,0	-36,9	+3,3
	Y	197,9966	+1,5	2,0							
8	X	98,6958	+0,9	2,1	20,7	+31,7	+1,1	-0,7	-2,0	-34,8	-2,4
	Y	197,9937	-1,4	1,8							
Смещения в диапазоне $\pm(5\div 10)$ мм											
9	X	98,6968	+1,9	3,3	37,6	+57,8	+1,5	-2,0	-2,0	-63,1	-2,3
	Y	197,9935	-1,6	2,9							
10	X	98,6969	+2,0	3,1	38,8	+60,1	+0,1	-4,6	-0,6	-64,6	+0,5
	Y	197,9950	-0,1	2,7							
11	X	98,6970	+2,1	3,4	39,0	+60,8	-1,3	-7,1	+0,8	-64,4	+3,2
	Y	197,9964	+1,3	3,0							
12	X	98,6950	+0,1	1,4	4,6	+7,6	-1,8	-4,2	+0,9	-6,7	+2,8
	Y	197,9966	+1,5	1,2							
13	X	98,6930	-1,9	2,8	30,4	-46,2	-2,5	-1,4	+1,0	+51,7	+2,5
	Y	197,9968	+1,7	2,5							
14	X	98,6929	-2,0	2,5	31,0	-47,6	-1,0	+1,1	-0,5	+52,2	-0,4
	Y	197,9953	+0,2	2,2							
15	X	98,6928	-2,1	2,9	32,4	-50,1	+0,2	+3,5	-1,8	+54,0	-3,0
	Y	197,9940	-1,1	2,6							
16	X	98,6948	-0,1	1,3	2,7	+4,0	+0,9	+0,7	-1,9	-4,8	-2,7
	Y	197,9938	-1,3	1,2							
17	X	98,6930	-1,9	3,0	31,2	-47,4	-2,7	-1,7	+1,2	+53,1	+2,9
	Y	197,9970	+1,9	2,6							

После производства засечки от трех исходных пунктов: *Op2*, *Op4* и *M1* (положение 17), были взяты отсчеты по горизонтальному кругу при визировании на эти пункты. Полученные и теоретические отсчеты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Дирекционные углы на исходные пункты со станции Ст.1

Исходный пункт	После засечки (п.17) ° ' "	После засечки (п.0) ° ' "	Д, "	
<i>Op2</i>	280 52 58,4	280 53 36,0	-37,6	
<i>Op4</i>	86 48 39,8	86 49 17,5	-37,7	
<i>M1</i>	п.17	269 08 03,4	269 08 39,0	-35,6
	п. 0		269 06 40,1	

Из табл.3 видно, что сместив пункт *M1* вправо на 10 мм (из исходного положения (п.0) в положение 17 (п.17)), отсчет по горизонтальному кругу на этот пункт увеличился на 119". Из табл.3 также следует, что ориентирование прибора после подтверждения результатов засечки, нарушилась на -37". Это почти в три раза меньше, чем смещение пункта *M1*, выраженное в угловой мере. Точность угловых измерений, оцениваемая ПО тахеометра для положения 17 составляет 31,2" (табл. 2), что приблизительно равно зафиксированному нарушению ориентирования тахеометра.

Из этого следует, что значения m_{β} (графа 5 табл. 2) отражают ошибки ориентирования прибора вследствие смещения исходного пункта *M1*. Очевидно, что на ориентирование прибора оказывает влияние смещение исходного пункта в направлении, перпендикулярном визирной оси (в данном случае смещение вдоль оси X). Ошибкой ориентирования прибора не всегда можно пренебречь: 30" на расстоянии 20 м соответствуют 3 мм.

Программное обеспечение тахеометра кроме общей оценки засечки (графы 4, 5 табл. 2) рассчитывает погрешности для каждого пункта, участвующего в засечке (графы 6-11 табл. 2). Из анализа этих данных следует, что ошибки минимальны для пункта *Op4* во всех случаях. Для пунктов *Op2* и *M1* эти ошибки одного порядка, хотя для смещаемого пункта *M1* они всегда больше.

Если исключить пункт *M1* из засечки, оставив в качестве исходных *Op2* и *Op4*, то результаты засечки будут практически безошибочными (табл. 1).

Из выполненных исследований можно сделать несколько общих выводов относительно точности обратной засечки на малых (до 20 м) расстояниях:

1. При смещении одного из трех исходных пунктов на величины до 5 мм, ошибки координат станции, определяемой в ходе производства обратной линейно-угловой засечки, не превышают 2 мм, однако ориентирование инструмента может быть заметно нарушено (10 – 20"). В этом случае, координаты станции, вычисленные в ходе засечки, могут быть приняты к работе, но необходимо дополнительно сориентировать прибор путем визирования на наиболее надежный и удаленный пункт. Исключение из засечки «поврежденного» пункта

(MI) ведет к повышению точности засечки (засечка от двух стабильных пунктов).

2. При смещении исходного пункта на величины до 10 мм (в направлении перпендикулярном визирной оси), ошибки координат станции также не превосходят 2 мм, однако для рассматриваемых расстояний ошибка ориентирования прибора может составить 30 – 40 ”.

3. В общем случае ошибки координат определяемой точки в 3 раз меньше величины смещения одного из исходных пунктов, а ориентирование прибора нарушается на величину в 3 раза меньшую смещению исходного пункта в направлении, перпендикулярном визирной оси (в угловой мере).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уставич Г. А., Китаев Г. Г., Никонов А. В., Сальников В. Г. Создание геодезической основы для строительства объектов энергетики // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 49–54.

2. Уставич Г. А., Ямбаев Х. К., Сальников В. Г., Никонов А. В. Технологическая схема разбивки и установки круговых рельсовых путей // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 66–69.

3. Кошелев В. А., Карлин К. С., Чахлова А. П. Особенности развития геодезической разбивочной основы в условиях горной местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 87–92.

4. Новоселов Д. Б., Звягинцев Е. А. Использование Credo_DAT Mobile при разбивочных работах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 113–116.

5. Видуев Н.Г., Ракитов Д.И., Подрезан В.В. Геодезические работы на строительной площадке. – М.: Геодезиздат, 1959. – 212 с.

6. СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» – М: Госстрой СССР, 1989.

7. Никонов А. В. К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 93–100.

8. Олейник А. М. Выбор мест закладки грунтовых реперов с учетом прогнозного изменения геокриологической обстановки от техногенной деятельности // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 37–40.

9. Могильный С. Г., Шоломицкий А. А., Фролов И. С. Геодезический мониторинг и выверка металлургического оборудования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 132–143.

10. Лукин А. С., Портнов А. М. Геодезические засечки и их точность при производстве кадастровых работ // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 53–59.

11. Афонин Д. А. Оптимизационная модель выбора схемы плановой геодезической разбивочной сети на застроенной территории // Геодезия и картография. – 2011. – № 9. – С. 16–22.

© А. В. Никонов, И. Н. Чешева, Г. В. Лифашина, 2014

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ КОРОТКИМИ ЛУЧАМИ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Антон Викторович Никонов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, e-mail: sibte@bk.ru

Александр Андреевич Скворцов

ОАО «Сибтехэнерго», 630032, Россия, г. Новосибирск, ул. Планировочная, 18/1, инженер-геодезист, e-mail: skv.a.a@mail.ru

В статье на основе опытных данных оценивается величина влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими (до 200 м) лучами в зимних условиях. Вычисляется коэффициент рефракции и даются рекомендации по выполнению нивелирования наклонным лучом.

Ключевые слова: тригонометрическое нивелирование, тахеометр, рефракция, точность.

THE ANALYSIS OF VERTICAL REFRACTION INFLUENCE ON THE RESULTS OF TRIGONOMETRIC LEVELING WITH SHORT LENGTHS OF SIGHT IN WINTER CONDITIONS

Anton V. Nikonov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D. student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, e-mail: sibte@bk.ru

Alexander A. Skvortsov

JSC «Sibtechenergo», 18/1, 630032, Russia, Novosibirsk, Planirovochnya St., engineer surveyor, e-mail: skv.a.a@mail.ru

The effect of vertical refraction changes on trigonometric leveling with short lengths of sight (up to 200 m) is estimated basing on experimental data. The present study deals with the short-term fluctuation of the refraction coefficient k by means of unidirectional vertical angle measurements using total station. The recommendations for trigonometric height traversing is given.

Key words: trigonometric leveling, total station, refractive index, accuracy.

В геодезическом производстве встречаются случаи, когда требуется выполнить нивелирные работы в зимних условиях: при проложении высотных ходов в заболоченной местности или при работе на строительной площадке. В предыдущих наших исследованиях [1-4] мы пришли к выводу, что тригонометрическое нивелирование короткими (50 – 300 м) лучами вполне может конкурировать по точности с геометрическим нивелированием III – IV классов, при этом длина визирного луча может быть увеличена в два раза. Тем не менее, влияние вертикальной рефракции может заметно исказить результаты триго-

нометрического нивелирования [5]. Например, в летний период, результаты одностороннего тригонометрического нивелирования при визировании на расстоянии 400 м могут содержать систематическую ошибку $\Delta = -40$ мм [6]. Из работы [7] известно, что зимой, в момент касания солнцем горизонта, коэффициенты рефракции, полученные из двухсторонних наблюдений на линиях длиной 200 м и 762 м, могут соответственно достигать значений +6,92 и +2,11. Однако в исследованиях [8, 9] делаются выводы, о том, что не следует производить измерения в течение 1,5-2 часов после восхода и до захода солнца. В этой связи наибольший интерес представляет характер влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования в дневной период зимой. Для исследования этого вопроса мы провели полевой эксперимент в городе Новосибирске, 16 января 2014г, при $t = -3^\circ\text{C}$ и переменной облачности.

В ходе эксперимента на расстоянии 170 м друг от друга были установлены два штатива с трегерами и адаптерами. Ножки штативов плотно вдавливались в мерзлый грунт и присыпались снегом. В дальнейшем стабильность штатива подтвердилась неподвижностью пузырька электронного уровня тахеометра.

Между верхними частями адаптеров было измерено превышение путем проложения хода геометрического нивелирования с использованием цифрового нивелира DiNi0.3 и комплекта инварных реек. Короткая рейка (1 м) устанавливалась непосредственно на адаптер, как показано на рис. 1. Превышение определялось до и после основной части опыта (табл. 1).

В дальнейшем на один из адаптеров был установлен отражатель, а другой заменен электронным тахеометром Leica TS-02. В течение часа непрерывно выполнялись односторонние измерения превышения (1 серия), затем с перерывом в полчаса была выполнена вторая серия наблюдений продолжительностью 30 минут. После этого, тахеометр и адаптер с отражателем менялись местами, и производилась третья серия измерений продолжительностью 30 минут.



Рис. 1. Постановка рейки на адаптер

Таблица 1

Результаты геометрического нивелирования

Ход	h , мм	$h_{\text{ср}}$, мм	Время
Прямо	-3970,13	-3970,47	12:30
Обратно	+3970,81		15:50
Δ , мм	-0,68		

Если принять среднее значение превышения из прямого и обратного ходов геометрического нивелирования $h_{\text{ср}}$ за истинную величину, то возможно найти ошибку каждого измеренного тахеометром превышения:

$$\Delta = h_{\text{Т}i} - h_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где $h_{\text{Т}i}$ – значение превышения из тригонометрического нивелирования, измеренного полным приемом (при КЛ и КП); $h_{\text{ср}} = 3970,47$ мм – значение превышения из геометрического нивелирования. Найденные отклонения представлены в графической форме на рис. 2 (а, б, в – для 1, 2, 3 серий измерений соответственно).

Из графиков на рис. 2 видно, что в зимний период, при прохождении визирного луча над снежным покровом на высоте $0,7 \div 2$ м, превышения из односторонних наблюдений в основном больше истинного значения на $1 - 3$ мм ($1,2 - 3,6''$). Лишь в период с 13:40 – 14:00 превышения оказались меньше истинного значения на $\sim 1''$. На рис.2 также представлены линии тренда, полученные путем аппроксимации графиков с применением полиномиальной функции 6-ой степени. Линии тренда имеют волнообразный характер, с различной частотой и амплитудой, что по видимому соответствует изменению метеорологических условий (особенно в погоду с переменной облачностью).

В автореферате [9] представлены графики ошибок зенитных расстояний измеренных зимой на линиях длиной от 100 до 300 м. Для линии длиной 200 м ошибки с 11 до 16 часов увеличиваются с $3''$ до $6''$. Из результатов работы [9] и графиков (рис.2), следует, что зимой измеренные превышения больше истинных на величины $\sim 1'' \div 5''$ (для $d \approx 200$ м), в зависимости от времени дня и местных условий.

В табл. 2 представлены результаты тригонометрического нивелирования по трем сериям измерений с учетом поправки за кривизну Земли ($h_{\text{ЗЕМ}}$). Средняя квадратическая ошибка (СКО) $m_{\text{внутр}}$, найденная по формуле Бесселя по всем измерениям внутри серии, содержит ошибку, вызванную изменением рефракции с течением времени, так как серия выполняется за период продолжительностью 0,5–1 часа.

Для того, чтобы оценить случайное влияние рефракции ($m_{z\text{р}}$) воспользуемся формулой [10]:

$$m_{z\text{р}} = \sqrt{m_{\text{внутр}}^2 - m_{z\text{и}}^2}, \quad (2)$$

где $m_{\text{внутр}}$ – СКО измерения зенитного расстояния, найденная по формуле Бесселя (по внутренней сходимости); $m_{z\text{и}}$ – инструментальная СКО измерения зенитного расстояния, найденная по формуле (3).

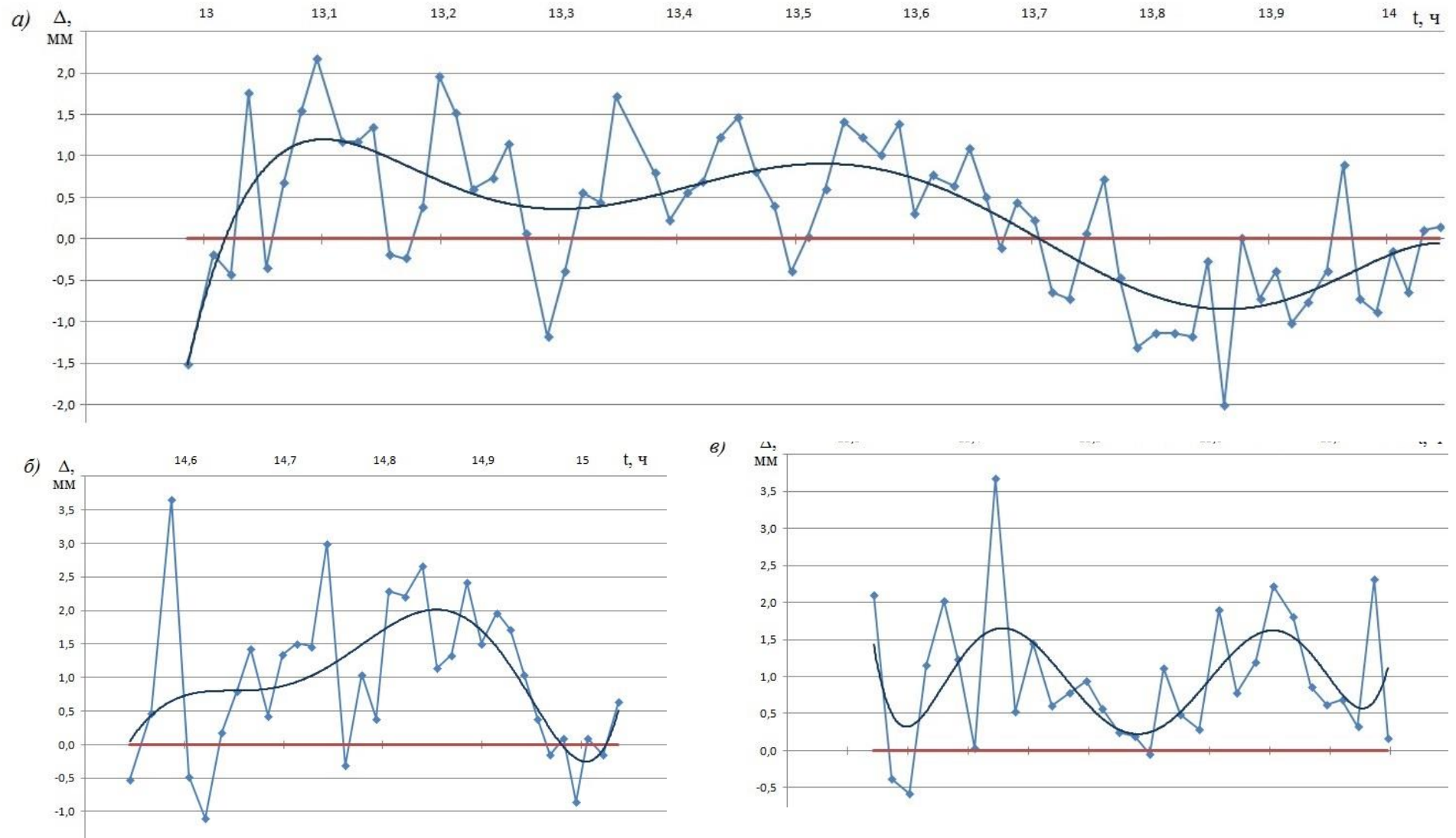


Рис. 2. Графики отклонений превышений из одностороннего тригонометрического нивелирования от превышения из геометрического нивелирования

Таблица 2

Результаты одностороннего тригонометрического нивелирования

№ точки	Количество приемов, n	$h_{\text{ЗЕМ}}$, мм	$\Delta = h_{\text{ЗЕМ}} - h_{\text{ИСТ}}$, мм	Время измерений (местное)	$\Delta_h = h_{\text{max}} - h_{\text{min}}$, мм / "	$m_{\text{ВНУТР}}$, мм / "
Т.1	72	-3 970,2	+0,3	12:59 – 14:03	4,2 / 5,1	0,9 / 1,1
Т.1	33	-3 969,5	+1,0	14:32 – 15:02	4,8 / 5,8	1,1 / 1,3
Т.2	31	+3 971,4	+0,9	15:16 – 15:42	4,3 / 5,2	0,9 / 1,1

Пренебрегая изменением рефракции за промежуток времени между соседними измерениями, инструментальная ошибка может быть вычислена по формуле:

$$m_{z \text{ и}} = \sqrt{\frac{[d^2]}{2(n-1)}}, \quad (3)$$

где d – разность между значениями превышений из смежных приемов; n – число измерений.

Значения ошибок, найденные по формулам (2), (3) представлены в табл.3.

Таблица 3

Результаты оценки точности тригонометрического нивелирования, мм

№ серии	Количество приемов, n	$m_{\text{ВНУТР}}$	* $m_{\text{ИСТ}}$	$m_{z \text{ и}}$	$m_{z \text{ р}}$
1	72	0,92	0,95	0,61	0,69
2	33	1,15	1,15	0,97	0,61
3	31	0,91	1,32	0,95	0,91
* $m_{\text{ИСТ}}$ – СКО вычисленная по отклонениям из данных геометрического нивелирования					

Из табл.3 видно, что СКО измерения превышения в зимних условиях не превосходит 1,5 мм (1,8") для $d = 170$ м, а ошибка случайного влияния рефракции не превышает 0,9 мм (1,1"), что согласуется с данными статьи [10].

Используя средние по серии значения зенитных расстояний, были вычислены коэффициенты рефракции k (по известным формулам из [11]) и соответствующие им ошибки зенитных расстояний δz (табл. 4).

Таблица 4

Опытные значения коэффициентов рефракции

	k	$\delta z,$ "
С точки Т.1 (1 серия)	+0,09	+0,3
С точки Т.1 (2 серия)	+0,41	+1,1
С точки Т.2 (3 серия)	+0,41	+1,1
По взаимным наблюдениям	+0,33	+0,9

Значения коэффициентов рефракции, найденные по данным близких друг к другу по времени получасовых серий измерений согласуются между собой. Однако следует иметь в виду, что точность определения коэффициентов рефракции на коротких линиях сильно зависит от точности превышения из геометрического нивелирования, при использовании формулы [11]:

$$k = 1 - \frac{2R}{d^2} (h - d \cos z), \quad (4)$$

где R – радиус Земли (6371 км); h – превышение из геометрического нивелирования; d – расстояние между точками. Поэтому ошибки вычисленных коэффициентов рефракции сравнимы с их величинами.

Значение превышения, вычисленное по результатам одновременных двухсторонних измерений $h_T = 3970,62$ мм, отличается от результатов геометрического нивелирования (табл.1) всего на 0,15 мм.

По результатам выполненных исследований можно сделать выводы:

1. В зимний период, измеренные методом тригонометрического нивелирования превышения, как правило, имеют положительные ошибки.

2. Значения коэффициентов рефракции в зимний период (исключая 1,5 – 2 часа близкие к восходу и заходу солнца) незначительно отличаются от значения полученного Гауссом ($k=+0,13$), в отличие от летнего периода, и имеют знак «плюс».

3. Тригонометрическое нивелирование, выполняемое в зимних условиях, может соответствовать по точности геометрическому нивелированию III – IV классов. При этом одновременные двухсторонние наблюдения с несинхронностью 10 – 30 минут, в основном, свободны от систематического влияния рефракции. При нивелировании способом из середины можно увеличить допуск на неравенство плеч, предложенный в статье [6], до 40 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никонов А. В., Бабасов С. А. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 71–78.
2. Никонов А. В., Рахымбердина М. Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 16–26.
3. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 26–35.
4. Никонов А.В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 28–33.
5. Hirt C., Guillaume S., Wisbar A., Bürki B. and Sternberg, H. Monitoring of the refraction coefficient of the lower atmosphere using a controlled set-up of simultaneous reciprocal vertical angle measurements // Journal of Geophysical Research (JGR).–2010.–115, D21102.
6. Никонов А. В. Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами способом из середины // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 1. – С. 28–34.
7. Менухов И. И. Из опыта тригонометрического нивелирования зимой // Геодезия и картография. – 1974. – № 9. – С. 20–21.
8. Дрок М. К. Исследование точности определения превышений в ходах геодезического нивелирования на короткие расстояния в равнинной местности // Научные записки ЛПИ. 1961. – №6. – С.183–199.
9. Редьков В. С. Применение современных оптических теодолитов при трассировании железных дорог в Сибири : автореф. дис. канд. техн. наук / В. С. Редьков. – Новосибирск : НИИЖТ, 1969. – 23 с.
10. Менухов И. И. О точности измерения зенитных расстояний зимой // Геодезия и картография. – 1980. – № 2. – С. 32–33.
11. Иордан В., Эггерт О., Кнейссль М. Руководство по высшей геодезии. Ч. II. Прецизионное и тригонометрическое нивелирование – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 263 с.

© А. В. Никонов, А. А. Скворцов, 2014

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРИ ПРОЛОЖЕНИИ ХОДОВ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Антон Викторович Никонов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, инженер-геодезист ОАО «Сибтехэнерго», e-mail: sibte@bk.ru

В статье обобщен порядок действий при проложении высотных ходов с применением электронных тахеометров. Основное внимание уделяется тригонометрическому нивелированию короткими (до 300 м) лучами способом из середины.

Ключевые слова: тригонометрическое нивелирование, тахеометр, точность, высотный ход.

TECHNOLOGICAL TECHNIQUES OF TRIGONOMETRIC HEIGHT TRAVERSING

Anton V. Nikonov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D. student, Department of Engineering Geodesy and Mine Surveying, e-mail: sibte@bk.ru

The article summarizes the procedures of trigonometric height traversing using electronic total stations. Focuses on leap-frog trigonometric leveling with short lengths of sight (up to 300 m).

Key words: trigonometric leveling, total station, accuracy, height traversing.

Как известно, тригонометрическое нивелирование может выполняться тремя способами: «вперед», «из середины» и путем измерения вертикальных углов в двух направлениях (двухстороннее нивелирование). При нивелировании «вперед» необходимо измерять высоты прибора и визирной цели над исходной и определяемой точками, что как правило, вносит заметные погрешности в измеряемое превышение. Кроме того, результаты одностороннего нивелирования искажаются влиянием вертикальной рефракции, действие которой не может быть учтено путем введения поправки, так как коэффициенты рефракции в приземном слое воздуха могут заметно отличаться от распространенного в геодезической практике значения $k = +0,13$ [1]. Поэтому данный способ определения превышения обычно используется при выполнении работ невысокой точности и не рассматривается нами в дальнейшем.

Различают одновременное и неодновременное двухстороннее тригонометрическое нивелирование. Первое выполняется двумя наблюдателями с использованием двух приборов. Неодновременные измерения выполняются одним прибором с его перестановкой в точках наблюдений, как при работе по трех штативной системе. Методика двухстороннего нивелирования подробно изложена в статье [2]. Автором принимается, что неравенство коэффициентов рефракции составляет 0,3 и 0,5 соответственно для одновременных и неодновременных измерений.

менных наблюдений вдоль линии. Оптимальные длины сторон ходов двухстороннего нивелирования: 200 – 400 м. Привязка хода к реперам осуществляется с применением нивелирной рейки. Тахеометр (теодолит) устанавливается на расстоянии до 30 м от репера, и производят измерение зенитных расстояний на 4 штриха рейки, расположенные симметрично относительно оси вращения зрительной трубы. По каждой паре отсчетов вычисляется превышение, за окончательное значение принимается среднее из двух значений. Точность такой передачи составляет $\sim 0,3$ мм [2]. Сегодня связь с высотными реперами может осуществляться тахеометрами с функцией измерения расстояний в безотражательном режиме. В этом случае расстояние между штрихами рейки не будет использоваться в расчетах, а служит лишь контролем измерений.

К недостаткам двусторонних измерений можно отнести:

– в случае одновременных измерений необходимость наличия двух приборов и наблюдателей. При этом цели должны закрепляться на приборах, что требует совершенствования оборудования или наблюдения выполняются внецентренно;

– превышение может содержать систематическую ошибку, так как каждый наблюдатель имеет свою личную ошибку [3];

– в случае работы с одним прибором, измерение «назад» выполняется всегда позже измерения «вперед». Если изменение коэффициента рефракции в течение дня изменяется по определенному закону (парабола), то в первой части дня k_3 будет меньше $k_{\text{П}}$, а во второй – больше. То есть измерения, выполненные только в первой или только во второй половине дня подвергнутся систематическим ошибкам, а невязка полигона, проложенного в течение всего дня, не выявит этих ошибок [4].

При нивелировании «из середины» измерения выполняются аналогично геометрическому нивелированию, а тахеометр может отстоять от середины не более чем на 5 – 15 м, в зависимости от класса точности выполняемых измерений и погодных условий [5]. Визирные цели выбираются в зависимости от длины плеч:

1. При визировании на расстояния до 70 м в качестве целей могут использоваться штрихи нивелирной рейки (также на рейку могут наклеиваться отражательные пленки типа ОП [6]). Рейки устанавливаются на башмаках или костылях по круглому уровню с использованием подпорок (рис.2, а). Ошибка измерения вертикального угла, вызванная наклоном оси рейки (ε) относительно отвесной линии не превысит $0,9''$ (для $\varepsilon=8'$, $D=100$ м, $h_{\text{Ц}}=2$ м и $\nu=5^\circ$), а для больших расстояний будет еще меньше [7]. При визировании на два штриха появляется контроль измерений, так как расстояние между штрихами известно из градуировки рейки или может быть измерено женевакой линейкой (компарированной рулеткой). Если на рейке наклеиваются цели типа ОП, то контрольное расстояние между ними может быть определено путем многократных измерений тахеометром с расстояния ~ 10 м.

2. При длинах плеч от 70 до 300 м в качестве визирных целей могут быть использованы стандартные отражатели (рис. 1).



Рис.1. Стандартные визирные цели для выполнения тригонометрического нивелирования

Отражатели могут быть установлены на костыле (или репере) с помощью вехи, снабженной круглым уровнем (рис.2, в). Веха должна удерживаться биподом или триподом. Высоты целей над определяемыми точками могут быть неизвестны, но должны быть одинаковыми, в противном случае количество станций в секции должно быть четным. Кроме того отражатели могут устанавливаться в трегерах с помощью адаптеров, снабженных цилиндрическим уровнем (на штативах), при этом костыли в грунт могут не забиваться (рис. 2, б). Возникает вопрос: насколько надежно использовать в качестве временного закрепления точки не костыль, а штатив? Из работы [8] следует, что в течение первых 5 минут выпирание штатива пропорционально времени, затем замедляется и через 10 – 15 минут прекращается, при этом на грунтах средней плотности (бровка шоссе) или естественных грунтах (песчаном, суглинистом) изменение положения штатива по высоте, как правило, не превышает 0,05 мм. На торфяных грунтах штатив может выпираться более 0,1 мм. Эти величины не превышают случайных ошибок измерений превышений на станции, то есть пренебрежимо малы.

При работе с тремя штативами, сначала устанавливаются «задний» штатив и штатив под прибор, последним – «передний штатив», т.е. первые два штатива изменяют свое высотное положение вследствие выпирания еще до начала измерений. После установки «переднего» штатива, пузырек адаптера приводится в нуль пункт (что занимает не менее 1 минуты), затем измерения тахеометром выполняются сначала на «заднюю» цель (на что уходит 2 – 3 минуты). В момент визирования вперед наблюдаемый штатив должен уже стабилизироваться. После завершения измерений на станции прибор и «задняя» цель перемещаются на следующие по ходу точки и цикл измерений повторяется. Таким образом, если штатив

подвергается заметному выпиранию (оседанию), эти его смещения происходят в период до начала измерений и не скажутся на результатах нивелирования.

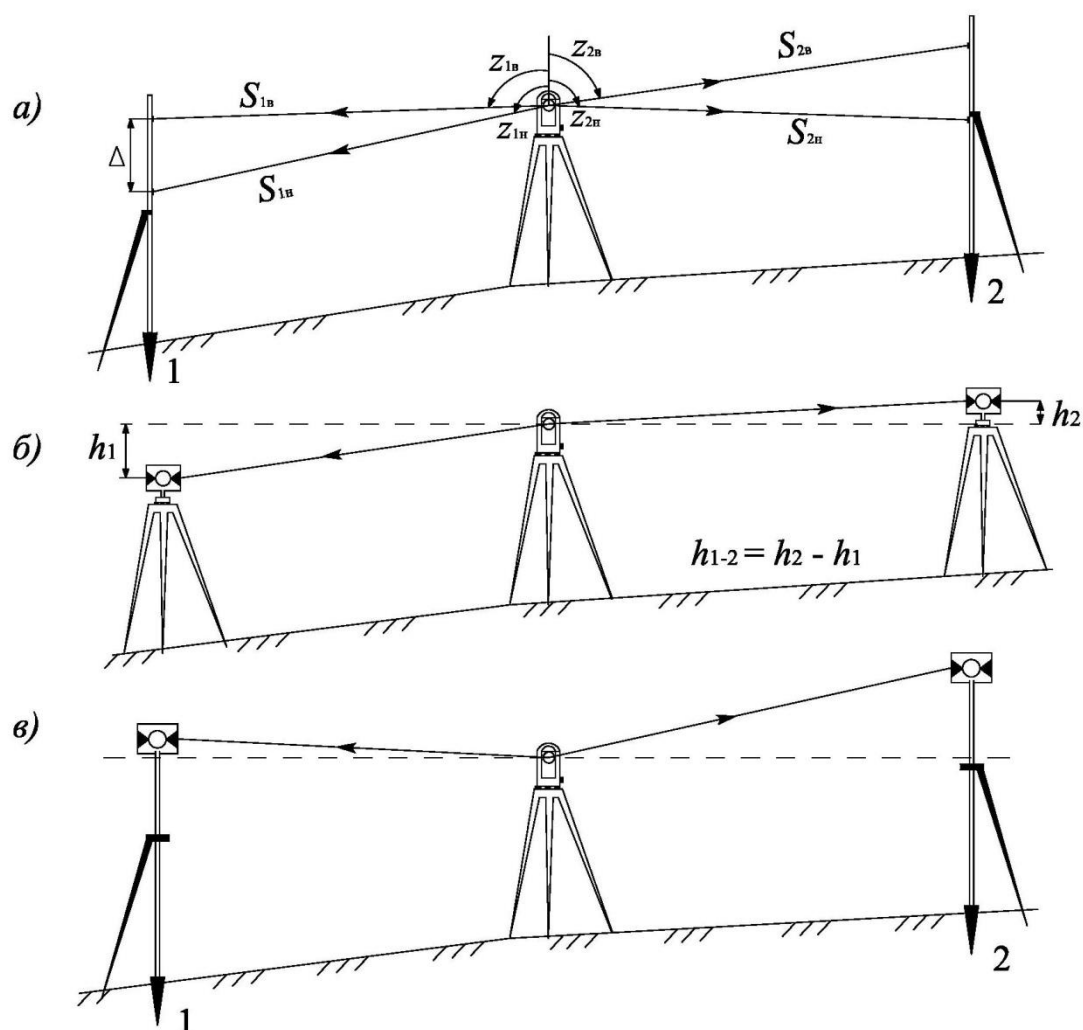


Рис. 2. Схемы выполнения тригонометрического нивелирования способом из середины при закреплении целей на:

а) цельных рейках; б) штативах; в) вешках

3. Визирование на цели, установленные на разной высоте, является полевым контролем, который нередко используется при проложении нивелирных ходов [6, 9, 10]. При размещении отражателя на штативе (посредством трегера и адаптера) этот контроль отсутствует. Поэтому нами предлагается использовать специально сконструированную цель с двумя марками (рис. 3).

Цель представляет собой стержень, на котором закрепляются две визирные марки, расположенные на расстоянии ~ 40 см друг от друга. В качестве марок предлагается использовать металлические пластины с наклеенными на них отражательными пленками и нанесенными краской треугольниками. Стержень закрепляется на адаптере с помощью переходника. Применение таких целей рекомендуется для расстояний от 30 до 200 м, а в пасмурную погоду и до 300 м.

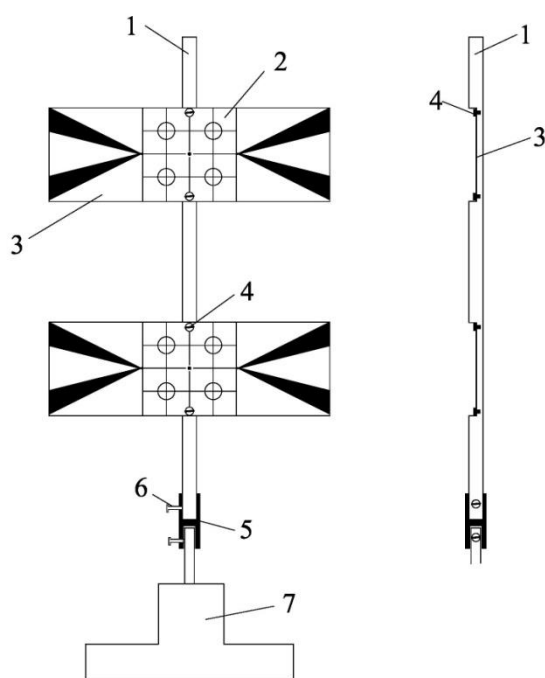


Рис. 3. Цель с двумя марками для тригонометрического нивелирования:

- 1 – металлический стержень ($d=10$ мм); 2 – отражательная пленка типа ОП-50 (50 x 50 мм); 3 – металлическая пластина толщиной ~1 мм;
4 – винт; 5 – переходная втулка; 6 – стопорный болт; 7 – адаптер (Leica)

Измерения рекомендуется выполнять не менее, чем двумя полными приемами. При визировании на один отражатель (рис. 2, б) может применяться схема: З_л З_п П_л П_п (первый прием) П_п П_л З_п З_л (второй прием) (где З и П – задняя, передняя; Л и П – круг лево, круг право). При переходе визирования с задней на переднюю цель меняется положение вертикального круга, так как для этого надо всего лишь перевернуть трубу через зенит, не разворачивая прибор.

Использование в качестве переходных точек – башмаков или костылей, не влияет на программу измерений на станции, так как исследования [8] показали, что оседание (выпираание) костылей или башмаков незначительно для основных типов грунтов (менее 0,1 мм) и происходит в первые минуты после их установки.

При наведении на два штриха (цели) применимы следующие программы наблюдений:

- 1) При КЛ: З_в П_в П_н З_н, то же при КП,
 - 2) При КЛ: З_в З_н П_в П_н, при КП: П_в П_н З_в З_н,
- где З и П – задняя, передняя; В и Н – верхняя, нижняя.

Считаем, что вторая программа более предпочтительна с точки зрения меньшего передвижения наблюдателя вокруг штатива.

Связь с репером, головка которого находится глубоко в колодце, может осуществляться с помощью рейки; при привязке к реперам стенного типа могут использоваться компактные цели [11] (например, штангенциркуль). В обоих случаях прибор следует устанавливать в пределах 30 м от репера.

По точности тригонометрическое нивелирование может соответствовать геометрическому нивелированию III и IV классов [2, 3, 12-15]. Нивелирование способом из середины может комбинироваться с неодновременными двухсторонними измерениями при необходимости преодоления препятствий (оврагов, болот) шириной до 400 м. Технологическая схема и программа наблюдений выбираются в зависимости от наличия оборудования, длины плеч и требуемой точности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hirt C., Guillaume S., Wisbar A., Bürki B. and Sternberg H. Monitoring of the refraction coefficient of the lower atmosphere using a controlled set-up of simultaneous reciprocal vertical angle measurements // *Journal of Geophysical Research (JGR)*. – 2010. – 115, D21102.
2. Rüeger J. M., Brunner F. K. Practical results of EDM-Height traversing // *The Australian Surveyor*. – 1981. – Vol. 30, No. 6. – С. 363–373.
3. Hibbert R.J. Practical EDM height traversing to geodetic levelling accuracies as used in a geophysical monitoring scheme // *Survey Review*. – 1992. – Vol. 31. – С. 434–453.
4. Rüeger J. M. EDM-Height Traversing: Refraction Correction and Experiences // *The Australian Surveyor*. – 1995. – Vol. 40, No. 4. – С. 48–56.
5. Никонов А. В. Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами способом из середины // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2014. – № 1. – С. 28–34.
6. Беспалов Ю. И., Дьяконов Ю. П., Терещенко Т. Ю. Наблюдение за осадками зданий и сооружений способом тригонометрического нивелирования // *Геодезия и картография*. – 2010. – №8. – С. 8–10.
7. Пискунов М.Е. Влияние наклона рейки на точность тригонометрического нивелирования короткими лучами // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 1972. – Вып. 3. – С. 9–14.
8. Энтин И.И. Высокоточное нивелирование // *Труды ЦНИИГАиК*. – 1956. – вып. 111. – 339 с.
9. Kharaghani G.A. Propagation of refraction errors in trigonometric height traversing and geodetic levelling. Technical report № 132. University of New Brunswick. Canada. 1987.
10. Chrzanowski A. Implementation of trigonometric height traversing in geodetic levelling of high precision. Technical report №142. University of New Brunswick. Canada. 1989.
11. Никонов А. В. Особенности применения современных геодезических приборов при наблюдении за осадками и деформациями зданий и сооружений объектов энергетики // *Вестник СГГА*. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 12–18.
12. Никонов А. В., Рахымбердина М. Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // *Вестник СГГА*. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 16–26.
13. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины с применением электронных тахеометров // *Вестник СГГА*. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 26–35.
14. Никонов А. В. Исследование точности тригонометрического нивелирования способом из середины при визировании над разными подстилающими поверхностями // *Вестник СГГА*. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 28–33.
15. Никонов А. В., Бабасов С. А. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.)*. – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 71–78.

© А. В. Никонов, 2014

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ МАЛЫХ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫХ СЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Виктор Александрович Скрипников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (382)343-29-55, e-mail: v.a.scripnikov@ssga.ru

Маргарита Александровна Скрипникова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (382)343-29-55, e-mail: m.a.scripnikova@ssga.ru

В статье приведены результаты измерений, выполненные на макете линейно-угловой сети. Даны рекомендации по проектированию схемы сети и методики измерения горизонтальных углов и расстояний.

Ключевые слова: линейно-угловая сеть, автоматизированный электронный тахеометр, методика измерений углов при автоматическом наведении на отражатель.

ESTABLISHMENT OF HIGH-ACCURACY MINOR LINEAR-ANGULAR NETWORKS USING TOTAL STATION

Victor A. Skripnikov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Assoc Prof, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (382)343-29-55, e-mail: v.a.scripnikov@ssga.ru

Margarita A. Skripnikova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Senior lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (382)343-29-55, e-mail: m.a.scripnikova@ssga.ru

The results of measurements conducted at the linear-angular network model are presented. Recommendations on the network scheme designing and the techniques for measuring horizontal angles and distances are given.

Key words: linear-angular network, total station, techniques for angle measurement with reflector automatic pointing.

В настоящее время в России и других странах применяются спутниковые геодезические приёмники для определения горизонтальных смещений гидротехнических сооружений [1], [2], [3]. Однако, в некоторых случаях, не удаётся достичь необходимой точности измерений из-за сложных условий измерений с пунктов существующих геодезических сетей. В [4,5] отмечается, что повышение точности определения координат пунктов в плановой сети при определении горизонтальных смещений гидротехнических сооружений, может быть достигнуто за счёт совместного применением спутниковых геодезических приёмников

и высокоточных автоматизированных электронных тахеометров. Для реализации этого предложения необходима модернизация существующих опорных плановых сетей. Суть этой модернизации заключается в закладке кустов исходных пунктов. Расстояния между пунктами должны быть небольшими для обеспечения максимальной точности определения взаимного положения. Для определения устойчивости исходных пунктов в кусте рекомендуется выполнять периодические измерения высокоточным тахеометром.

Методика проектирования куста пунктов должна следовать общепринятой технологии проектирования высокоточных геодезических сетей. В работах [6], [7], [8] приводятся различные схемы малых линейно-угловых сетей. Наиболее оптимальной формой сети, в нашем случае, является геодезический четырёхугольник, обеспечивающий достаточное количество избыточных измерений для контроля устойчивости пунктов.

Для определения точности положения пунктов в кусте при выполнении измерений автоматизированными высокоточными электронными тахеометрами был создан макет малой линейно-угловой сети. Пункты сети были закреплены в виде консолей, на которые были завинчены стандартные подставки под электронные тахеометры. Схема сети приведена на рис. 1. В геодезическом четырёхугольнике были измерены все стороны и углы. Размеры малых сторон в сети были равны примерно 5 метрам, больших сторон около 18 метров.

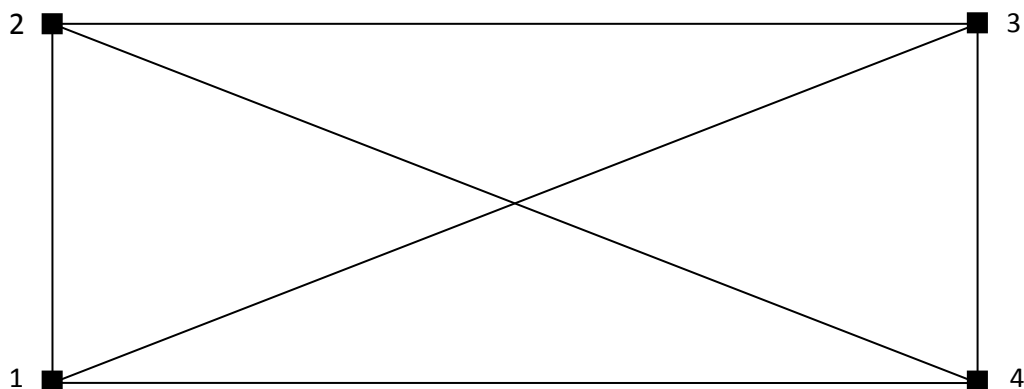


Рис. 1. Схема линейно-угловой сети

При выполнении измерений использовался электронный тахеометр ТМ30 с погрешностью измерения углов $0,5''$ и расстояний $0,6$ мм и электронный тахеометр TCRP 1201 с погрешностью измерения углов $1,0''$ и расстояний $1,0$ мм. Для исключения личной ошибки наблюдателя наведение на отражатель выполнялось в автоматическом режиме. В работе [9] приведены значения погрешностей при автоматическом наведении на различные типы отражателей для тахеометра TCRP 1201. Для стандартного отражателя фирмы Leica погрешность наведения из пяти отсчётов не превышала $0,5''$, измерения расстояний до 30 метров – $0,2$ мм. Поэтому методика измерений углов предусматривала пяти-

кратное отсчитывание при наведении на отражатель. Каждый угол и расстояние измерялись 6 приёмами. Для измерения использовалась встроенная в программное обеспечение тахеометров программа «Приёмы», позволяющая измерять все приёмы на пункте в автоматическом режиме.

Средние квадратические погрешности измерения углов и расстояний, вычисленные по отклонениям от средних значений, на пунктах составили не более 0,5 " и 0,1 мм соответственно. Однако, выяснилось, что для направлений на малые расстояния в четырехугольнике изменение коллимационной погрешности, по сравнению с большими сторонами, превышало 20". По-видимому, на таких малых расстояниях выявляется некоторая систематическая погрешность механизма автоматического наведения. Угловые невязки в треугольниках сети составили от 5" до 30". Значительные величины невязок получены в том числе и из-за коротких расстояний, использования стандартных подставок для отражателей и особенностей крепления отражателей на адаптерах подставок. Разности измеренных прямо и расстояний находились в пределах от 0,2 до 0,7 мм.

Уравнивание сети, выполненное в CREDO DAT 4.0 показало, что средние квадратические погрешности определения положения пунктов линейно-угловой сети не превысили 0,8 мм. При уравнивании только линейных измерений погрешности определения положения пунктов не превысили 0,4 мм. Ожидаемые погрешности определения положения пунктов, вычисленные в режиме проектирования не превышали 2 мм. Расхождения значений координат пунктов, полученные из уравниваний линейно-угловой сети и сети трилатерации не превысили 0,5 мм.

Анализ экспериментальных измерений показал следующее:

- для применяемых высокоточных электронных тахеометров необходимо выполнять поверку хода фокусирующей линзы, при ручном наведении на отражатель, и систематическую погрешность механизма автоматизированного наведения;
- длины линий в сети должны быть примерно равны, что обеспечивает при наведении максимально равные погрешности по направлениям;
- необходимо уменьшать погрешности центрирования отражателей (выполнять перестановку отражателей в подставке между приёмами);
- при оптимальной конфигурации сети заменять линейно-угловую сеть на сеть трилатерации;
- измерения необходимо выполнять при неработающей системе вентиляции и без близко расположенных от тахеометров источников высокого напряжения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генике А. А., Черненко В. Н. Исследование деформационных процессов Загорской ГАЭС спутниковыми методами // Геодезия и картография. – 2003. – № 2. – С. 27-33.
2. Чан Хань, Нгуен В. Х. Анализ стабильности пунктов опорной сети при наблюдении за горизонтальными смещениями гидротехнических сооружений во Вьетнаме // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2008. – № 5. – С. 33–38.

3. Нгуен В. Х. Оценка точности вычисления деформаций плотин гидроэлектростанций спутниковыми методами // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 6. – С. 33–38.
4. Скрипников В. А., Скрипникова М. А. Совершенствование схем планового обоснования для определения горизонтальных смещений гидротехнических сооружений // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 97–99.
5. Скрипников В. А., Скрипникова М. А. К вопросу модернизации плановой сети для определения деформаций плотин ГЭС // Геодезия и картография. – 2012. – № 1. – С. 4–7.
6. Скрипникова М. А., Ашраф А. Бешр, Рябова Н. М. Разработка методики определения горизонтальных смещений стенок шлюза // Геодезия и картография. – 2010. – № 6. – С. 17–21.
7. Скрипникова М. А. Определение изгиба и крена стенок шлюзовой камеры // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 55–59.
8. Могильный С. Г., Шоломицкий А. А., Фролов И. С. Геодезический мониторинг и проверка металлургического оборудования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 132–143.
9. Скрипникова М. А. Возможности применения автоматизированных высокоточных электронных тахеометров при измерении деформаций инженерных сооружений // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 131–134.
10. Учет корректного показателя преломления атмосферы в результатах измерений современными дальномерами и электронными тахеометрами / А. В. Кошелев, А. П. Карпик, С. С. Овчинников, А. А. Дубинина // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 67–71.

© В. А. Скрипников, М. А. Скрипникова, 2014

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТМЕТОК МАРОК ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСАДОК ФУНДАМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Виктор Александрович Скрипников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (382)343-29-55, e-mail: v.a.skripnikov@snga.ru

Маргарита Александровна Скрипникова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (382)343-29-55, e-mail: m.a.skripnikova@snga.ru

В статье приведены результаты измерений, выполненные по осадочным маркам. Даны рекомендации по проектированию схемы сети, методики измерения превышений и оценки точности.

Ключевые слова: геометрическое нивелирование, осадочные марки, методика измерения превышений.

DETERMINATION OF PROCESS EQUIPMENT FOUNDATION SETTLEMENT: STUDY OF CONTROL POINTS POSITIONS ACCURACY

Victor A. Skripnikov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Assoc Prof, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (382)343-29-55, e-mail: v.a.skripnikov@snga.ru

Margarita A. Skripnikova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Senior lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (382)343-29-55, e-mail: m.a.skripnikova@snga.ru

The results of measurements conducted by settlement control point marks are presented. Recommendations on the network scheme designing, techniques for height difference determination and accuracy evaluation are given.

Key words: geometric leveling, settlement control point marks, height difference determination methods.

Геодезические методы определения деформаций гидротехнических сооружений имеют важнейшее значение для обеспечения нормальной эксплуатации гидротехнических сооружений и оборудования. При выполнении измерений всегда стоит задача повышения точности измерений. Эта задача должна решаться не только в процессе измерений, но и на этапе проектирования измерений [1], [2], [3].

Рассмотрим методику проектирования нивелирных ходов для определения отметок осадочных марок на примере нивелирования по фундаментной плите гидрогенераторов. На рис. 1 представлен фрагмент сети, в которой по четыре марки расположены вокруг каждого блока гидрогенератора. Марки блоков могут быть связаны между собой одной или несколькими линиями нивелирования. При нивелировании 1 разряда выполняется нивелирование прямо и обратно при двух горизонтах, при нивелировании 2 разряда прокладывается ход прямо и обратно. Так как нивелирование по осадочным маркам выполняется для определения осадок и крена фундаментных плит, то основным критерием точности должна быть средняя квадратическая погрешность определения осадки марок. Если погрешность определения абсолютной осадки не должна превышать 1 мм, то, поскольку осадка определяется по двум циклам измерений, погрешность урвненных отметок должна быть в $\sqrt{2}$ меньше и не должна превышать 0,7 мм.

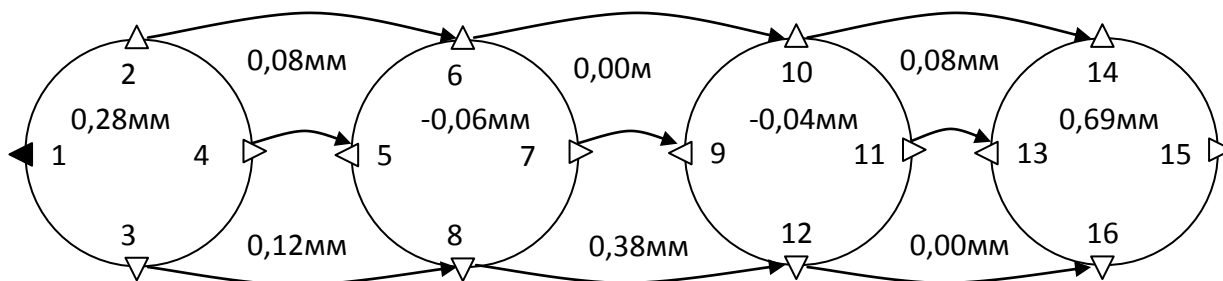


Рис. 1. Фрагмент сети нивелирования по осадочным маркам

Сеть осадочных марок может представлять собой замкнутый на один куст реперов ход или разомкнутый ход, при замыкании хода на два куста исходных реперов. Критерием выбора схемы привязки должна являться минимальная длина хода и наиболее благоприятные условия измерений по трассе хода. При уравнивании сети осадочных марок, расположенных на фундаментах технологического оборудования всегда решается задача минимизации влияния погрешностей той части хода, которая прокладывается от куста исходных реперов до осадочных марок. На наш взгляд, наилучшим решением, является проектирование хода, в котором превышения от куста реперов до осадочных марок измеряются по одной и той же трассе прямо и обратно при двух горизонтах. Следует отметить, что при выполнении гидротехнического нивелирования 2 разряда, при необходимости, разрешается проектирование висячих нивелирных ходов. Для контроля измерения выполняются дважды, вначале и в конце цикла измерений по осадочным маркам. Шестнадцатикратное измерение каждого превышения даёт достаточную степень контроля для передачи отметки на осадочные марки. В этом случае при уравнивании поправки в измеренные превышения не будут отягощены дополнительными погрешностями, а они могут быть доста-

точно существенными, поскольку расстояния от кустов исходных реперов до марок на оборудовании могут достигать нескольких километров.

Рассмотрим методику оценки точности полученных результатов на примере высокоточного гидротехнического нивелирования выполненного цифровым нивелиром. В соответствии с рекомендациями [1] оценка точности полученных результатов для нивелирования 1 разряда производится по формуле (1):

$$m_{\text{ст}} = \pm \sqrt{\frac{[d_1^2]}{2n_1}}, \quad (1)$$

где d_1 – разности превышений, измеренных на одной станции при первом и втором горизонтах инструмента

n_1 – число разностей;

$m_{\text{ст}}$ – средняя квадратическая погрешность превышения на станции, измеренного в прямом и обратном направлениях при двух горизонтах.

Для нивелирования 2 разряда точность измерения на станции вычисляется по формуле (2):

$$m_{\text{ст}} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\frac{[d^2]}{n_2}}{N}}, \quad (2)$$

где n_2 – число станций в секции в ходе одного направления;

$m_{\text{ст}}$ – средняя квадратическая погрешность превышения на станции, измеренная в прямом и обратном направлениях;

N_1 – число секций.

Кроме того, погрешность вычисляется по невязкам W замкнутых полигонов (3):

$$m_{\text{см}} = \pm \sqrt{\frac{\frac{[W^2]}{n_3}}{k}}, \quad (3)$$

где n_3 – число станций по периметру замкнутого полигона;

k – число полигонов.

По результатам уравнивания вычисляют среднюю квадратическую погрешность единицы веса μ (4):

$$\mu = +/\- \sqrt{\frac{[pvv]}{r}}, \quad (4)$$

где r – число секций;

v – вычисленное значение поправки;

$p=1/n$ – вес измеренной величины;

n – число станций в ходе.

По сходимости значений μ и $m_{ст}$ можно сделать вывод о присутствии систематических погрешностей.

Для приведенного фрагмента сети было выполнено нивелирование 2 разряда с использованием рекомендаций, приведённых в [4], [5]. Расхождения одноименных превышений из прямого и обратного ходов не превышали 0,3 мм. Уравнивание сети было выполнено в программе CREDO DAT 4.0. Отметка марки №1 была определена от куста исходных реперов. Таким образом, сеть осадочных марок представляет собой при уравнивании свободную сеть с фиксированием отметки одной марки в качестве исходной. По приведённым на рисунке 1 невязкам в полигонах можно сделать вывод о некоторой неравноточности измерений, обусловленную наличием значительной вибрации и других неблагоприятных факторов при выполнении измерений [6], [7], [8], [9], [10]. Следует отметить, что разности превышений из прямого и обратного ходов не позволяют сделать такой же вывод.

Средняя квадратическая погрешность (СКП) измерения превышения по разностям превышений из прямого и обратного ходов составила для схемы, приведённой на рисунке 1, $m = 0,16$ мм. СКП превышения, вычисленная по невязкам в полигонах, равняется 0,14 мм.

Уравнивание сети, выполненное по схеме, приведённой на рисунке 1 показало, что в полигоне с невязкой 0,69 мм поправки в превышения, примыкающие к смежным полигона в два раза меньше, чем в превышения между марками №14-№15 и №15-№16. Все превышения в сети измерялись с одной станции и, следовательно, имеют равные веса при уравнивании. Таким образом, можно отметить, что поправки в полигоне отягощены значительным дополнительным влиянием смежных полигонов. СКП превышения, вычисленная по поправкам из уравнивания, равнялась 0,12 мм.

При втором варианте уравнивания сети учитывались только одна связь между блоками марок. СКП превышения, вычисленная по поправкам из уравнивания равнялась 0,09 мм. В полигоне с невязкой 0,69 мм поправки в превышения, как и в других полигонах, были равны.

Анализ СКП отметок марок показал, что в первом варианте уравнивания наиболее удалённая от марки №1 марка №15 имеет СКП равную 0,24 мм, во втором варианте СКП марки №15 равнялась 0,43 мм.

Таким образом, можно сделать вывод, что дополнительные связи в сети между блоками марок могут быть использованы для дополнительного контроля точности измерений и должны исключаться из уравнивания, если они вносят существенные изменения в ожидаемые значения поправок в превышения между марками блока и не повышают значительно точность определения отметок марок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карлсон, А. А. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами / А. А. Карлсон. – М.: Энергия, 1980.– 200 с.
2. Карпик А. П., Стефаненко Н. И. Оценка состояния Саяно-Шушенской плотины в период нормальной эксплуатации по данным геодезических измерений // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 61–73.
3. Мухачев Г. В., Жуков Б. Н. Диагностирование технического состояния сооружений Саяно-Шушенской ГЭС с применением геодезических методов и средств измерений // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 90–95.
4. Уставич Г. А. Технология выполнения высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами // Геодезия и картография. – 2006. – № 2. – С. 3 – 6.
5. Визиров Ю. В. Ковалев С. В., Спиридонов А. И. Особенности метрологического обслуживания цифровых нивелиров // Геодезия и картография. – 2002. – № 8. – С. 17 – 22.
6. Бешр Ашраф А., Рябова Н. М., Сальников В. Г., Теплых А. Н., Рахымбердина М. Е. Исследование влияния вибрации на точность измерений цифровыми нивелирами // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 28–33.
7. Кочетов Ф. Г., Сухов Г. Н., Кочетова Э. Ф. Визирный луч нивелира в магнитном поле // Геодезия и картография. 1999. – № 10. – С. 4 – 17.
8. Скрипников В. А., Скрипникова М. А. Опыт применения цифрового нивелира DiNi03 при выполнении повторного высокоточного гидротехнического нивелирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. – С. 189–192.
9. Новосёлов Д. Б., Новосёлов Б. А. Исследование работы высокоточного цифрового нивелира в условиях недостаточной освещённости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 117–121.
10. Уставич Г. А., Пошивайло Я. Г., Соболева Е. Л., Калинина М. С. Влияние электромагнитных полей на инженерно-геодезические работы // Геодезия и картография. – 2005. – № 11. – С. 28–30.
11. Никонов А. В. Особенности применения современных геодезических приборов при наблюдении за осадками и деформациями зданий и сооружений объектов энергетики // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 12–18.
12. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 3–11.

© В. А. Скрипников, М. А. Скрипникова, 2014

**КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ СОЗДАНИЯ
ЦИФРОВЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ
ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ
ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ. СЛОЖНОСТИ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

Татьяна Александровна Хлебникова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. 8913-474-19-70, e-mail: t.a.hlebnikova@ssga.ru

Олеся Борисовна Архипова

Новосибирский филиал ООО «Геопроектизискания», 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Станционная, 36, руководитель отдела инженерных изысканий Новосибирского филиала ООО «Геопроектизискания», тел. 8905-954-75-36, e-mail: arhialeks@mail.ru

Статья посвящена вопросам, связанным с совершенствованием технологии создания цифровых топографических планов для инженерно-геодезических изысканий инженерных сооружений. При использовании топографических планов на стадии проектирования часто возникает необходимость визуального представления, а также метрических данных таких объектов как опоры, тросы, гирлянды и т.д. Предлагается информацию топографических планов дополнять трехмерными моделями таких объектов. Представлена схема технологии. Рассмотрены основные сложности, возникающие при разработке данной технологии.

Ключевые слова: технология, цифровой топографический план, измерительная трехмерная видеосцена, ЦМР, ЦМО, ЦФС, 3D ГИС.

**COMBINED METHOD OF CREATING DIGITAL TOPOGRAPHIC
PLANS FOR ENGINEERING AND GEODESIC SURVEY
OF ENGINEERING CONSTRUCTIONS. COMPLEXITY AND SOLUTIONS**

Tatyana A. Khlebnikova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Assoc. Prof., Department of Engineering Geodesy and surveying, tel. 8913-474-19-70, e-mail: t.a.hlebnikova@ssga.ru

Olesa B. Arkhipova

Novosibirsk branch of LLC «Geoproectiziskania» 630108, Russian, Novosibirsk, 36 Stacionnaya, head of Department of engineering survey of Novosibirsk branch of LLC « Geoproectiziskania», tel. 8905-954-75-36, e-mail: arhialeks@mail.ru

The article is devoted to the issues connected with the improvement of technologies for creation of digital topographic plans for engineering and geodesic survey of engineering constructions. When using topographic plans on a design stage often need a visual representation, as well as metric data objects such as support, cables, lights etc. Offers information topographic plans complement the three-dimensional models of the objects. A diagram of the technology. The main problems arising in the development of this technology.

Key words: technology, digital topographic plan, measuring three-dimensional video stage, DEM, DMO, DFS, 3D GIS.

В настоящее время для целей строительства, расширения и реконструкций электрических подстанций (ЭП) и воздушных линий (ВЛ) на стадии проектирования составляют комплексные отчеты по инженерным изысканиям этих объектов. Согласно нормативно-техническим документам (НТД) по строительным нормам и правилам [7] в состав работ при инженерных изысканиях для строительства ЭП и ВЛ входят следующие этапы: инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические и инженерно-экологические изыскания.

Инженерно-геодезические изыскания для строительства названных объектов должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе территории (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях (надземных, подземных и надземных), элементах планировки (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства и обоснования проектирования, строительства и эксплуатации объектов, а также создания и ведения государственных кадастров, обеспечения управления территорией, проведения операций с недвижимостью [7, 8]. В результате выполнения изысканий обеспечиваются:

- развитие опорных геодезических сетей, включая геодезические сети специального назначения для строительства;

- обновление топографических и инженерно-топографических планов;

- создание инженерно-топографических планов (в графической, цифровой, фотографической и иных формах), профилей и других топографо-геодезических материалов и данных, предназначенные для обоснования проектной подготовки строительства;

- создание и ведение геоинформационных систем (ГИС) поселений и предприятий, государственных кадастров (градостроительного в соответствии с требованиями НТД, земельного и др.);

- создание и обновление тематических карт, планов и атласов специального назначения (в графической, цифровой, фотографической и иных формах);

- создание топографической основы и получение геодезических данных для выполнения других видов инженерных изысканий, в том числе при геотехническом контроле, обследовании грунтов оснований фундаментов зданий и сооружений, разработке мероприятий по инженерной защите и локальном мониторинге территорий, авторском надзоре за использованием изыскательской продукции в процессе строительства;

- формирование и ведение государственных территориальных фондов материалов инженерных изысканий органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или местного самоуправления и государственного ведомственного фонда материалов комплексных инженерных изысканий Федерального органа исполнительной власти по строительству, а также фондов других министерств и ведомств.

Для выполнения инженерно-геодезических изысканий используются данные тахеометрической съемки, лазерного сканирования, съемки GPS-приемниками и картографические материалы предыдущих лет. В Новосибирском филиале ООО «Геопроектизыскания», как и в любой другой организации инженерно-изыскательской отрасли, одним из основных документов инженерно-геодезических изысканий, считается топографический план заданного масштаба (от 1: 500 до 1: 5 000) в формате системы автоматизированного проектирования и черчения AutoCAD (компания Autodesk).

Данный топографический план должен удовлетворять требованиям НТД.

На следующей стадии материалы изысканий передаются проектировщикам, которые сталкиваются с определенной задачей связанной с визуализацией. Во многих случаях на стадии проектирования необходимо наглядное представление таких объектов как экспликации, опоры, тросы, гирлянды, а также участков пересечения трассы с искусственными и естественными преградами. Возникает необходимость выезда на местность для визуального осмотра указанных объектов, что приводит к дополнительным временным и материальным затратам.

Сложность достоверного отображения объектов на цифровых топографических планах возрастает, когда на территории находится большое число подземных и наземных коммуникаций различного назначения. В таких ситуациях ряд авторов рекомендуют исполнительную съемку выполнять в более крупных масштабах, сложные объекты сопровождать фотоснимками, полученными цифровой неметрической камерой, выполнять съемку наземными лазерными сканерами [9]. При этом наземная лазерная съемка имеет достоинства и недостатки.

Использование цифровых фотоснимков вместо эскизов с изображениями опор, тросов и т. д. улучшает восприятие и повышает информативность топографического плана.

Нами предлагается комбинированный способ создания цифровых топографических планов в котором информацию топографических планов предлагается дополнять трехмерными моделями объектов. Трехмерные модели (3D-модели, трехмерные видеосцены) – новые виды цифровых геопространственных продуктов, которые представляют собой трехмерные пространственные аналоги реальных объектов местности. Получению таких новых видов цифровой продукции способствовало использование достижений трехмерной машинной графики при пространственном моделировании местности в геоинформационных технологиях [4,6].

Использование комбинированного способа создания цифровых топографических планов даст возможность пользователю получить дополнительную информацию в виде трехмерных видеосцен отдельных участков или объектов. Трехмерные видеосцены не только улучшают восприятие и повышают информативность цифрового топографического плана, но и позволяют выполнить измерительные операции. При этом минимизируется необходимость выездов на местность. Исследований по практическому использованию трехмерных видеосцен в литературе отражено мало.

Материалы, рассматриваемые в данной статье, представляют собой продолжение работ, опубликованных в [5, 10]. На основе базовых понятий, приведенных в известных словарях по геоинформатике и картографии (данные, пространственные данные, геопространственные данные, местность, территория), в [5] сформулировано свое определение этого цифрового геопространственного вида продукции. Согласно этому определению, трехмерная измерительная видеосцена – это трехмерная цифровая модель участка территории (3D ЦМТ), включающая в себя цифровую модель рельефа и модели других объектов, расположенных в границах рассматриваемой территории, предназначенная для визуализации в статическом или динамическом режимах и расчетно-измерительных операций с использованием специальных программных средств географических информационных систем (ГИС).

По мере практического применения трехмерных цифровых моделей территории, пользователи выявили недостатки, приводящие к ограничению их использования. Поэтому совместное применение цифровых топографических планов (ЦТП) и трехмерных измерительных видеосцен позволит по наиболее надежно опознаваемым объектам на трехмерной видеосцене определять значения координат и высот точек интересующего объекта территории на цифровом плане с точностью, регламентированной для масштаба данного плана.

Возможности 3D ГИС в настоящее время позволяют только раздельное формирование трехмерной видеосцены, т. е. формирование поверхности, затем «насадку» на нее трехмерных объектов на (под) ней расположенных (постройки, ограждения, деревья и т. д.).

Как показано в [5, 10, 11], исходными данными для создания измерительных трехмерных видеосцен средствами 3D ГИС служат растровые изображения земной поверхности, цифровые модели местности (ЦММ), включающие в себя цифровую модель рельефа (ЦМР) и трехмерную цифровую модель объектов местности (ЦМО).

В связи с изложенным, в технологию получения цифрового топографического плана предполагается включить следующие этапы:

- создание цифровых топографических планов по известной технологической схеме;
- составление схемы участков, требующих создания измерительных трехмерных видеосцен;
- сбор информации ЦМР, ЦМО по материалам аэрофотосъемки, космической съемки высокого разрешения, а также по материалам, полученным малоформатными неметрическими цифровыми камерами для дальнейшего создания трехмерных видеосцен на выбранные участки;
- создание моделей рельефа и объектов, трехмерных видеосцен средствами 3D ГИС;
- создание цифрового топографического плана, дополненного трехмерными видеосценами.

В настоящее время ряд аэрогеодезических предприятий начинают использовать малоформатные неметрические цифровые камеры для получения пространственных данных. Основные предпосылки использования неметрических цифровых камер для измерительных целей – компактность, оперативность и доступность. Опыт использования таких камер приводится в литературе, например в [3].

Определены необходимые условия, при которых будут получены цифровые топографические планы комбинированным способом.

1. Цифровой топографический план, полученный комбинированным способом, должен включать цифровой топографический план и трехмерные видеосцены отдельных участков плана.

2. Параметры исходных материалов аэрокосмических съемок: масштаб аэрофотосъемки, разрешение космической съемки – должны обеспечивать создание цифрового топографического плана в диапазоне не мельче 1:10 000;

3. Точность не ниже заданной точности положения объектов и контуров, входящих в состав цифрового топографического плана.

Технология создания ЦММ местности по материалам аэрофотосъемки известна, поэтому здесь рассмотрены только некоторые особенности.

Исходя из схемы предложенной технологии, она может быть реализована на различных ЦФС и ГИС, способных работать с трехмерными видеосценами.

При создании ЦМР, ЦМО средствами фотограмметрических технологий для дальнейшего их использования в 3D ГИС возникает задача комплексного согласования на информационном уровне трехмерных моделей территории, создаваемых на ЦФС, и трехмерных моделей территории, построение которых осуществляется во внутренних структурах 3D ГИС на основе входных пространственных данных, получаемых экспортом из ЦФС.

Исходя из этого для проведения исследований предложенной технологии выбраны: ЦФС РНОТОМОД (компания Ракурс, г. Москва); программа ГИС КАРТА 2011 – ГИС Панорама (ЗАО «КБ Панорама», Москва).

ЦФС РНОТОМОД предусматривает импорт внешнего классификатора в заданном формате и последующее его использование при кодировании объектов и их характеристик в процессе сбора. Перечень классов объектов и их характеристик, используемых в классификаторе на производственный объект приведен в [10]. Приведенный перечень классов был принят, исходя из состава объектов на рассматриваемой территории. Для объектов ЭП, ВЛ и иных инженерных сооружений он будет другим.

При разработке технологии обозначены следующие сложности.

1. В зависимости от назначения трехмерной видеосцены нагрузка элементов содержания и объектов будет различной. Возникает проблема определения и обоснования необходимого и достаточного уровня детализации состава объектов. Должны быть разработаны критерии отбора и обобщения для показа объектов, обязательных на трехмерной видеосцене.

2. Разработка дополнительных требований к подготовке информационного обеспечения цифрового топографического плана, дополненного трехмерными видеосценами.

3. Вопросы точности измерений трехмерных видеосцен практически не отражены в литературе [1, 2]. Должны быть выполнены исследования по оценке точности объектов на цифровом комбинированном плане.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов И. Т., Хлебникова Т. А. Исследование вероятностной оценки точности пространственной аналитической фототриангуляции // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 2 (15). – С. 50–57.

2. Антипов И. Т., Хлебникова Т. А. Проверка достоверности вероятностной оценки точности фототриангуляции применительно к реальным сетям // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 58–63.

3. Антипов И. Т., Кобзева Е. А. Об использовании цифровых средне- и малоформатных камер для аэрофотосъемки // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 4. – С. 17–27.

4. Дуда Р. О., Харт П. Е. Распознавание образов и анализ сцен : пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 511 с.

5. Журкин И. Г., Хлебникова Т. А. Технология получения измерительной трехмерной видеосцены по материалам аэрокосмических съемок // Геодезия и картография. – 2009. – № 8. – С. 43–48.

6. Основные проблемы пространственного представления местности в цифровых картографических изделиях / В. Н. Филатов, В. А. Авдеев, Р. С. Мухудинов, В. А. Радионов // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 35–38.

7. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: МИНСТРОЙ РОССИИ. 1997. – 44 с.

8. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства (одобрен письмом Госстроя РФ от 14 октября 1997 г. № 9-4/116). – М., 1997. – 86 с.

9. Комбинированный способ создания инженерно-топографических планов масштаба 1:500 промышленных территорий и отдельных промплощадок / Г. А. Уставич, В. А. Середович, Я. Г. Пошивайло, А. В. Середович, А. В. Иванов // Геодезия и картография. – 2009. – № 1. – С. 31–37.

10. Хлебникова Т. А. Исследование и разработка технологии построения измерительных трехмерных видеосцен по материалам аэрокосмических съемок : автореф. дис. на соиск. учен. степ. док. техн. наук по спец. 25.00.34. «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия». – Новосибирск. – 2012. – 47 с.

11. Хлебникова Т. А., Кулик Е. Н. Результаты экспериментальных исследований технологии получения измерительной трехмерной видеосцены по материалам аэрокосмических съемок // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 74–82.

© Т. А. Хлебникова, О. Б. Архипова, 2014

УДК 528:621.375.826

СПОСОБ ВЫВЕРКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛАЗЕРНЫМ ПРИБОРОМ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ ПРИ МОНТАЖЕ

Анатолий Григорьевич Гольцев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова А. К., 69, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства зданий, сооружений и транспортных коммуникаций, тел. 8(7332)540-735, e-mail: AGoltsev-vko@mail.ru

Тулеген Турсунович Ипалаков

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова А. К., 69, доктор технических наук, профессор кафедры геодезии, землеустройства и кадастра, тел. 8(7232)540-776, e-mail: TIpalakov@ektu.kz

Дмитрий Владимирович Большаков

Акционерное общество «Ульбинский металлургический завод», 070005, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, проспект Абая, 102, магистр технических наук по специальности 6М072900 – Строительство, инженер-проектировщик, тел. 8705-532-30-72, e-mail: betonshik@bk.ru

Впервые предлагается способ выверки с использованием двухлучевого лазерного прибора при монтаже строительных конструкций и металлических резервуаров в вертикальной плоскости.

Ключевые слова: двухлучевой лазерный прибор, выверка, строительные конструкции, центрирование, вертикальные риски.

BUILDING STRUCTURES VERIFICATION TECHNIQUES BY LASER LEVELING TOOL IN VERTICAL PLANE WHILE ASSEMBLAGE

Anatoliy G. Goltsev

D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070004, the Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Protozanov Str, 69, Kandidat of Technical Science, Dotsent of Civil Engineering, Constructions and Transport Communications Sub-department, tel. 8(7332)540-735, e-mail: AGoltsev-vko@mail.ru

Tulegen T. Ipalakov

D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070004, the Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Protozanov Str, 69, Doctor of Technical Science, Professor of the Geodesy, Land amelioration and Cadaster Sub-department, tel. 8(7232)540-776, e-mail: TIpalakov@ektu.kz

Dmitriy V. Bolshakov

Public Company «Ulba Metallurgical Plant», 070005, the Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Abai av., 102, Design engineer, Master of Science, specialty 6M072900 Civil Engineering, tel. 8705-532-30-72, e-mail: betonshik@bk.ru

For the first time we offer verification technique using biradiate laser tool while assemblage of building structures and metallic reservoir in vertical plane.

Key words: biradiate laser tool, verification, building structures, centering, vertical risks.

Разработка и внедрение прогрессивных методов и технических средств измерений являются актуальными проблемами, так как возрастающие объемы и сложность задач по строительству различных объектов требуют постоянного совершенствования средств геодезического обеспечения.

Для выполнения инженерно-геодезических работ выпускается большое количество лазерных приборов, из которых теодолиты с визуальной системой пользуются большим спросом при выверке строительных конструкций.

Применение лазерного теодолита с разверткой луча в вертикальной плоскости позволяет определить положение в плане и вертикальность конструкций методом бокового нивелирования. При этом обеспечивается непрерывный геодезический контроль положения монтируемого элемента, а наличие видимых линий и плоскостей, образуемых лучом и его разверткой, позволяет более точно вести сборку конструкций.

Но этот способ применяется в основном для ведения отделочных, сантехнических работ и монтаже приборов внутри помещения. Для выверки колонн и стеновых панелей промышленных и общественных зданий необходимо использовать другие приборы.

При этом точность измерений при работе с лазерными приборами в значительной степени зависит от диаметра пучка излучения, который изменяется в зависимости от расстояния его распространения. В зависимости от расстояния меняется и четкость его контуров.

Традиционно при монтаже колонн используют два теодолита (рис. 1, а). Для проверки вертикальности колонны два теодолита 1 располагают под прямым углом к цифровой и буквенной осям зданий. При этом визирную ось теодолита совмещают с рисками, нанесенными на стекле 2 в нижней части колонны 3, а затем, плавно поднимая трубу теодолита, - с риской у верхнего конца колонны 3. Расстояние теодолита от выверяемой колонны принимают таким, чтобы при максимальном подъеме трубы угол ее наклона не превышал 30 – 35°.

Более перспективный способ, основанный на использовании устройства с сигнальными лампочками (рис. 1, б, в). Это устройство с помощью специальных держателей 1 прикрепляют к выверяемой колонне. При этом штанга 2 располагается параллельно оси колонны. К штанге крепится устройство 3 с пятью сигнальными лампочками 4. Четыре лампочки красного цвета располагают по боковым граням устройства, зеленая лампа - внизу. Само устройство имеет сферическую поверхность 4 с отверстиями 3. При выверке колонны, если она находится в наклонном положении, то металлический шарик 2 будет замыкать

контакты 1 и включать лампочки 5 или 7. Если колонна находится в вертикальном положении, то загорается лампочка 6.

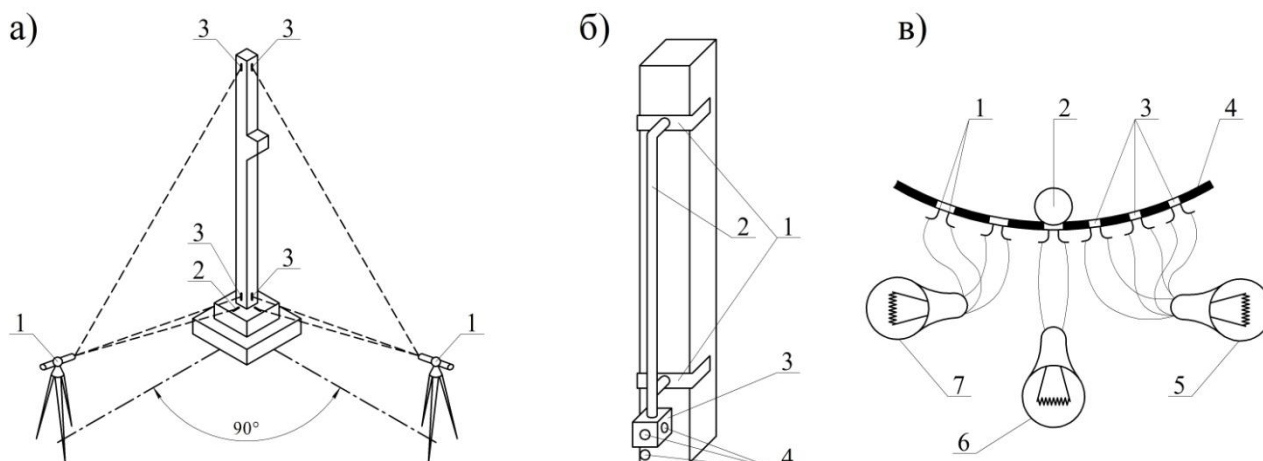


Рис. 1. Схемы выверки колонн и панелей:

- а) выверка колонны двумя теодолитами; б) выверка колонны специальным устройством; в) схема работы устройства для выверки колонны

Этот способ значительно сокращает затраты труда и не требует предварительной разметки колонны.

Однако все перечисленные способы достаточно трудоемки и при этом применяется значительное количество инструментов и оборудования.

Предлагаемый способ выверки конструкций в вертикальной плоскости позволяет использовать только один лазерный теодолит с двумя визирами [1].

Прибор состоит из двух визиров, которые проецируют на рабочей поверхности одно световое пятно в вертикальной проектной плоскости.

Предлагаемое устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей (рис. 2, а) включает два лазера 1 и 2, связанных рамой 3, стороны которой подвижно соединены между собой, например, посредством шарниров, отвес 4, противовес 5, тренога 6 и подставку 7 с подъемными винтами 8.

Принцип действия заключается в следующем. Перед началом работы устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей устанавливают в необходимое положение при помощи отвеса 4, противовеса 5 и опор 6. Далее, при помощи подставки 7 с подъемными винтами 8, поворачиваем лазер 2 до пересечения двух точек на выверяемой плоскости.

Лазер 1 вращается относительно оси А, заставляя через раму 3 двигаться лазер 2, при этом геометрическая фигура, которую представляет рама, инвертирована в вертикальной плоскости, сохраняя свойства исходной фигуры (параллелограмм), что позволяет получить точку пересечения лазеров, движущуюся прямолинейно, в вертикальной плоскости, параллельно вертикальной стороне рамы. При отклонении выверяемой плоскости от вертикального расположения

точка будет деформирована. Таким образом, монтажник сам выверяет конструкцию. В другой вертикальной плоскости (90°), выверка проводится по рискам на колонных или стеновых панелях.

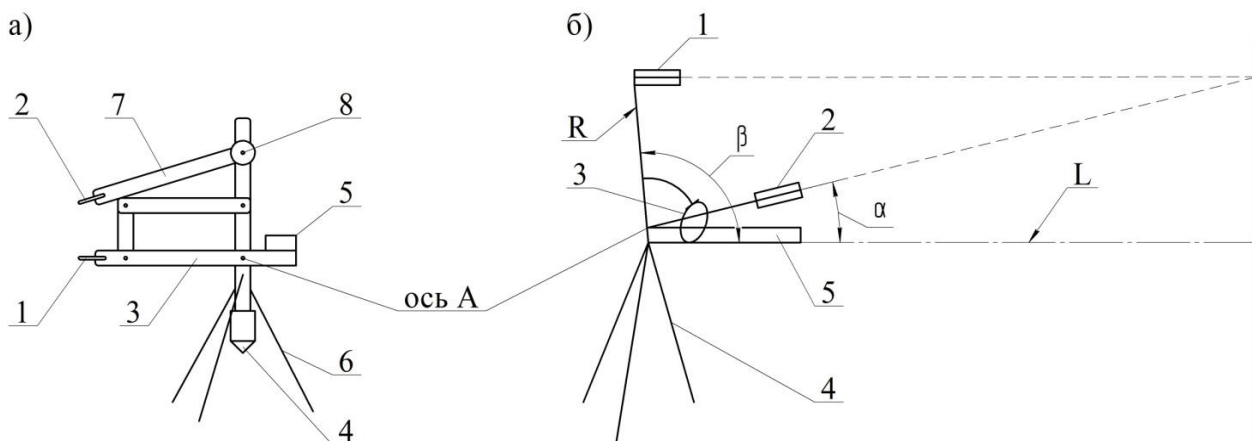


Рис. 2. Устройства для контроля формы и расположения плоских поверхностей:
а) работающее по принципу подобия треугольников; б) кулачковое устройство

Устройство позволяет быстро, просто и экономично выверять любые плоские поверхности в любом направлении. Для этого лазерный теодолит, закрепленный на штативе, необходимо устанавливать на строительной площадке с хорошим кругозором (круговым обзором), чтобы с одной стоянки обеспечивать максимальное количество измерений.

Сущность способа выверки состоит в том, чтобы задать вертикальное перемещение световой точки O_1 в пространстве (рис. 3). Для этого необходимо, чтобы при перемещении визиров на определенный угол наклона в вертикальной плоскости (α_v), осуществлялся поворот визиров в горизонтальной плоскости на определенный угол (β_r). Поворот визиров осуществляется при вращении микрометрических винтов, при этом оба визира поворачиваются синхронно благодаря специальной червячной шестерне. Пересечение лучей дает в пространстве вертикальную невидимую прямую линию.

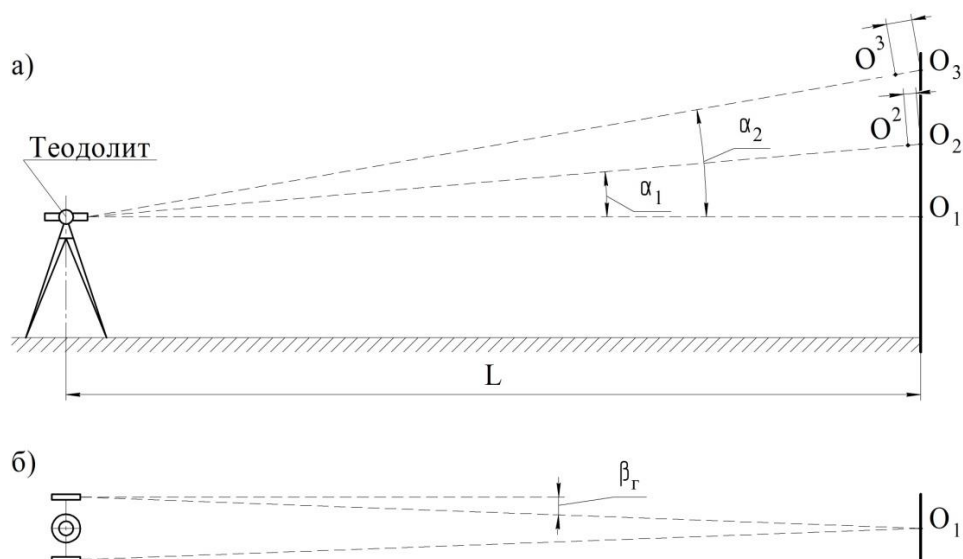


Рис. 3. Определение перемещения точки визирования:

а) – в вертикальной плоскости; б) – в горизонтальной плоскости

Перемещение точки O_1 в вертикальной плоскости при повороте визиров на угол α_v . Где O_2, O_3 – необходимые положения точки при повороте визиров, для выверки конструкций в вертикальной плоскости; O^2, O^3 – стандартные положения точки при повороте визиров; L – рабочее расстояние до монтируемых конструкций.

На схеме показано необходимое положение точки O_1 в горизонтальной плоскости при повороте визиров на угол β_r .

Также предложено кулачковое устройство [2] для контроля формы и расположения плоских поверхностей (рис. 2, б) включающее подставку с подъемными винтами, штатив, лазер, отличающееся тем, что оно снабжено вторым лазером, который кинематически связан с первым лазером фасонным кулачком, при этом профиль фасонного кулачка выполнен с условием $\cos \beta = \cos \alpha * R/L$, где α – угол поворота первого лазера, β – угол поворота второго лазера, R – расстояние между лазерами, L – расстояние от первого лазера до контролируемой поверхности.

Предлагаемое кулачковое устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей включает два лазера 1 и 2, кинематически связанных между собой фасонным кулачком 3, штатив 4, подставку с подъемными винтами 5 для придания необходимого положения двум лазерам.

Устройство работает следующим образом. Лазер 1 вращается относительно оси А, заставляя через фасонный кулачок 3 двигать лазер 2, при этом пересечение лучей лазеров 1 и 2 даст в пространстве точку, которая при перемещении лазера 2, благодаря фасонному кулачку 3, позволяет получить прямую линию пересечения лазеров в пространстве перпендикулярную подставке с подъемными винтами 5.

Предлагаемая методика позволяет монтажнику самому визуально наблюдать луч и производить выверку непосредственно “под точку” путем рихтовки

конструкций специальными монтажными инструментами, что существенно повышает скорость выверки конструкций при монтаже.

Выводы:

1. Разработано устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей использующее принцип подобия треугольников позволяющее получить прямую линию пересечения лазеров в пространстве параллельную отвесу.

2. Разработано кулачковое устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей у которого профиль фасонного кулачка выполнен с условием $\cos \beta = \cos \alpha * R/L$, что позволяет получить прямую линию пересечения лазеров в пространстве перпендикулярную подставке.

3. При использовании данной методики отпадает необходимость задействования нескольких рабочих и дорогостоящих устройств.

4. Разработанные устройства позволяют значительно сократить время выверки строительных конструкций в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольцев А.Г. Курмангалиев Т.Б. Устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей. [Патент РК на полезную модель №614] заявка № 2009/049.2

2. Гольцев А.Г. Курмангалиев Т.Б. Устройство для контроля формы и расположения плоских поверхностей. [Патент РК на полезную модель №615] заявка № 2009/050.2

© А. Г. Гольцев, Т. Т. Ипалаков, Д. В. Большаков, 2014

УДК 528.54

ВЛИЯНИЕ ОСЕДАНИЯ ШТАТИВА, ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА i И ВЕРТИКАЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ НА НИВЕЛИРОВАНИЕ I КЛАССА

Екатерина Леонидовна Соболева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55, e-mail: e.l.soboleva@mail.ru

Надежда Михайловна Рябова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела, тел. (383)343-29-55, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

Садуахас Аяшович Бабасов

ТОО «Технологический информационный центр» акимата г. Алматы, 050028, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Достык, 85, директор, тел. 8(727)272-39-79, e-mail: babasov@mail.ru

В статье приведены исследования влияния основных ошибок высокоточного нивелирования на примере программы наблюдений, предназначенной для нивелирования I класса.

Ключевые слова: высокоточное нивелирование, оседание штатива, угол i , влияние рефракции, цифровой нивелир.

EFFECT OF SUPPORT SETTLEMENT, ANGLE i CHANGE AND VERTICAL REFRACTION ON FIRST-ORDER LEVELING

Ekaterina L. Soboleva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph.D., Assoc Prof, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (383)343-29-55, e-mail: e.l.soboleva@mail.ru

Nadezhda M. Ryabova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Senior lecturer, Department of Engineering Geodesy and Mine Survey, tel. (383)343-29-55, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

Saduakhas A. Babasov

Technological Information Centre «Akimata», 050028, Almaty, 85 Dostyk, Director, tel. 8(727)272-39-79, e-mail: babasov@mail.ru

The authors present their research of the effect of high-precision leveling basic errors. The observation program of the first-order leveling is considered as an example.

Key words: high-precision leveling, support settlement, angle I, refraction effect, digital level.

Известно, что при выполнении высокоточного нивелирования I, II классов [1,2,3,4] основными источниками ошибок являются перемещение костылей и штатива. В любых видах грунтов положение штатива будет изменяться по высоте при взятии отсчетов по рейкам [5]. Ошибка, вызванная перемещением штатива, носит в основном систематический характер на протяжении всего нивелирного хода [6].

Рассмотрим влияние оседания штатива на результаты нивелирования на примере программы наблюдений Конопальцева [7], применительно к цифровому нивелиру [8, 9, 10, 11].

Порядок взятия отсчетов по этой программе в прямом ходе на нечетной станции следующий: по ходу часовой стрелки $З''$, $З'$, $П'$, $П''$, затем против хода часовой стрелки $П''$, $П'$, $З'$, $З''$ (рис. 1).

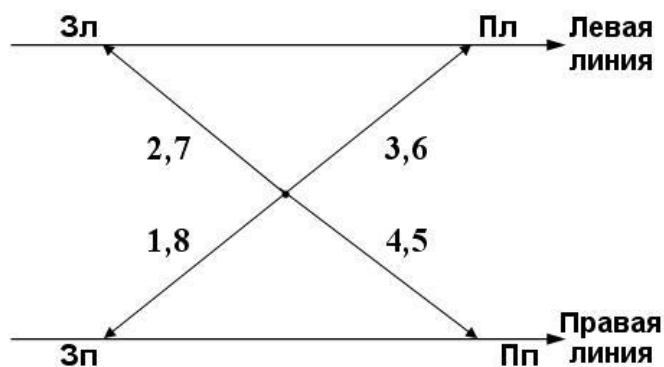


Рис. 1. Порядок взятия отсчетов на станции

Предположим, что при выполнении работ на станции штатив оседает равномерно, а костыли остаются неподвижными. Здесь будем обозначать Δ_1 и Δ_2 – ошибки в отсчет по рейке, вызванные оседанием штатива при взятии отсчетов по ходу часовой стрелки, а Δ'_1 , Δ'_2 – против хода часовой стрелки. Тогда на нечетной станции отсчет по задней рейке правой линии будет равен $З''$ (рис. 2, а). Далее производится отсчет по задней рейке левой линии нивелирования, кото-

рый, с учетом оседания штатива, будет равен $Z^n - \Delta_1$. Затем производится отсчет по передней рейке левой линии нивелирования, равный $P^n - \delta$, так как за время наведения зрительной трубы прибора на переднюю рейку штатив опустится на величину δ . После этого снимается отсчет по передней рейке правой линии нивелирования, который, с учетом перемещения штатива, равен $P^n - \Delta_1 - \delta - \Delta_2$. С учетом этого превышение для правой линии нивелирования будет равно:

$$h_1^n = Z^n - (P^n - \Delta_1 - \delta - \Delta_2) = h_{\text{ист}} + \Delta_1 + \delta + \Delta_2. \quad (1)$$

Превышение по левой линии нивелирования будет равно:

$$h_1^n = (Z^n - \Delta_1) - (P^n - \delta) = h_{\text{ист}} - \Delta_1 + \delta. \quad (2)$$

После этого меняется высота инструмента и наблюдения производятся в обратном порядке (рис. 2, б): снимается отсчет по передней рейке правой линии нивелирования, который будет равен P^n , затем по передней рейке левой линии нивелирования, который будет равен $P^n - \Delta'_1$ (с учетом оседания штатива). Далее производится отсчет по задней рейке левой линии нивелирования, равный $Z^n - \delta$, так как за время наведения зрительной трубы прибора на заднюю рейку штатив опустится на величину δ . После этого снимается отсчет по задней рейке правой линии нивелирования, равный $Z^n - \Delta'_1 - \delta - \Delta'_2$ (с учетом оседания штатива). В этом случае превышение по правой линии нивелирования будет равно:

$$h_2^n = (Z^n - \Delta'_1 - \delta - \Delta'_2) - P^n = h_{\text{ист}} - \Delta'_1 - \delta - \Delta'_2. \quad (3)$$

Превышение по левой линии нивелирования будет равно:

$$h_2^n = (Z^n - \delta) - (P^n - \Delta'_1) = h_{\text{ист}} + \Delta'_1 - \delta. \quad (4)$$

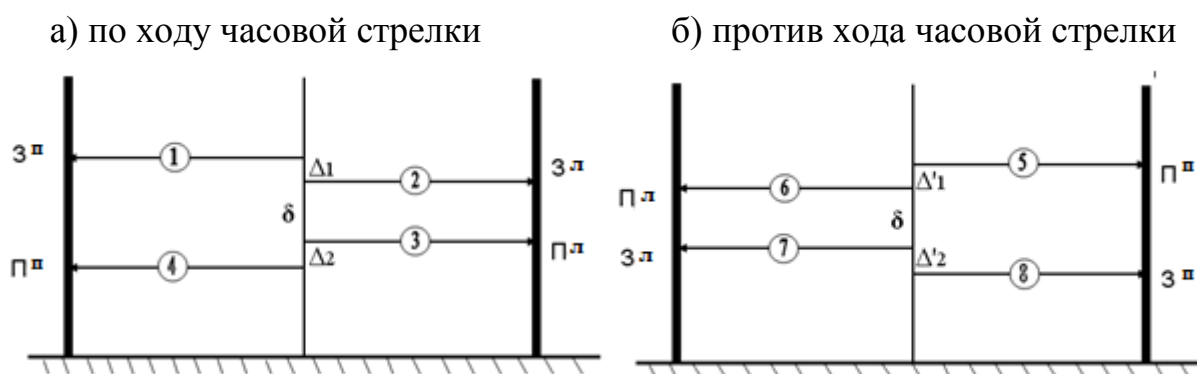


Рис. 2. Схемы влияния перемещения штатива на отсчеты по рейкам

Так как $\Delta'_1 = \Delta'_2$ (штатив оседает равномерно), то среднее превышение на станции по правой линии нивелирования вычисленное по формуле

$$h_{сп\,прав} = \frac{h_1^n + h_2^n}{2} \quad (5)$$

будет равно $h_{исм\,прав}$.

Следовательно, по правой линии нивелирования ошибки, связанные с перемещением штатива, компенсируются на станции. Аналогичная ситуация для левой линии нивелирования.

Таким образом, при использовании данной программы наблюдений, перемещение штатива не влияет на величину превышения на станции, так как происходит компенсация ошибок по каждой линии нивелирования (при двух горизонтах инструмента).

Другим основным источником ошибок высокоточного нивелирования является изменение угла i во время работы на станции. С изменением температуры воздуха угол i нивелира, как известно, может увеличиваться или уменьшаться, что приводит к ошибкам в отсчетах по рейкам.

Ниже рассмотрим, как данная программа наблюдений будет компенсировать ошибки нивелирования, вызванные изменением угла i .

Здесь будем обозначать Δ_1 , Δ_2 и Δ_3 – ошибки в отсчет по рейке, вызванные изменением угла i при взятии отсчетов по ходу часовой стрелки, а Δ'_1 , Δ'_2 и Δ'_3 – против хода часовой стрелки (после изменения высоты инструмента). На нечетной станции отсчет по задней рейке правой линии будет равен Z^n (рис. 3, а). Далее производится отсчет по задней рейке левой линии нивелирования, который, с учетом увеличения угла i , будет равен $Z^n + \Delta_1$. Затем производится отсчет по передней рейке левой линии нивелирования, равный $P^n + \Delta_1 + \Delta_2$, так как за время наведения зрительной трубы прибора на переднюю рейку угол i изменится на величину Δ_2 . После этого снимается отсчет по передней рейке правой линии нивелирования, который, с учетом изменения угла i , равен $P^n + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$. С учетом этого превышение для правой линии нивелирования будет равно:

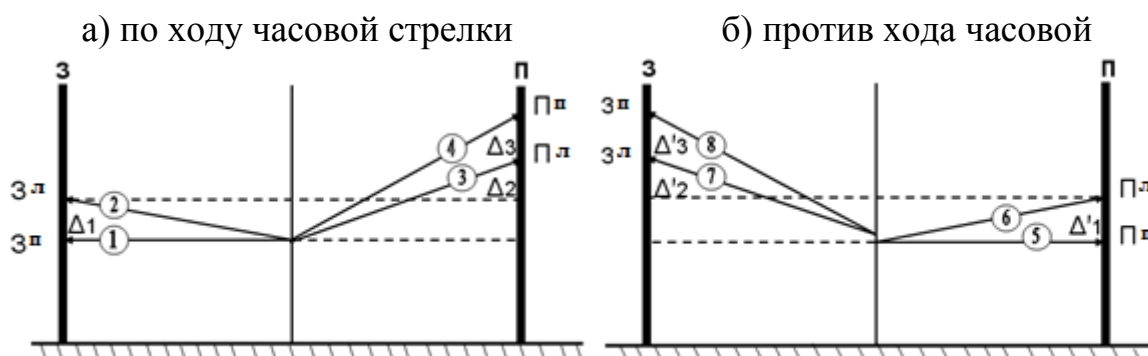


Рис. 3. Схемы влияния перемещения штатива на отсчеты по рейкам

$$h_1^{\text{п}} = Z^n - (I^n + \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3) = h_{\text{ист}} - \Delta_1 - \Delta_2 - \Delta_3. \quad (6)$$

Превышение по левой линии нивелирования будет равно:

$$h_1^{\text{л}} = (Z^n + \Delta_1) - (I^n + \Delta_1 + \Delta_2) = h_{\text{ист}} - \Delta_2. \quad (7)$$

После этого меняется высота инструмента и наблюдения производятся в обратном порядке (рис. 3, б): снимается отсчет по передней рейке правой линии нивелирования, который будет равен I^n , затем по передней рейке левой линии нивелирования, который будет равен $I^n + \Delta'_1$ (с учетом увеличения угла i). Далее производится отсчет по задней рейке левой линии нивелирования, равный $Z^n + \Delta'_1 + \Delta'_2$, так как за время наведения зрительной трубы прибора на заднюю рейку угол i изменится на величину Δ'_2 . После этого снимается отсчет по задней рейке правой линии нивелирования, равный $Z^n + \Delta'_1 + \Delta'_2 + \Delta'_3$ (с учетом изменения угла i). В этом случае превышение по правой линии нивелирования будет равно:

$$h_2^{\text{п}} = (Z^n + \Delta'_1 + \Delta'_2 + \Delta'_3) - I^n = h_{\text{ист}} + \Delta'_1 + \Delta'_2 + \Delta'_3. \quad (8)$$

Превышение по левой линии нивелирования будет равно:

$$h_2^{\text{л}} = (Z^n + \Delta'_1 + \Delta'_2) - (I^n + \Delta'_1) = h_{\text{ист}} + \Delta'_2. \quad (9)$$

Так как $\Delta'_1 = \Delta'_2 = \Delta'_3$ (угол i увеличивается равномерно), то среднее превышение на станции по правой линии нивелирования вычисленное по формуле (5) будет равно $h_{\text{ист}}$.

Следовательно, по правой линии нивелирования ошибки, связанные с изменением угла i , компенсируются на станции.

Аналогичная ситуация для левой линии нивелирования.

Таким образом, при использовании данной программы наблюдений изменение угла i не влияет на величину превышения на станции, так как происходит компенсация ошибок по каждой линии нивелирования (при двух горизонтах инструмента).

Исследуемая программа наблюдений будет компенсировать ошибки нивелирования, вызванные влиянием вертикальной рефракции, по аналогии с ошибками, вызванными изменением угла i [12,13,14,15].

Таким образом, при использовании данной программы наблюдений, вышерассмотренные ошибки не будут влиять на результаты высокоточного нивелирования, поскольку происходит компенсация ошибок по каждой линии нивелирования (при двух горизонтах инструмента).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по нивелированию I II III IV классов. ГКИНП(ГИТА) – 03-010-03.2004.- М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 226 с.

2. Уставич Г. А. О совершенствовании технологий нивелирования // Геодезия и картография. – 2005. – № 3. – С. 11–13.

3. Уставич Г. А. Технология выполнения высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами // Геодезия и картография. – 2006. – № 2. – С. 3–6.
4. Уставич Г. А., Шаульский В. Ф., Винокурова О. И. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов // Геодезия и картография. – 2003. – № 7. – С. 10–15; 2003. – № 8. – С. 5–11.
5. Соболева Е. Л., Теплых А. Н., Хоменко Т. А. Влияние перемещения наблюдателя на положение штатива при выполнении высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск: СГГА, 2006. Т. 1, ч. 1. – С. 70–75.
6. Шалыгина Е. Л. Влияние перемещения штатива и изменения угла i на результаты высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами // Геодезия и картография. – 2005. – № 5. – С. 15–17.
7. Энтин И. И. Анализ результатов нивелирования I и II классов // Тр. ЦНИИГАиК. – 1960. – Вып. 135.
8. Соболева Е. Л. Программы наблюдения на станции при нивелировании I класса цифровым нивелиром // ГЕО-Сибирь-2006. Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 24–28 апреля 2006 г.). – Новосибирск: СГГА, 2006. Т. 1, ч. 1. – С. 66–70.
9. Соболева Е. Л. Анализ существующих программ нивелирования на станции при использовании цифровых нивелиров // Современные проблемы геодезии и оптики: сб. науч. ст. – Новосибирск: СГГА, 2006. – С. 38–44.
10. Соболева Е. Л., Теплых А. Н. Методика нивелирования I класса цифровым нивелиром на геодинамическом полигоне // Сб. науч. тр. аспирантов и молодых ученых Сиб. гос. геодез. акад. / под общ. ред. Т.А. Широковой. – Новосибирск, 2006. – С. 41–45.
11. Соболева Е. Л. Совершенствование технологии нивелирования II класса с использованием цифровых нивелиров // Современные проблемы геодезии и оптики: сб. науч. ст. – Новосибирск: СГГА, 2006. – С. 33–38.
12. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами / Г. А. Уставич, Е. Л. Соболева, Н. М. Рябова, В. Г. Сальников // Геодезия и картография. – 2011. – № 5. – С. 3–9.
13. Рябова Н. М., Сальников В. Г. Методика исследования влияния рефракции на цифровые нивелиры // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 12–17.
14. Соболева Е. Л., Сальников В. Г., Рябова Н. М. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 32–36.
15. Соболева Е. Л., Рябова Н. М., Сальников В. Г. Исследование влияние рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами при отрицательной температуре // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 81–84.
16. Колмогоров В. Г. К вопросу о возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 9–14.

© Е. Л. Соболева, Н. М. Рябова, С. А. Бабасов, 2014

УДК 528.48

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАТНЫХ ДОРОГ

Владимир Александрович Кошелев

ООО «Росинжиниринг Строительство», 354392, Россия, г. Сочи, Адлерский район, с. Эсто-Садок, ул. Ачипсинская, 16а, начальник геодезической службы, тел. (812)331-53-36 доб. 2561, e-mail: Vladimir.Koshelev@roing.com

Константин Сергеевич Карлин

ООО «Росинжиниринг Строительство», 354392, Россия, г. Сочи, Адлерский район, с. Эсто-Садок, ул. Ачипсинская, 16а, ведущий инженер. тел. (812)331-53-36 доб. 2561, e-mail: Konstantin.Karlin@roing.com

Анна Петровна Чахлова

ООО «Росинжиниринг Строительство», 354392, Россия, г. Сочи, Адлерский район, с. Эсто-Садок, ул. Ачипсинская, 16а, инженер-геодезист. тел. (812)331-53-36 доб. 2561, e-mail: Anna.Chahlova@roing.com

Рассмотрен комплекс инженерно-геодезических работ на каждом этапе строительства канатных дорог. Описан метод создания геодезической разбивочной основы в условиях горной местности.

Ключевые слова: канатные дороги, геодезическая разбивочная основа, геодезическое сопровождение строительства.

ENGINEERING-GEODETTIC SUPPORT OF CONSTRUCTION ROPEWAYS

Vladimir A. Koshelev

Open Company «Rosengineering Stroitelstvo», 354392, Russia, Sochi, Adler area, with. the Esto-Sadok, street Achipsinsky, 16a, the chief of geodetic service, tel. (812)331-53-36 ext. 2561, e-mail: Vladimir.Koshelev@roing.com

Konstantin S. Karlin

Open Company «Rosengineering Stroitelstvo», 354392, Russia, Sochi, Adler area, with. the Esto-Sadok, street Achipsinsky, 16a, the leading engineer, tel. (812)331-53-36 ext. 2561, e-mail: Konstantin.Karlin@roing.com

Anna P. Chahlova

Open Company «Rosengineering Stroitelstvo», 354392, Russia, Sochi, Adler area, with. the Esto-Sadok, street Achipsinsky, 16a, the engineer-geodesist, tel. (812)331-53-36 ext. 2561, e-mail: Anna.Chahlova@roing.com

Considered the complex of engineering and geodesic works on each stage of construction ropeways. A method for establishing a geodetic Center basics in the Highlands.

Key words: ropeways, the geodetic Center Foundation, geodetic support of construction.

В связи с активным развитием горнолыжного спорта в горных кластерах Кавказа увеличивается строительство спортивных площадок, горно-туристических комплексов и объектов инфраструктуры. Данные аспекты требуют инновационных подходов в строительной индустрии.

В данной статье рассмотрим комплекс инженерно-геодезических работ при сопровождении строительства канатных дорог на примере строительства канатной дороги в п. Это-Садок г. Сочи.

Строительство канатных дорог является технически сложным процессом, и каждый этап требует инженерно-геодезического сопровождения. Сложность строительства канатных дорог обусловлена характером рельефа, особенностями грунтов горной местности, а так же техническими особенностями самого объекта - необходимо с высокой точностью обеспечить створность взаимного положения опор с минимальными отклонениями от оси канатной дороги.

Условно весь процесс инженерно-геодезического сопровождения строительства можно разделить на следующие этапы:

1. Инженерные изыскания створа канатной дороги.
2. Строительно-монтажные работы.
3. Сдача объекта в эксплуатацию.

На стадии проектирования создают геодезическую основу местности, а так же создание топоосновы. После получения топоосновы проводят камеральное трассирование с целью выбора створа канатной дороги, создают продольные профили. Для данного объекта использовались результаты воздушного лазерного сканирования масштаба 1:2000. Из нескольких конкурирующих вариантов был выбран наиболее целесообразный, с учетом рельефа, экономических затрат и других показателей. Для выбранного варианта были проведены изыскательские работы согласно [2, 6, 7, 8]. По результатам инженерно-геодезических изысканий были составлены топографо-геодезические планы на территорию будущего строительства в масштабах 1:1000, 1:500 в соответствии с требованиями [5, 9]. Кроме комплекса топографо-геодезических и изыскательских работ, производился сбор дополнительной информации путем создания цифровых снимков местности, позволяющих получить визуальную информацию о

месте будущего строительства без дополнительного выезда проектировщиков на местность.

После выполнения рекогносцировки на местности был разработан проект производства геодезических работ, определяющий состав геодезических работ.

Далее осуществляют подготовительные работы по выносу границ участков свода леса. Для этого с помощью навигационного приемника выносят границы свода леса и закрепляют их сигнальными лентами, после чего осуществляется свод леса и выполняется исполнительная съемка.

На следующем этапе в рамках подготовительного периода строительства была создана геодезическая разбивочная основа (ГРО). ГРО разбивалось от пунктов опорной геодезической сети (ОГС). При этом пункты ГРО закреплялись с таким учетом, чтобы в районе производства строительно-монтажных работ отдельного сооружения (опоры, станции КД) находилось не менее 4х пунктов. При этом пункты ГРО были закреплены так, чтобы обеспечить их сохранность на этапе производства строительно-монтажных работ. Тип закладываемых пунктов был выбран 5гр. Точность ГРО определяется согласно допусков на строительно-монтажные работы для канатных дорог [1]. В данном случае, согласно [1] максимально-допустимое отклонение положение конструктивных элементов канатной дороги в продольном и поперечном смещении, а так же отклонения по высоте не должны превышать 50 мм. Тогда, согласно [2], среднеквадратическая ошибка m_n будет вычисляться по формуле (1):

$$m_n = \Delta / 2 \quad (1)$$

где, Δ – допуск установленный [1] на производство разбивочных работ.

Из данной формулы получаем, что среднеквадратическая погрешность определения планового положения пунктов внутри сети в плане и по высоте составляет ± 20 мм и ± 25 мм соответственно, с учетом погрешности определения планового положения пунктов внутри сети.

Для планового сгущения ГРО использовались методы спутниковых наблюдений сетевым методом. Спутниковые измерения выполнялись аналогично [10]. Были произведены сдвоенные сеансы совместных наблюдений тремя приемниками продолжительностью 1-3 часа в режиме «статика». Всего выполнялось по два цикла измерений с изменением высоты антенн между приемами. По результатам уравнивания спутниковых наблюдений была получена максимальная ошибка положения пункта 0,015 м, что удовлетворяет заданным требованиям и обеспечивают точность полигонометрии 4 класса 1 разряда.

Для развития высотного положения использовался метод тригонометрического нивелирования [10]. В результате тригонометрического нивелирования СКО на 1 км хода составила 4,6 мм, а предельная невязка на 1 км хода составила 9,2 мм. Данные показатели удовлетворяют требованиям нивелирования III класса.

Фрагмент схемы ГРО, оптимально удовлетворяющий условиям выполнения работ в горной местности, представлена на рис. 1.

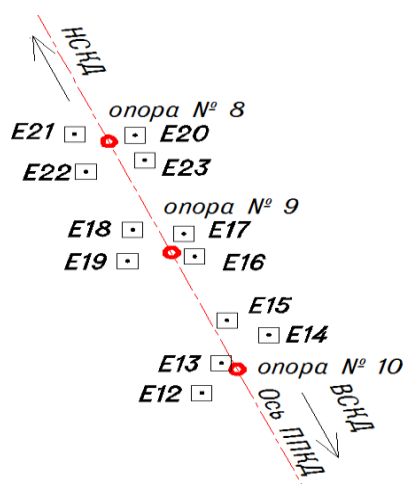


Рис. 1. Фрагмент схемы ГРО ППКД

После создания ГРО приступают к земляным работам, включающие в себя планировку технологических проездов. Кроме этого на подготовительном этапе выполняют прокладку поземных коммуникаций. Данные работы заключают в себе вынос точек осей коммуникаций в натуру, производство земляных работ (разработка траншей) и монтажных работ в соответствии с [2, 4]. На данные виды работ так же выполняется исполнительная схема.

Так же в подготовительный период производят вынос в натуру главных и основных осей сооружений полярным методом. В данном случае выносят ось канатной дороги и основные оси каждого конструктивного элемента (опор, станций, сопутствующих зданий и сооружений). Все точки разбивки закрепляют на местности геодезическими знаками, а в скальных породах – пересечением двух канавок, высеченных в скале. При этом точки подписывают и ограждают [2].

В основной период строительства производят вынос в натуру главных осей фундаментов. От данных осей производят дальнейшее геодезическое сопровождение строительно-монтажных работ, включающих в себя устройство подземных и надземных частей зданий. В состав данного этапа работ входит устройство котлованов, устройство бетонной подготовки, устройство фундаментов, стен, плит перекрытий, установка и закрепление анкерных болтов и закладных деталей, монтаж конструкций, обратная засыпка котлованов [2, 3, 4]. После каждого из данных этапов выполняют исполнительную съемку [3, 4].

При земляных работах (устройство котлована для устройства подземной части сооружения) производят разбивку контуров сооружений в натуре в соответствии с проектом [3, 4]. Точки разбивки закрепляют геодезическими знаками методами, описанными ранее. От данных точек производят разработку котлована до проектной отметки. При этом необходимо соблюдать заданный уклон откосов стен котлована во избежание осыпи грунта. Работы выполняют согласно допусков [4].

После окончания земляных работ по разработке котлована выполняют устройство бетонной подготовки. Для этого на дне котлована параллельно оси сооружений устанавливают обноску и нивелируют ее для строгого вывода ее в

горизонтальную плоскость. Положение обноски в котловане определяют от соответствующих строительных осей. На обноске обозначают все оси сооружения, образуя закрепление осей на местности [2].

После установки опалубки производят заливку бетона. Геометрические параметры опалубки проверяют путем геодезических измерений. Если работы выполнены в пределах допуска [1, 3], то производят устройство фундамента по аналогичной схеме.

Совместно с устройством фундамента сооружения устанавливают анкерные группы и закладные детали. Исходными для установки закладных деталей являются разбивочные оси фундамента, которые выносят на контур опалубки. При установке анкерных болтов чаще всего используют специальный шаблон – монтажный кондуктор. Кондуктор ориентируют строго по продольным и поперечным осям фундамента. Установку анкерных болтов в проектную отметку выполняют при помощи нивелира.

После завершения устройства анкерных болтов, закладных деталей и фундамента переходят к монтажу металлоконструкций опор и регулировке оборудования ППКД согласно [1, 3]. Перед началом выполнения геодезических работ при необходимости восстанавливают плановую сеть (выше описанным методом), для обеспечения контроля вертикального положения опоры в поперечном направлении относительно оси ППКД, створного положения несущего каната конструкции. В продольном направлении опоры ППКД, как правило, имеют заданный проектный угол наклона. Поэтому регулируют отклонение от вертикали в створе вычисляют координаты центра опор и путем проецирования визирного луча в вертикальной плоскости определяют отклонение центра верхнего уровня опоры КД. Аналогично производят проецирование при другом положении круга и фиксируют среднее из двух точек. Далее производят регулировку положения конструкции до заданного проектом.

Отклонение Δl от проектного положения оси характеризует линейную величину наклона конструкции в угловой мере и выражается формулой 2 [1]:

$$\gamma = \Delta l * \rho / h, \quad (2)$$

где h – высота опоры,

Δl – отклонение от проектного положения оси.

Так же в целях определения дополнительного контроля (и регулировки) створности элементов ППКД следует определить фактическую ось балансиров по стороне подъема кабин. Для этого определяют координаты осевых точек роликов балансиров на станциях ППКД. Данными точками задается створ параллельно оси канатной дороги с помощью него и производится регулировка балансиров, тем самым обеспечивается створное положение всех необходимых узлов конструкций.

На окончательном этапе строительства производят составление технического отчета по результатам всех объемов выполненных геодезических работ в процессе строительства. Производят при необходимости окончательную ис-

полнительную съемку, по результатам которой составляют исполнительный генеральный план.

После окончания строительства и ввода объекта в эксплуатацию необходимо производить инженерно-геодезические работы согласно нормативно-технической документации для мониторинга объекта, определения осадок и деформаций несущих конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВСН 413-80 Инструкция по монтажу подъемно-транспортного оборудования
2. СП 126.13330.2012. Свод правил. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84.
3. СНиП 3.03.01-87 Строительные нормы и правила. Несущие и ограждающие конструкции.
4. СП 45.13330.2012 Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.
5. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 ГКИНП 02-033-82.
6. СП 47.13330.2012. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.
7. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства
8. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Часть II. Выполнение съемки подземных коммуникаций при инженерно-геодезических изысканиях для строительства
9. Условные топографические знаки для топографических планов масштаба 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500
10. Кошелев В. А., Карлин К. С., Чахлова А. П. Особенности развития геодезической разбивочной основы в условиях горной местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 87–92.

© В. А. Кошелев, К. С. Карлин, А. П. Чахлова, 2014

УДК 528.4

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ

Анна Петровна Чахлова

ООО «Росинжиниринг Строительство», 354392, Россия, г. Сочи, Адлерский район, с. Эсто-Садок, ул. Ачипсинская, 16а, инженер-геодезист, тел. (812)331-53-36 доб. 2561, e-mail: Anna.Chahlova@roing.com

Затронут вопрос создания вертикальных топографических планов. Рассмотрены вопросы, возникающие при создании вертикальных топографических планов.

Ключевые слова: вертикальные планы, система координат, съемочное обоснование, отчетная плоскость.

VERTICAL TOPOGRAPHICAL PLANS

Anna P. Chahlova

Open Company «Rosengineering Stroitelstvo» 354392, Russia, Sochi, Adler area, with. the Esto-Sadok, street Achipsinsky, 16a, the engineer-geodesist, tel. (812)331-53-36 ext. 2561, e-mail: Anna.Chahlova@roing.com

The question of creation of vertical topographical plans is raised. The questions arising at creation of vertical topographical plans are considered.

Key words: vertical plans, system of coordinates, film-making justification, reporting plane.

На сегодняшний день при увеличении интереса к строительству горнолыжных комплексов все больше строительных работ ведется в условиях горной местности. Одним из типов строящихся объектов являются линейные сооружения. При проектировании линейных объектов необходимо выполнять комплексные изыскания. Согласно [1] «...топографическая съемка при инженерных изысканиях для строительства предприятий, зданий и сооружений выполняется в масштабах 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000 и 1:10 000...». Но в связи с тем, что территория размещения горнолыжных курортов в основном имеет сложный характер рельефа, то выбор будущих площадок строительства напря-

мую зависит от результатов изысканий. Обширный список материалов, получаемых в результате изысканий, позволит избежать неправильной интерпретации особенностей рельефа по результатам геодезических изысканий. Ошибки информации могут привести к неверным проектным решениям и, как следствие, к удорожанию проекта в результате внесения изменений в проект во время выполнения строительных работ. Поэтому возникает необходимость создания не только горизонтальных, но и вертикальных топографических планов (ВТП) для целей проектирования.

Рассмотрим процесс создания цифровых вертикальных топографических планов на примере проектирования газопровода высокого давления у подножия скалы, с положительным уклоном.

Согласно [1, 2] при изысканиях на топографических планах, как правило, изображаются все объекты, контуры местности, элементы рельефа, предусмотренные действующими условными знаками. Но при создании топографических планов, даже в масштабе 1:200, не всегда возможно оценить в полной мере вертикальные и наклонные поверхности. Так на рис. 1 представлен участок топографического плана в районе проектирования масштаба 1:200 с нанесенным проектным положением линии газопровода.

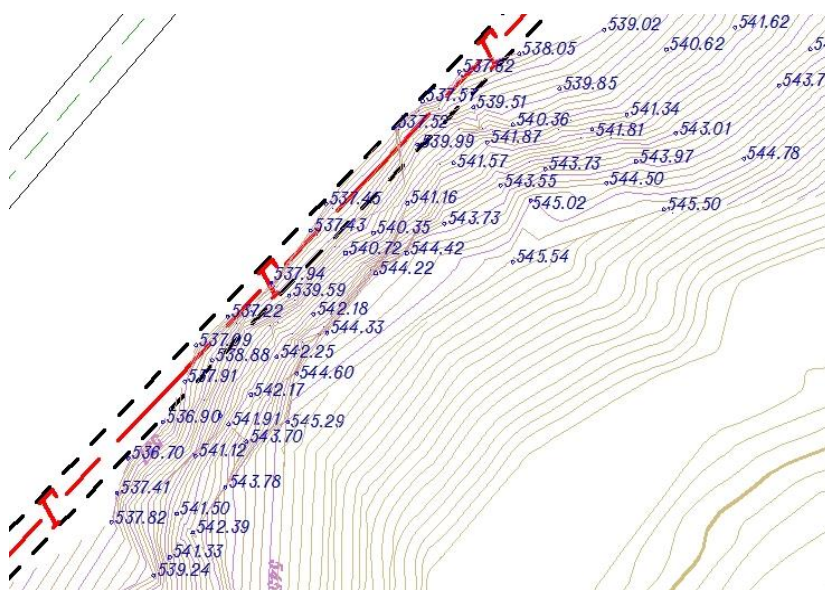


Рис. 1. Фрагмент топографического плана участка местности М 1:200

Основываясь на рекомендации делать цифровые снимки [3, 4] в месте проектирования был сделан снимок откоса, представленный на рис. 2. На данном снимке видно, что в некоторых местах поверхность склона имеет трещины и небольшие углубления, которые не отображены на топографическом плане масштаба 1:200.



Рис. 2. Фотография поверхности откоса

Но даже используя цифровые снимки невозможно полностью оценить характер рельефа, так как снимки не содержат метрической информации и не привязаны в плане и по высоте к месту съемки и объекту проектирования. В связи с этим было принято решение создать цифровую модель склона (ЦМС)/ВТП. Данный вид планов попадает под категорию специализированных, согласно требованиям [1]. Но так как предполагается, что данный вид топографических планов будет широко применяться, то предлагается официально внести некоторые требования для единообразия данных видов работ в [1].

Ниже описаны основные вопросы, которые могут возникнуть при создании вертикальных планов.

1. Разграфка и номенклатура. Как и любой топографический план, ВТП должен быть привязан к системе координат для точного определения и ориентации плана на местности. Для номенклатуры вертикальных топографических планов в масштабах 1:250-1:100 рекомендуется использовать тот же принцип, что и для топографических планов, описанный в [3]. Но так как планы имеют вертикальную плоскость проецирования, то предлагается ввести апостроф «в» к номенклатуре листа, например 7-В-12-25^в.

Но данной номенклатуры не достаточно для полноценной привязки ВТП на местности, так как на заданном листе возможно провести бесконечное множество вертикальных плоскостей. В связи с этим рекомендуется указывать небольшой обзорный план с привязкой крайних точек линии пересечения вертикальной плоскости с поверхности земли. Привязку возможно делать при помощи задания координат линии пересечения (рис. 3) либо по средствам промеров относительно жестких контуров местности. Так же как один из вариантов возможно прописывать координаты в зарамочном оформлении. При этом координаты разных точек разделять знаком «;», а координаты одной точки знаком «/» (например, 12123,268/24269,105; 12099,287/24245,134).

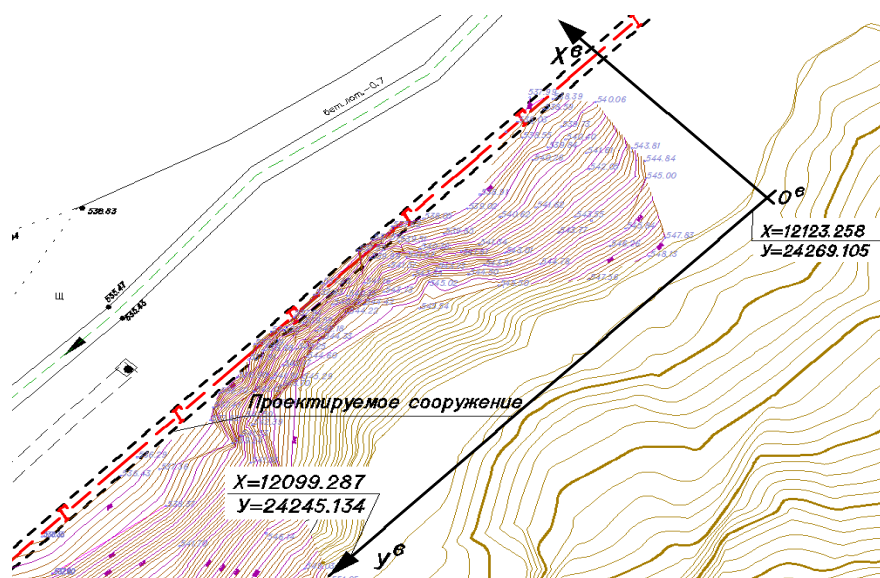


Рис. 3. Привязка ВТП к местности

2 Система координат. При создании ЦМС/ВТП предлагается использовать условную систему координат, при этом к наименованиям осей добавляется верхний апостроф «в». Оси данной системы необходимо выбирать с таким учетом, чтобы избежать отрицательных значений. Кроме этого ось желательно расположить так, чтобы была возможность максимально отобразить поверхность склона с помощью фронтальной проекции.

В данном случае проектируемым сооружением является ось газопровода высокого давления. В связи с этим ось Y^B предлагается задать параллельно проектируемой оси. Начало отсчета системы координат X_0^B Y_0^B , и направление осей Y^B и X^B выберем с таким расчетом, чтобы точки съемки лежали в I четверти для исключения отрицательных координат. Ось H^B будет дополнять систему до правой и совпадать с осью H исходной системы координат (для исключения дополнительных ошибок за счет трансформирования координат, систему отсчета высот предполагается оставлять принимать абсолютными).

4. Съемочное обоснование. Для развития съемочного обоснования от пунктов опорной геодезической сети (ОГС) использовалась методика, описанная в [5], которая позволяет обеспечить точность полигонометрии 4 класса, 1 разряда и нивелирования III класса

Временные пункты съемочного обоснования целесообразно закреплять на расстоянии не более 50 метров для исключения рефракции. В данном случае понадобилось два пункта съемочного обоснования для того, чтобы охватить при съемке полностью поверхность интересующего нас откоса. Схема развития съемочного обоснования представлена на рис. 4.

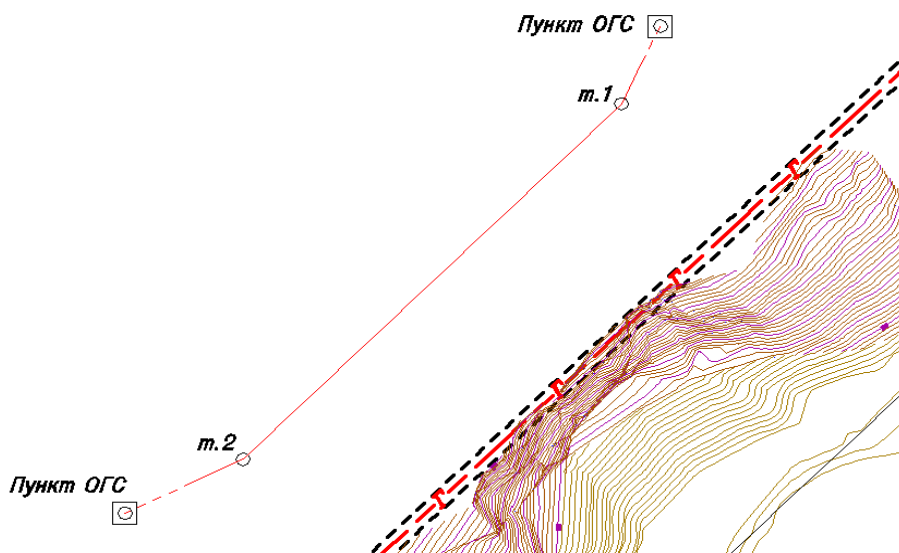


Рис. 4. Схема развития съемочного обоснования для создания ВТП

5. Отсчетная плоскость. Для формирования ВТП/ЦМС необходимо выбрать отсчетную плоскость. С учетом выбора систем координат и задания осей, за отсчетную плоскость предполагается принять плоскость проходящую через оси Y^B и H^B . При этом отклонение от плоскости будет отсчитываться вдоль оси X^B .

Отклонения поверхности от вертикальной плоскости можно отображать как с помощью изолиний (по аналогии с горизонталями), так и при помощи сетки квадратов. В центре сетки квадратов прописывается средняя величина отклонения участка поверхности от плоскости отсчета для данного квадрата (рис.5). При этом шаг сетки квадратов задается в зависимости от характера поверхности склона. Чем больше характерных форм поверхности присутствует на склоне, тем плотнее необходимо задавать сетку квадратов. При этом сетка квадратов будет являться совокупностью сетки высот и вспомогательной сетки расстояний. Сетка высот представляет из себя горизонтальные линии, соответствующие отметкам, кратным целым числам. Отсчетной отметкой сетки высот предлагается считать ближайшее меньшее целое число, кратное целому числу вне зависимости от создаваемого ВТП. Вспомогательная сетка расстояний будет представлять собой вертикальные линии, проведенные на аналогичном расстоянии сетки высот вдоль линии проецирования.

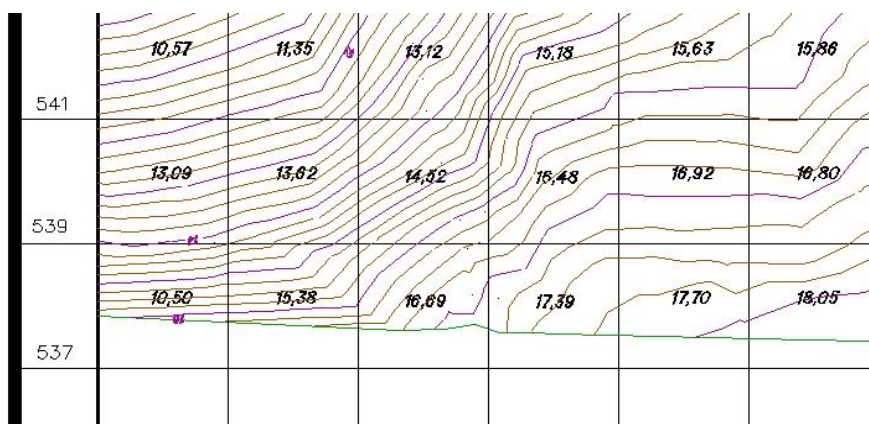


Рис. 5. Фрагмент вертикального топографического плана

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства».
2. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1985.
3. Пошивайло Я. Г., Радченко А. В., Чахлова А. П. Повышение информативности топографических планов путем применения растровых баз данных // ГЕО-Сибирь-2010. VI Международ. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 63–68.
4. Уставич Г. А., Пошивайло Я. Г. О необходимости создания топографических планов масштабов 1:250, 1:200 и 1:100 // Геодезия и картография. – 2006. - № 3. - С.25-28.
5. Кошелев В. А., Карлин К. С., Чахлова А. П. Особенности развития геодезической разбивочной основы в условиях горной местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Международ. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 87–92.

© А. П. Чахлова, 2014

УДК 528.46

ОСОБЕННОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ ОХРАННОЙ ЗОНЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Надежда Борисовна Хахулина

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии, тел. 8(473)271-50-72, e-mail: geo@vgasu.vrn.ru

Юлия Александровна Курдюкова

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, магистрант кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии, тел. 8(473)271-50-72, e-mail: geo@vgasu.vrn.ru

В статье особое внимание уделяется вопросам необходимого комплекса геодезических работ по установлению местоположения охранной зоны линий электропередачи (ЛЭП). Предложенная методика геодезической съемки ЛЭП в настоящее время признана штатной в практике работы межрегиональных сетевых компаний.

Ключевые слова: охранная зона, положение крайних боковых проводов, электронный тахеометр, промер, спутниковые системы, RTK измерения и статические измерения.

FEATURES SURVEY WORK IN THE ESTABLISHMENT OF PROTECTION ZONES HIGH VOLTAGE POWER LINES

Nadezhda B. Hahulina

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, 394006, Russia, Voronezh, 20 Years of October Str., 84, Ph.D., Associate Professor of Real Estate Cadastre, Geodesy and Land Management, tel. 8(473)271-50-72, e-mail: hahulina@mail.ru.

Julia A. Kurdukova

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, 394006, Russia, Voronezh, 20 Years of October Str., 84, master of Real Estate Cadastre, Geodesy and Land Management, tel. 8(473)271-50-72, e-mail: geo@vgasu.vrn.ru.

The article focuses on the necessary set of geodesic works to establish the location of the buffer zone lines (PTL). The proposed methodology of surveying power lines in the currently recognized standard in the practice of inter-networking companies.

Key words: security zone, the position of the extreme lateral wires, electronic total station survey, satellite systems, RTK-measurements and static measurements.

Установление охранных зон выполняется на линейных и площадных объектах с целью обозначения территории, в пределах которой определяется особый порядок осуществления хозяйственной деятельности. Этот порядок устанавливает ограничения по возведению зданий и сооружений в пределах охранных зон. Охранная зона так же ограничивает некоторые другие действия, которые могут отрицательно повлиять на безопасное функционирование объектов, для которых она установлена [1].

Использование территорий, находящихся в зоне ЛЭП, регулируется новыми Правилами установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон (Постановление Правительства РФ «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» от 24.02.2009г. № 160).

Дальность распространения электромагнитного поля (и опасного магнитного поля) от ЛЭП напрямую зависит от её мощности.

Для воздушных высоковольтных линий электропередачи устанавливаются следующие санитарно-защитные зоны по обе стороны от проекции на землю крайних проводов:

- 2 метра – для ВЛ ниже 1кВ,
- 10 метров – для ВЛ 1- 20кВ,
- 15 метров – для ВЛ 35 кВ,
- 20 метров – для ВЛ 110 кВ,
- 25 метров – для ВЛ 150-220 кВ,
- 30 метров – для ВЛ 330кВ, 400 кВ, 500кВ,
- 40 метров – для ВЛ 750кВ,
- 55 метров – для ВЛ 1150кВ,
- 100 метров – для ВЛ через водоёмы (реки, каналы, озёра).

Работы по установлению охранных зон являются достаточно сложной процедурой, включающей в себя комплекс полевых и камеральных работ.

Выполнение комплекса полевых работ сводится к следующим задачам:

- определение положения крайних боковых проводов воздушной линии электропередачи;
- определение координат контура, равного поперечному сечению опоры на уровне земли;
- определение положения проводов на порталах подстанций или трансформаторах.

Определение координат с помощью GPS позволяет достигнуть фундаментальной цели геодезии - определение абсолютного положения с одинаковой точностью в любом месте на земной поверхности. Используя классические геодезические и топографические методы, мы всегда определяем положение относительно исходных геодезических пунктов, с точностью зависящий от расстояния до этих пунктов. Поэтому GPS предоставляет существенное преимущество перед обычными методами.

В связи с этим не менее актуальными остаются вопросы использования современных технических средств и методов традиционных геодезических измерений.

В рамках настоящей работы координирование объектов электросетевого хозяйства производилось в местной системе координат, принятой для ведения государственного кадастра недвижимости, посредством использования геодезической спутниковой аппаратуры LEICA GX1230 GG, антенна AX1202 GG.

Следует заметить, что среднеквадратические погрешности (СКП) измеряемых точек с помощью GPS оборудования не должны превышать 0,2 м.

При выполнении работ использовались два режима GPS измерений:

- режим RTK;
- режим статика.

В ходе выполнения статических измерений необходима регистрация на точке не менее 200 эпох измерений для получения точности 10 см.

Технология выполнения геодезических измерений предполагала использование следующих методов съемки:

1. Съемка объектов ЛЭП вплотную.

Суть данного метода в том, что антенна устанавливается непосредственно вплотную с опорой ЛЭП (рис. 1).

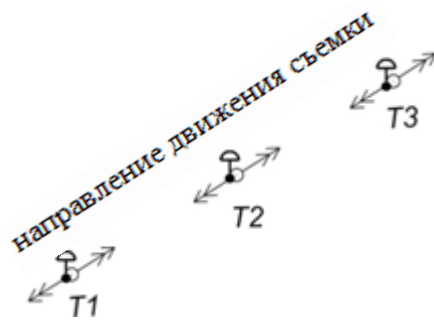


Рис. 1. Схема GPS съемки объектов ЛЭП вплотную:
T1, T2, T3 – точки съемки

2. Метод перпендикуляров.

При съемке указываются промеры от точки съемки до опоры. При этом необходимо выполнение следующего условия: воображаемая линия направления ЛЭП и линия промера образуют угол равный 90° (рис. 2).



Рис. 2. Схема GPS съемки объектов ЛЭП методом перпендикуляров:
T1, T2 – точки съемки; L1, L2 – длины промеров

3. Метод створов.

Данный метод характеризуется тем, что точки съемки опор устанавливаются в створе линии ЛЭП, а до опор измеряются промеры (рис. 3).

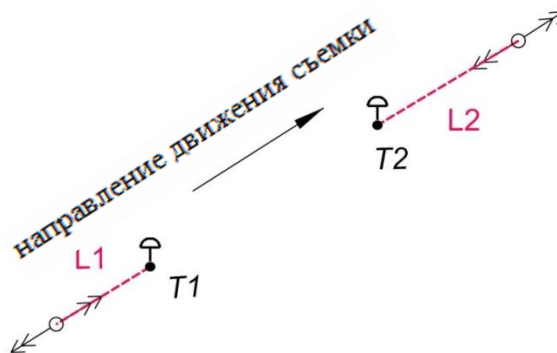


Рис. 3. Схема GPS съемки объектов ЛЭП методом створов:
T1, T2 – точки съемки; L1, L2 – длины промеров

4. Метод линейной засечки.

При этом методе для съемки каждой опоры необходимы минимум два промера от различных съемочных точек (рис. 4).

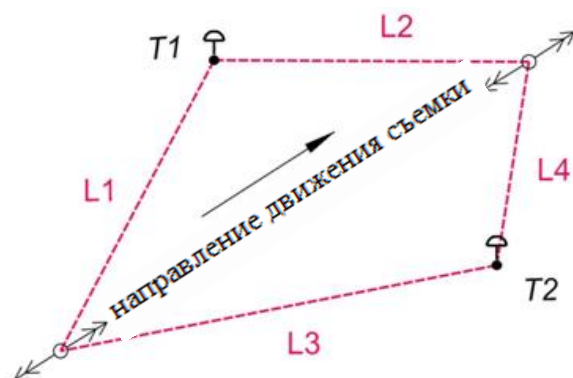


Рис. 4. Схема GPS съемки объектов ЛЭП методом линейной засечки:
T1, T2 – точки съемки; L1, L2 – длины промеров

При съемке объектов электросетевого комплекса необходимо так же снимать объекты, которыми начинаются и оканчиваются ЛЭП: трансформаторы, подстанции.

В этом случае наиболее совершенным средством измерения является электронный тахеометр, позволяющий выполнять угловые и линейные измерения с высокой точностью, а также осуществлять вычисление плоских прямоугольных координат, высот и их приращений в реальном масштабе времени [2].

Анализ литературных источников [3, 4] показал, что вопросы совместного применения спутниковых и традиционных геодезических средств и методов достаточно хорошо изучены и разработаны при построении государственных геодезических сетей.

Рассмотрим особенности геодезической съемки порталов.

Координаты точек стояния и наведения T1 и T2 определяются с помощью GPS оборудования в режиме RTK или в статике с последующей обработкой. После чего устанавливается инструмент на точку стояния, выполняется обнуление на точку наведения и последовательно берутся в безотражательном режиме отсчеты, а именно расстояния и углы до точек крепления проводов (рис. 5). Данные записываются или в память прибора или в абрис полевых измерений.

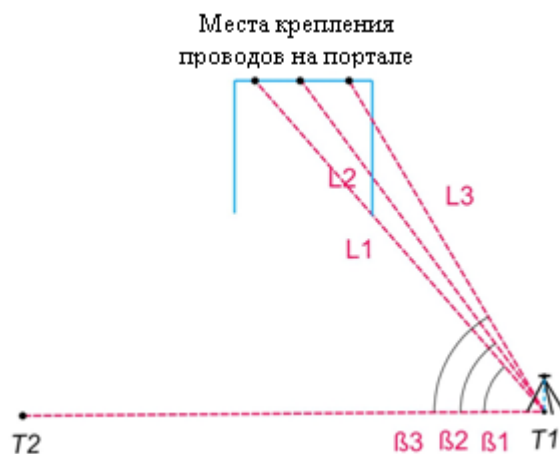


Рис. 5. Схема геодезической съемки порталов

При съемке порталов тахеометром так же допускается использование метода угловой засечки. Этот метод эффективен в том случае, если нет возможности использовать безотражательный режим в виду большого расстояния до снимаемых точек или в условиях плохой видимости. Работы при выполнении угловой засечки проводятся в два этапа. На первом этапе проводится поочередное измерение горизонтальных углов с первой станции при обнулении на точку наведения (вторую станцию) (рис. 6а).

А на втором этапе аналогичные измерения проводятся на второй станции при использовании в качестве точки наведения первую станцию (рис. 6б).

После получения данных от полевых бригад, а именно файла с координатами точек съемки формата «.xls» данные передаются на последующую обработку камеральной группе.

Многие проектно-изыскательские организации для обработки результатов полевых работ применяют программное обеспечение нескольких производителей. В рамках нашего исследования использовался программный комплекс «Панорама», который предназначен для обработки данных топографо-геодезических изысканий в камеральных условиях, нанесения результатов вычислений на электронную карту и формирования отчетных документов.

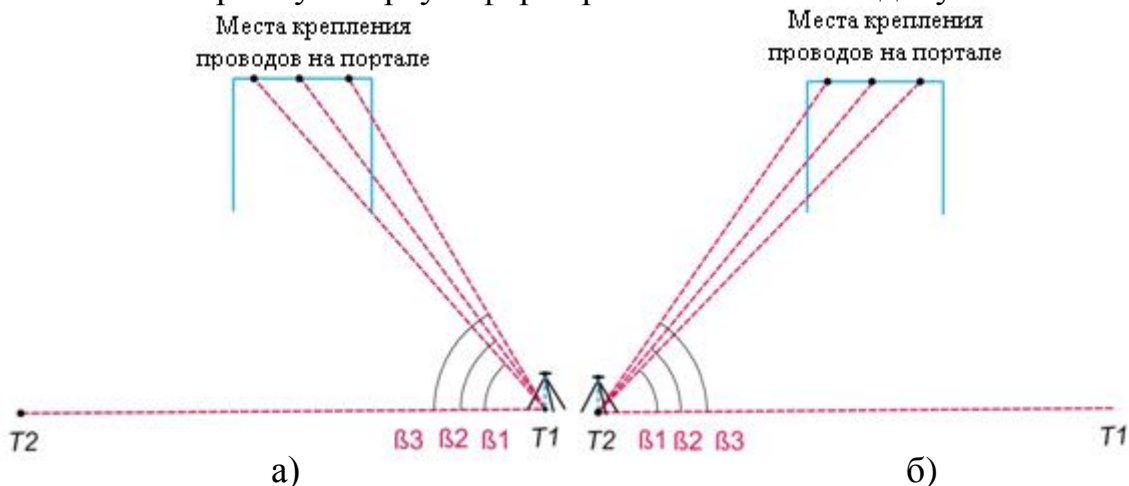


Рис. 6. Схема геодезической съемки порталов методом угловой засечки:
 а) измерения на первой станции; б) измерения на второй станции.

Камеральная обработка данных, полученных в результате геодезической съемки ЛЭП с использованием спутниковой аппаратуры, предполагала построение центра опор с обозначением семантики («Номер опоры», «Шифр опоры»), проводов и охранной зоны. Для более наглядного представления ситуации используются номенклатурные листы карты масштаба 1:25 000 м. Результатом выполнения работ является карта-план с обозначением границы местоположения границы охранной зоны.

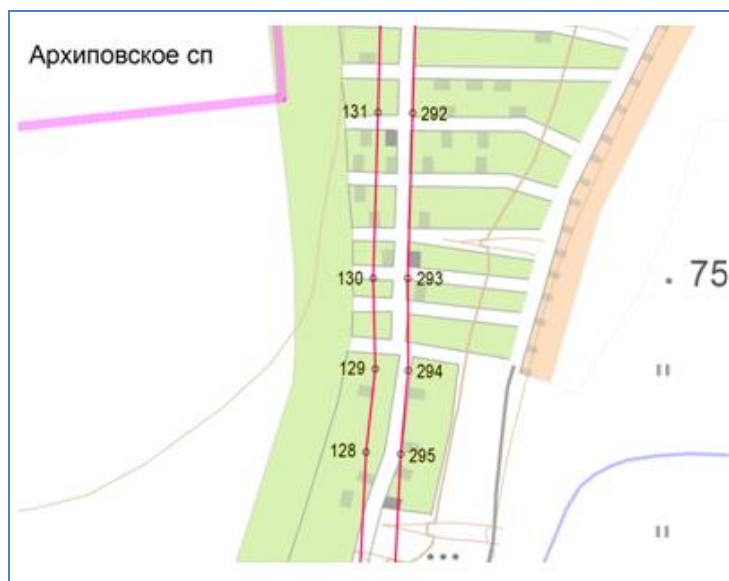


Рис. 7. Фрагмент карта-плана местоположения границы охранной зоны
 Условные обозначения:

- - граница охранной зоны ЛЭП
- - характерная точка границы охранной зоны ЛЭП
- 28 - номер характерной точки охранной зоны ЛЭП
- ||||| - граница административно-территориальных образований

Результаты работы были внедрены в производство в аэрогеодезическом предприятии и могут служить методологической основой при решении других инженерно-геодезических задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ от 24.02.2009 г. №160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/>.
2. Хабаров В.Ф. Разработка технологии совместного применения спутниковых и традиционных средств и методов построения локальных геодезических сетей// монография – Санкт-Петербург, 2005.

3. Бовшин В.Н., Зубинский В.И., Остач О.М. Совместное уравнивание общегосударственных опорных геодезических сетей // Геодезия и картография. 1995. - № 8. - С. 6-17.
4. Бойко Е.Г., Аждадж Абдул Разак. Уравнения поправок в наземных пространственных сетях // Изв. вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. 1991. - №6. - С. 11-17.

© Н. Б. Хахулина, Ю. А. Курдюкова, 2014

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ГУБКИНСКОМ НЕФТЕГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Михаил Леонидович Юрьев

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 625048, Россия, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, ведущий инженер, тел. (3452)688-791, e-mail: sussesl@mail.ru

Юрий Владимирович Васильев

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 625048, Россия, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий сектором, тел. (3452) 688-791, e-mail: radan92@list.ru

Олег Серафимович Мартынов

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 625048, Россия, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, старший научный сотрудник, тел. (3452)688-792, e-mail: wss_geoneft@niigig.ikz.ru

В статье рассмотрен комплексный анализ результатов высокоточных геодезических измерений, дистанционного зондирования и геолого-промыслового мониторинга на Губкинском геодинамическом полигоне. По данным дистанционного зондирования выполнено геодинамическое районирование, что позволило создать разломно-блочную модель месторождения. Выявлена зона оседания земной поверхности в центральной части месторождения. Полученные деформации коррелируются с зонами максимальных отборов газа и падения пластовых давлений, а так же с данными по радарной интерферометрии.

Ключевые слова: современные геодинамические процессы, динамически напряженные зоны, нивелирование, ГНСС-наблюдения, метод спутниковой радиолокационной интерферометрии, высокоточная гравиметрия.

OBSERVATIONS OF SURFACE DEFORMATION ON GUBKINSKOYE OIL AND GAS FIELDS

Michael L. Yur'ev

West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Russia, Tyumen, Taimirskaya str. 74, leading engineer, tel. (3452)688-791, e-mail: sussesl@mail.ru

Yuriy V. Vasil'ev

West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Russia, Tyumen, Taimirskaya str. 74, PhD, head of department, tel. (3452)688-791, e-mail: radan92@list.ru

Oleg S. Martinov

West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Russia, Tyumen, Taimirskaya str. 74, senior researcher, tel. (3452)688-792, e-mail: wss_geoneft@niigig.ikz.ru

The article presents a comprehensive analysis of high-precision geodetic, satellite and gravimetric measurements on Gubkinsky geodynamic testing site for the period from 2011 to 2013. On the most stable areas of the earth surface were revealed. Observation points located at these areas

are used as a source. The relationship of modern deformation processes with areas of falling reservoir pressures was defined.

Key words: current geodynamic processes, dynamically stressed zones, levelling, GNSS-measurements, satellite radar interferometry method, high-precision gravimetry.

Губкинское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) расположено в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области, в 10 км севернее г. Губкинский. На месторождении три недропользователя: ЗАО «Пургаз» ведёт разработку газа (пласт ПК₁), добычу нефти осуществляет ООО НК «РН-Пурнефтегаз» и ООО «Пурнефть».

На территории южного участка построены УКПГ и ДКС, с 1999 года введено в эксплуатацию 20 кустов на добычу газа. Построена дорога с твердым покрытием и сеть промысловых нефтегазопроводов. В границах горного отвода месторождения расположены НПС «Пурпейская», ж/д станция и поселок Пурпе [1].

Основной целью геодинамического мониторинга является определение техногенного влияния добычи углеводородов на современные деформационные процессы, для обеспечения промышленной безопасности зданий и сооружений, расположенных в зоне горного отвода.

Для решения поставленной задачи использовалась методологическая основа комплексирования нескольких методов: анализ высокоточных геодезических измерений, гравиметрии, площадной радарной спутниковой интерферометрии, сейсморазведки, гидрогеологических и инженерно-геологических условий, геолого-промысловой обстановки.

По результатам геолого-тектонического анализа и материалов сейсморазведки 3Д выявлены дизъюнктивные нарушения в осадочном чехле, что позволило построить разломно-блочную модель месторождения (рис. 1).

Анализ вертикальных деформаций пунктов наблюдений геодинамического полигона, полученных методом высокоточного геометрического нивелирования, позволяет сделать вывод, что площадь пос. Пурпе подвержена влиянию разработки Губкинского месторождения. Максимальное оседание земной поверхности зафиксировано в центральной (купольной) части месторождения (-54 мм, п.3241). При этом скорость вертикальных деформаций составляет 15 мм/год (рис. 2, 3).

На основе результатов метода интерферометрической обработки радиолокационных космических снимков были выявлены изолинии оседания земной поверхности за 2007-2011 гг. (рис. 1). Пункт наблюдений на стабильном участке западной области геодинамического полигона (п. тр. Пыреймаято) выбран в качестве исходного для измерений методом высокоточного геометрического нивелирования.

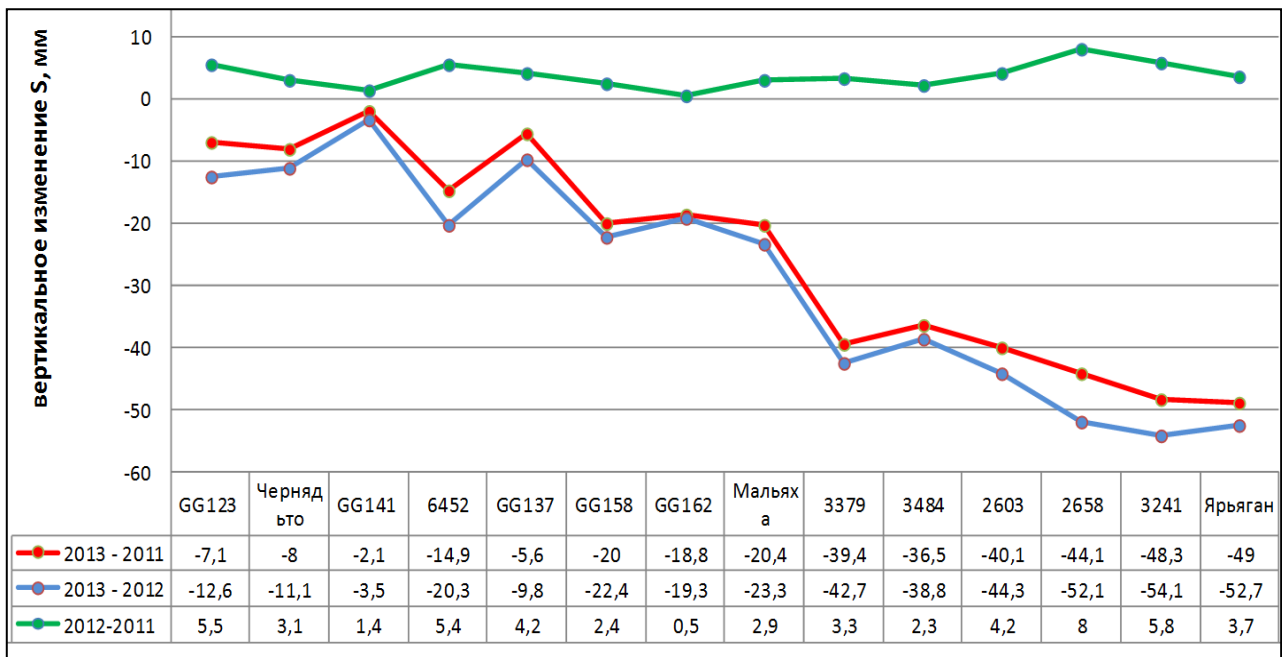


Рис. 2. Профиль линии нивелирования I – I

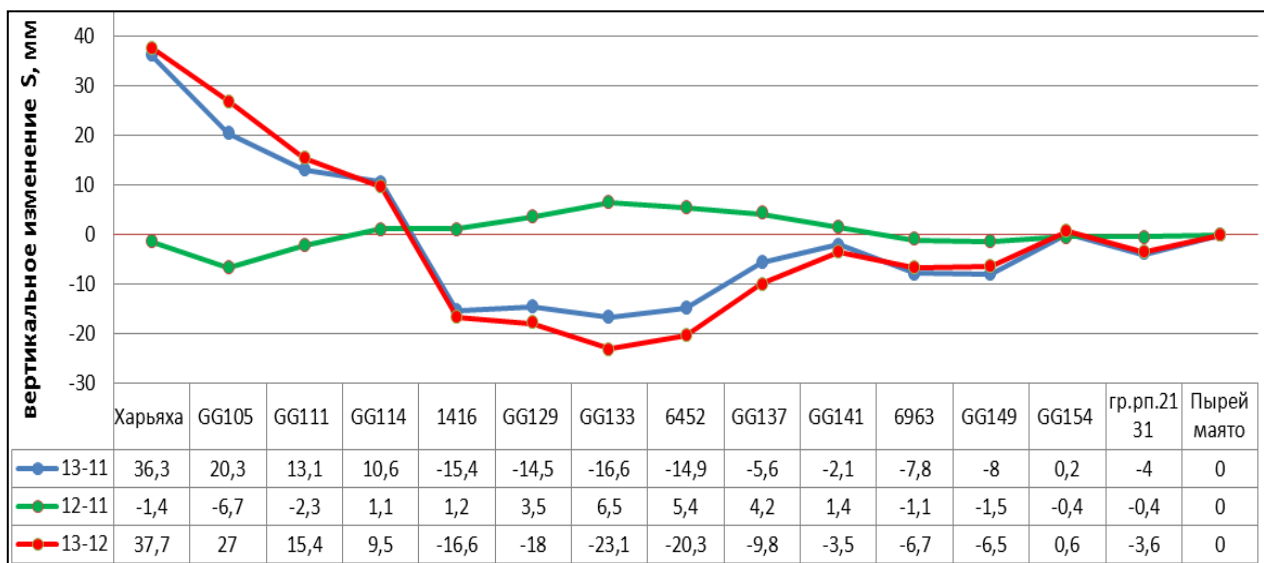


Рис. 3. Профиль линии нивелирования II – II

Выполнен сопоставительный анализ значений падения пластовых давлений и вертикальных деформаций, полученных методом спутниковой интерферометрии, который позволил сделать выводы о наличии корреляционной связи падения пластовых давлений на 30 атм. (с 80 до 50 атм., за период 1999–2011 гг.), с величиной оседания – 30 мм. (2008 – 2011 гг.) [1].

Таким образом, прослеживается взаимосвязь полученных результатов по формированию современных деформационных процессов, выявленных геомет-

рическим нивелированием, с данными радарной интерферометрии, а также с динамикой падения пластовых давлений (по картам изобар).

Вышеперечисленный комплексный анализ геодезических работ выполнен без использования результатов высокоточных спутниковых измерений. Это вызвано тем, что за период наблюдений с 2000 по 2013 годы, разными исполнителями и отсутствие чёткой программы производства работ, не дало возможности проанализировать и спрогнозировать результаты [1]. Начиная, с 2012 года ведётся электронная база данных «сырых» спутниковых измерений, что позволит в будущем выполнять переуравнивание, с учётом изменения параметров обработки.

В 2013 году, для контроля устойчивости исходных пунктов, на территории месторождения были установлены два опорных пункта, оснащенных непрерывно действующими приёмниками сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС и GPS (рис.4). Вычислительный центр расположен в г. Тюмень. Также на территории ЯНАО запущена в работу окружная система высокоточного позиционирования (ОСВТП), состоящая из 15 аналогичных пунктов. На смежных месторождениях (Барсуковское, Комсомольское, Известинское) в 2013 году произведена закладка пунктов геодезических полигонов.

Создание единой ГНСС-сети, с «привязкой» к пунктам IGS, позволит обеспечивать исходной основой наблюдения за деформациями земной поверхности на периферийных участках месторождений (рис. 4).

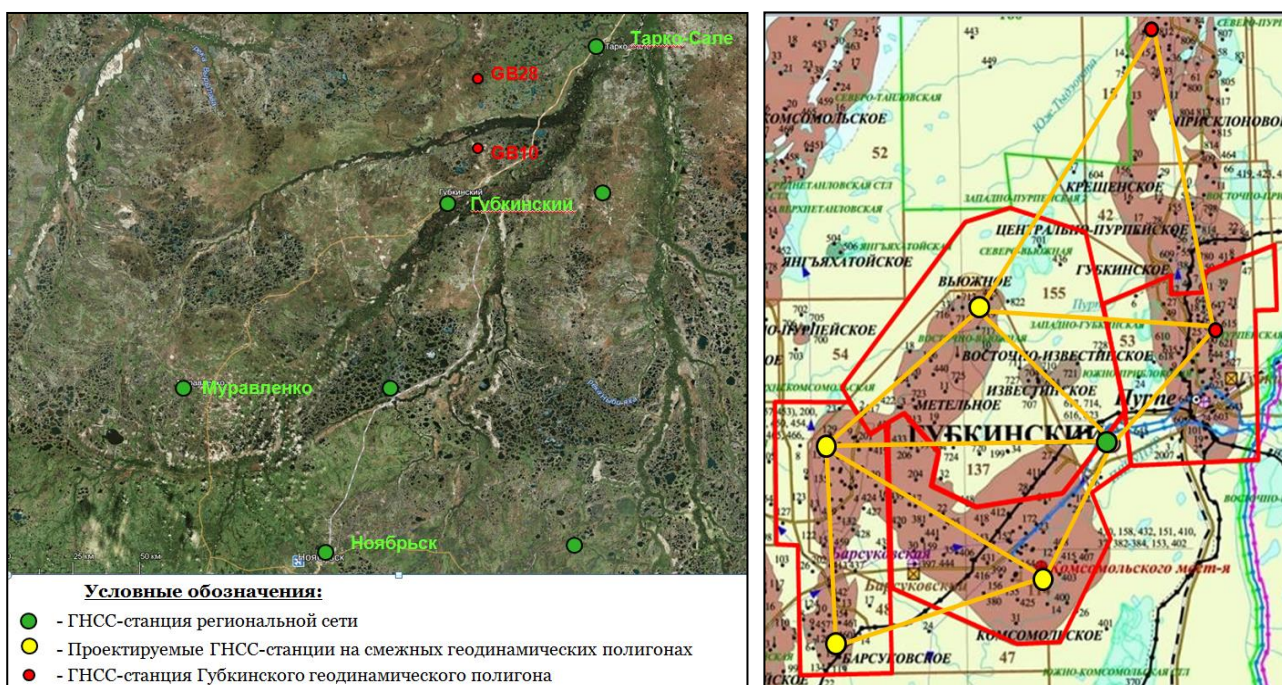


Рис. 4. Схема расположения ГНСС-станций

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юрьев М. Л., Васильев Ю. В., Белоносов А. Ю., Радченко А. В. Результаты геодинамического мониторинга на Губкинском нефтегазовом месторождении // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 259–264.

2. Юрьев М. Л., Васильев Ю. В. Комплексный анализ геодезических и геофизических исследований на Самотлорском геодинамическом полигоне // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 206–210.

© М. Л. Юрьев, Ю. В. Васильев, О. С. Мартынов, 2014

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Сергей Георгиевич Ожигин

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда, Б. Мира, 56, доктор технических наук, декан горного факультета, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: osg62@mail.ru

Фарит Камалович Низаметдинов

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда, Б. Мира, 56, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: niz36@mail.ru

Светлана Борисовна Ожигина

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда, Б. Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

Дмитрий Сергеевич Ожигин

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда, Б. Мира, 56, магистр, докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», тел. (7212)56-26-27, e-mail: ozhigin.dima@mail.ru

В статье представлены краткий обзор результатов многолетних исследований и примеры внедрения инновационных методов мониторинга состояния устойчивости горных пород и земной поверхности на территории Казахстана, проводимых специалистами Карагандинского государственного технического университета.

Ключевые слова: мониторинг состояния устойчивости карьерных откосов, система GEOMOS, космическая радарная интерферометрия.

INNOVATIVE METHODS OF MONITORING OF THE CONDITION OF STABILITY OF ROCKS AND TERRESTRIAL SURFACE

Sergey G. Ozhigin

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Blvd, doct. of tech. sci., dean of Mining faculty, professor of «Mine survey and geodesy» department, tel. 8(7212)56-26-27, e-mail: osg62@mail.ru

Farit K. Nizametdinov

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Blvd, doct. of tech. sci., director of «Mine survey and geodesy» department, professor, tel. 8(7212)56-26-27, e-mail: niz36@mail.ru

Svetlana B. Ozhigina

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Blvd, cand. of tech. sci., associate professor of «Mine survey and geodesy» department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

Dmitriy S. Ozhigin

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Blvd, master, Ph.D. candidate of «Development of mineral deposits» department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: ozhigin.dima@mail.ru

In article are presented the short review of results of long-term researches and examples of introduction of innovative methods of monitoring of a condition of stability of rocks and a terrestrial surface on the territories of Kazakhstan which are carried out by specialists of the Karaganda state technical university.

Key words: monitoring of a condition of stability of open pits slopes, GEOMOS system, space radar interferometry.

Республика Казахстан занимает заметное положение в мировом минерально-сырьевом балансе, имеет высокий потенциал дальнейшего развития и повышения влияния на мировом минерально-сырьевом рынке. Разработка большинства месторождений в настоящее время осуществляется открытым способом. Интенсивно ведутся открытые горные работы на более 50 крупных месторождениях таких как: Жезказганское, Коунрадское, Николаевское, Акжальское, Васильковское, Сарбайское, Соколовское, Качарское, Куржункульское, Ломоносовское, Экибастузское, Шубаркольское и т.д. Масштабы современного горнодобывающего производства требуют углубленного изучения и постоянного контроля за происходящими в недрах геомеханическими процессами, на основе мониторинга состояния карьерных откосов, который предусматривает системный подход к решению всех составляющих задач, комплексный учет и анализ всех природных и техногенных факторов.

Система мониторинга бортов карьеров и отвалов включает в себя: периодические маркшейдерские и инженерно-геологические наблюдения за состоянием откосов; исследования прочностных характеристик, состава и свойств горных пород; изучение структурных особенностей прибортового массива; оценку и прогноз геомеханических процессов; определение параметров устойчивых откосов; разработку рекомендаций по управлению параметрами карьерных откосов [1].

Маркшейдерская школа члена-корреспондента НАН РК Попова И.И. (научно-исследовательская лаборатория «Маркшейдерия геомеханика и геометризация недр» кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» (МДиГ) Карагандинского государственного технического университета (КарГТУ) имеет многолетний опыт работы по обеспечению устойчивости откосов уступов, бортов и отвалов на крупнейших карьерах Казахстана, который позволил разработать и внедрить в практику горного дела прогрессивные методы исследований по обеспечению устойчивости стационарных откосов [2].

Системы геомеханического мониторинга состояния устойчивости карьерных откосов созданы специалистами КарГТУ на более 30 карьерах Казахстана: «Ушкатын-III», «Западный», «Жомарт», «Тур», «Восточный камыс», «Николаевский», «Соколовский», «Сарбайский», «Качарский», «Конырат», «Варварин-

ский Центральный», «Алпыс», «Абыз», «Космурун», «Акчий Спасский», «Малый Спасский», «Акжалский», на Чиганакских карьерах №1 и №2, на Дальнезападных карьерах №1 и №2; на угольных разрезах «Богатырь», «Молодежный», «Куу-Чекинский», «Каражыра», на Шубаркольских разрезах «Центральный» и «Западный»; дамбе золоотвала ГРЭС (Топар) и т.д [3,4].

Опыт маркшейдерских инструментальных наблюдений за состоянием прибортовых массивов карьеров на ряде месторождений Казахстана (более 150 наблюдательных станций) позволил разработать и внедрить методику высокоточных наблюдений с использованием современного электронного оборудования. Новый подход к проводимым кафедрой научным исследованиям осуществляется на Васильковском карьере ТОО «Алтынтау Кокшетау», где была введена автоматизированная система GEOMOS для мониторинга состояния откосов в реальном времени, состоящая из 4 профильных линий на южном и западном бортах карьера. На всех мониторинговых точках профильных линий (всего 28 точек) установлены отражатели для автоматического снятия отчетов системой GEOMOS (рис. 1, 2) [2].

Для исследования состояния прибортовых массивов карьера применяются новые методы изучения структуры горного массива с помощью 3D –сканера фирмы «Leica» (Швейцария) (рис. 3) и георадара «Mala» (Швеция).

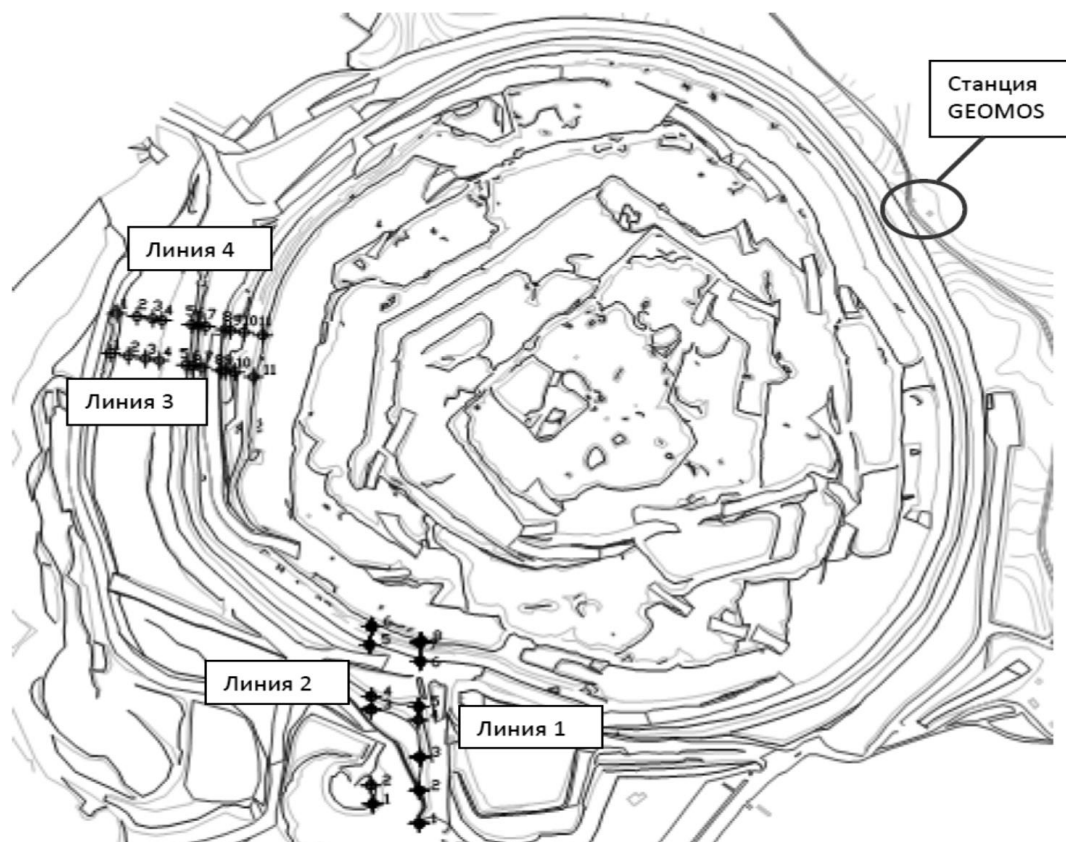
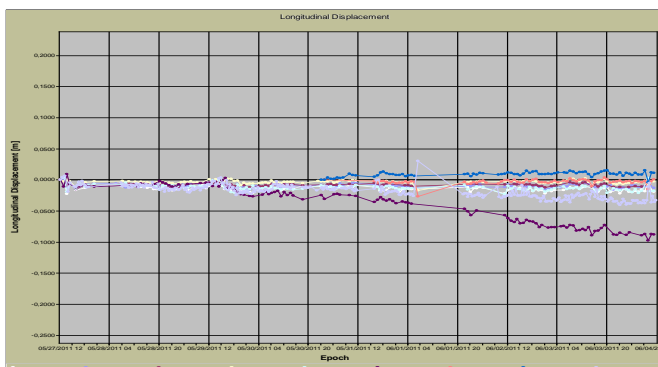
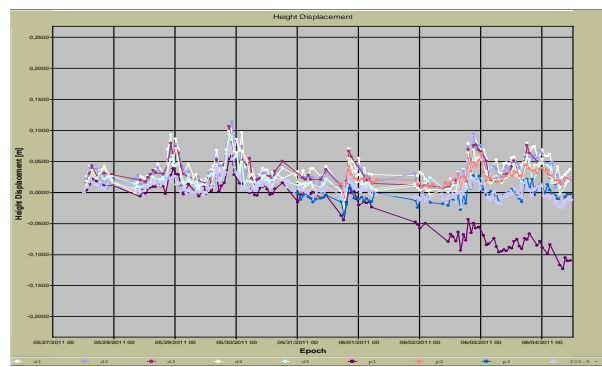


Рис. 1. План наблюдательных станций системы GEOMOS



а- горизонтальные смещения

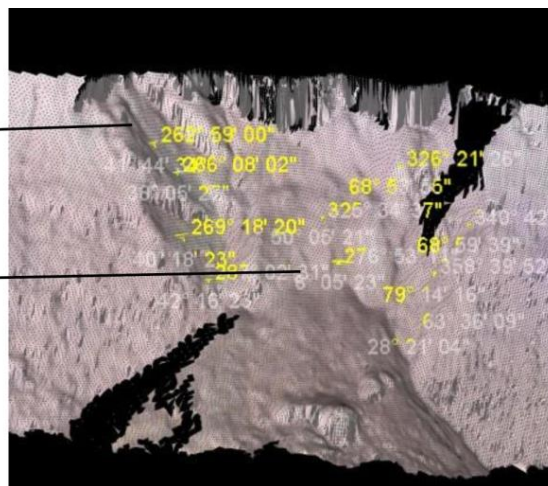


б –вертикальные смещения

Рис. 2. Графики горизонтальных и вертикальных смещений реперов



а - трещины в откосе уступа;



б - элементы залегания трещин;

Рис. 3. Определение элементов залегания трещин на карьере «Васильковский» с применением технологии 3D-сканирования

При решении вопросов обеспечения устойчивости карьерных откосов исходной информацией являются физико-механические характеристики горных пород. Наиболее надежным и достоверным способом определения прочностных характеристик пород является метод обратных расчетов оползней. На основе известного графоаналитического способа разработана усовершенствованная методика расчета показателей сопротивления пород сдвигу по результатам съемок оползней с использованием численно-аналитического метода, основанного на интегрировании элементарных сил по поверхности скольжения [3].

Для решения ряд задач по обоснованию рациональных параметров карьерных откосов в различных горно-геологических условиях разработан программный комплекс «Устойчивость карьерных откосов» с использованием которого,

разработаны рекомендации по обеспечению устойчивости прибортовых массивов: на карьерах «Николаевский», «Конырат», «Алпыс», «Васильковский», «Варваринский Центральный», «Абыз», «Космурун», «Итауз», «Акжалский», «Качарский», «Ушкатын-III», на Чиганакских карьерах №1 и №2; на разрезах «Богатырь», «Молодежный», «Куу-Чекинский», «Каражыра», «Шубаркольский» и т.д. [3,4].

На ряде карьеров натурное обследование откосов уступов и бортов выполняется по специально разработанной в КарГТУ методике с использованием: цифровой видеокамеры с увеличением в 40^x , устанавливаемой на противоположном борту карьера, для производства видеозаписи панорамы борта карьера и ее анализа; цифрового фотоаппарата с увеличением не менее 20^x , для фотографирования видимых деформаций непосредственно в зоне натурного обследования состояния карьерных откосов; электронного тахеометра и отражателя для координатной привязки обнаруженных деформаций и их нанесения на план горных работ; раций для связи между наблюдателем деформаций, находящимся непосредственно в зоне натурного обследования и оператором, производящим видеосъемку на противоположном борту карьера и электронную тахеометрическую съемку деформаций, а также для записи комментариев наблюдателя, описывающего видимые им деформации откосов. В результате натурного обследования состояния устойчивости откосов по данной методике получена наиболее полная информация о наличии локальных деформаций откосов уступов, бортов карьеров с описанием их параметров и координатной привязкой на плане горных работ. На основе данного обследования определяется объем работ по инструментальному контролю за состоянием устойчивости карьерных откосов и обеспечению безопасности работ в карьере.

С 2012 года специалисты кафедры МДиГ (КарГТУ) успешно ведут научные работы по исследованию состояния подработанных территорий угольных шахт Карагандинской области с применением инновационной технологии – спутниковой радарной интерферометрии. Космический радарный мониторинг сдвижения поверхности Земли осуществляется по 25 снимкам со спутника ENVISAT от Европейского космического агентства ЕСА. Обработка снимков проводится в программе ENVI (модуль SARscape). Получены первые результаты определения сдвижения земной поверхности на подработанной территории г. Караганды в районе шахты им. Костенко. Результаты, полученные по интерферограмме, показали высокую сходимость с результатами традиционного метода расчета сдвижения земной поверхности [5].

Вывод: проблема обеспечения устойчивости прибортовых массивов карьеров, контроля сдвижения горных пород и земной поверхности может быть решена только на основе комплексного подхода, включающего в себя решение всех составляющих задач геомеханического мониторинга, и внедрения прогрессивных методов инструментальных исследований и геодезического контроля за состоянием горных пород и земной поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ожигин С.Г. Маркшейдерско-геологический мониторинг состояния устойчивости карьерных откосов //Новости науки Казахстана. – Алматы: НЦНТИ, 2007. - С. 12-16.
2. Низаметдинов Ф.К., С.Г. Ожигин С.Г., Низаметдинов Р.Ф., Ожигина С.Б., Низаметдинов Н.Ф., Е.Н. Хмырова Е.Н. Состояние и перспективы развития геомеханического обеспечения открытых горных работ// XV International ISM Congress 2013 (International Society for Mine Surveying), Septebtr 16-20, 2013, Eurogress Aachen, С. 338 - 349.
3. Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б. Управление устойчивостью бортов карьеров // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 30–34.
4. Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б., Ожигин Д.С. Мониторинг устойчивости бортов карьеров Казахстана//Маркшейдерский вестник.- 2013.- №3.– С. 19-24.
5. Мозер Д.В., Сатбергенова А.К., Туякбай А.С., Нагибин А.А. Применение спутниковой радарной интерферометрии в Казахстане// XV International ISM Congress 2013 (International Society for Mine Surveying), Septebtr 16-20, 2013, Eurogress Aachen, С. 213–221.

© С. Г. Ожигин, Ф. К. Низаметдинов, С. Б. Ожигина, Д. С. Ожигин, 2014

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАРЬЕРНЫХ ОТКОСОВ В РАЙОНЕ ВЫХОДОВ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПОД НАНОСЫ

Сергей Георгиевич Ожигин

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда, Б. Мира, 56, доктор технических наук, декан горного факультета, профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», тел. (7212)56-26-27, e-mail: osg62@mail.ru

Светлана Борисовна Ожигина

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда, Б. Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», тел. (7212)56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

Дмитрий Сергеевич Ожигин

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда, Б. Мира, 56, магистр, докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», тел. (7212)56-26-27, e-mail: ozhigin.dima@mail.ru

Анастасия Витальевна Ганий

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда, Б. Мира, 56, магистрант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», тел. (7212)56-26-27, e-mail: xrest@list.ru

В статье представлен анализ причин деформирования карьерных откосов в районе выходов угольных пластов под наносы на примере Шубаркольского угольного разреза. Выявлен механизм деформирования прибортового массива разреза и разработаны мероприятия по предупреждению оползневых явлений.

Ключевые слова: угол откоса уступа, устойчивость, деформации, инструментальный контроль, механизм деформирования.

RESEARCH OF THE CONDITION OF STABILITY OF OPEN PITS SLOPES IN THE REGION OF COAL OUTBREAK UNDER SEDIMENTS

Sergey G. Ozhigin

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Blvd, doct. of tech. sci., dean of Mining faculty, professor of «Mine survey and geodesy» department, tel. 8(7212)56-26-27, e-mail: osg62@mail.ru

Svetlana B. Ozhigina

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Blvd, cand. of tech.sci., associate professor of «Mine survey and geodesy» department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

Dmitriy S. Ozhigin

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Blvd, master, Ph.D. candidate of «Development of mineral deposits» department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: ozhigin.dima@mail.ru

Anastassiya V. Gapiy

The Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira Blvd, master of «Mine survey and geodesy» department, tel. (7212)56-26-27, e-mail: xrest@list.ru

In article it is presented the analysis of the reasons of deformation of open pits slopes in region of coal outbreak under sediments on the example of Shubarkol opencast coal mine. The mechanism of deformation of the border massif of open pit is revealed and actions for the prevention of the landslide phenomena are developed.

Key words: angle of a slope, stability, deformations, instrumental monitoring, deformation mechanism.

При разработке угольных месторождений открытым способом одним из наиболее опасных с геомеханической точки зрения участков является район выходов угольных пластов под наносы. Мульдообразное залегание угольных пластов в районе выходов обуславливает увеличение угла падения пластов и вмещающих пород, покрытых рыхлыми четвертичными отложениями. Технологическое влияние горных работ в районе выходов способствует перераспределению напряжений в горном массиве, изменению гидрогеологических условий и формированию поверхностей ослабления.

Анализ нарушений устойчивости откосов в районе выходов угольных пластов рассмотрим на примере Шубаркольского угольного разреза.

В районе р.л. A^4 и р.л. A^5 произошел оползень участка борта разреза до глубины 50м. Первоначальный фронт оползня составил 60м (рис. 1).



Рис. 1. Оползень борта разреза в районе р.л. A^4 и р.л. A^5

Причины возникновения оползня следующие: обводненность горных пород в данном районе, связанная с наличием родника и сбросом воды на поверхность откоса; неблагоприятная согласно падающая с откосом сланцеватость пород ($50^\circ - 70^\circ$); угол наклона контактов пород прибортового массива бо-

лее 20° в сторону выработанного пространства; наличие внешней нагрузки в качестве внутреннего отвала; несоответствие параметров борта ($\alpha = 45-50^\circ$ при $h = 20-25\text{м}$) прочности горного массива. Анализ геологических материалов показал, что на данном участке зона предельного равновесия достигает размеров более 50м от верхней бровки откосов, что подтверждают заколы, обнаруженные на земной поверхности и на отвале бестранспортной вскрыши.

Оползень отвалов бестранспортной вскрыши из четвертичных отложений и угольного пласта между р.л. A^1 и р.л. A^3 представлен на рис. 2.



Рис. 2. Оползень прибортового массива в районе р.л. A^1 и р.л. A^3

Ширина деформации в основании составила 80м, увеличиваясь на верхних горизонтах. Общая высота борта на данном участке достигает 50м при среднем угле наклона - 28° . Относительно соседнего участка борта между р.л. A и р.л. A^4 , поставленного на конечный контур под углами $22-25^\circ$ наблюдается превышение предельного устойчивого (фактического) угла наклона борта на $3-5^\circ$.

Основной причиной деформирования следует признать несоответствие параметров откосов прочности пород. Установлена величина предельного угла наклона борта в зоне деформирования. Она составила $23,5^\circ$. Параметры угла наклона борта в четвертичных отложениях на данном участке не должны превышать этой величины.

Одним из важнейших факторов, влияющих на устойчивость борта разреза, является изменение элементов залегания (угла наклона от 11 до 28°) слабого контакта прибортового массива: на разрезе A^1 - до 19° ; на разрезе A^2 - с 11° до 27° ; на разрезе A^3 - с 9° до 28° . Поэтому деформирование борта произошло по слабому контакту почвы пласта. Верхняя часть оползневой массы очень разрыхлена. Кроме того, после взрывных и добычных работ уменьшилась величина целика по углю и, следовательно, снизились удерживающие силы в призме

упора, в результате произошел сдвиг по слабому контакту почвы угольного пласта. Это привело к разрушению угольного пласта и серых аргиллитов, расположенных выше него. Образовались поперечные трещины (С-Ю), разрыв происходил в направлении З-В. Деформации в нижней части пласта согласно эффекта «домино» привели к развитию деформаций вышележащих участков, расположенных восточнее вдоль северного борта. Установлен механизм деформирования борта разреза (рис. 3), включающий 2 этапа:

1. Деформации начались при формировании отвалов бестранспортной вскрыши над выходами угля под наносы. Поверхности скольжения сформировались с выходом на контакт четвертичных отложений (наносов) и выходов угольных пластов.

2. При углублении горных работ до основания угольного пласта масса нависающего оползня отвала бестранспортной вскрыши привела к смещению породного и угольного массива по контакту почвы пласта. При этом в область деформирования попала зона выходов пласта [1].

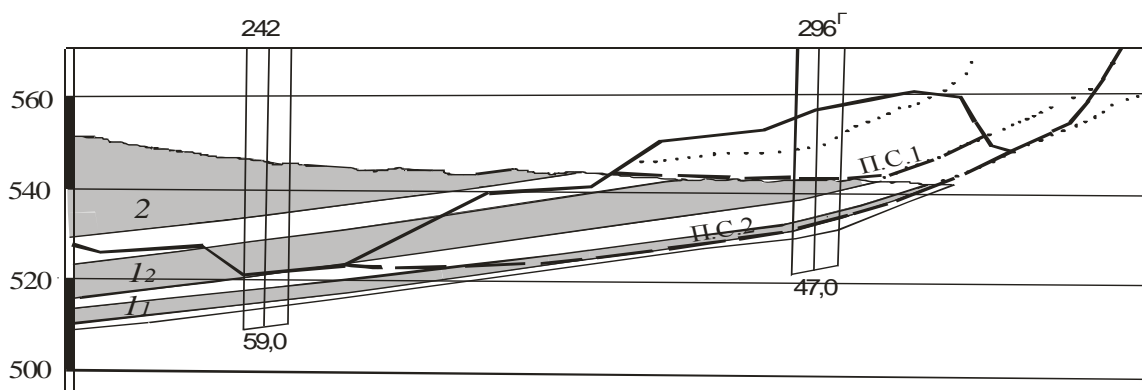


Рис. 3. Разрез по р.л. А³

В июне 2013 г. на северном борту Центрального разреза в районе выходов угольных пластов под наносы (гор.+450,0м – гор.+425,0м) произошел оползень.

В районе деформаций угол наклона слабого контакта изменяется от 25° до 37° и более. Деформирование прибортового массива произошло по слабому угле-породному контакту (рис. 4, 5). Методом обратных расчетов оползня определены ориентировочные значения прочностных характеристик горных пород: $k_p = 0,010$ МПа; $\rho_p = 20,5^\circ$; $\gamma = 1,33$ т/м³.

На основании оценки устойчивости фактического состояния борта разреза по группе уступов с гор. +410,0м по гор. +450,0м. установлены параметры призм упора и величина предохранительного целика. Ширина призмы упора на гор. + 440,0м и гор. +425,0м составляет 25м. Величина предохранительного целика от основания насыпи должна быть не менее 25м (рис. 5). При этом коэффициенты запаса устойчивости борта разреза по возможным поверхностям скольжения находятся в диапазоне 1.56 – 1.90, что соответствует требованиям [2] Правил обеспечения устойчивости откосов.



Рис. 4. Деформации гор.+450,0м – гор.+425,0м

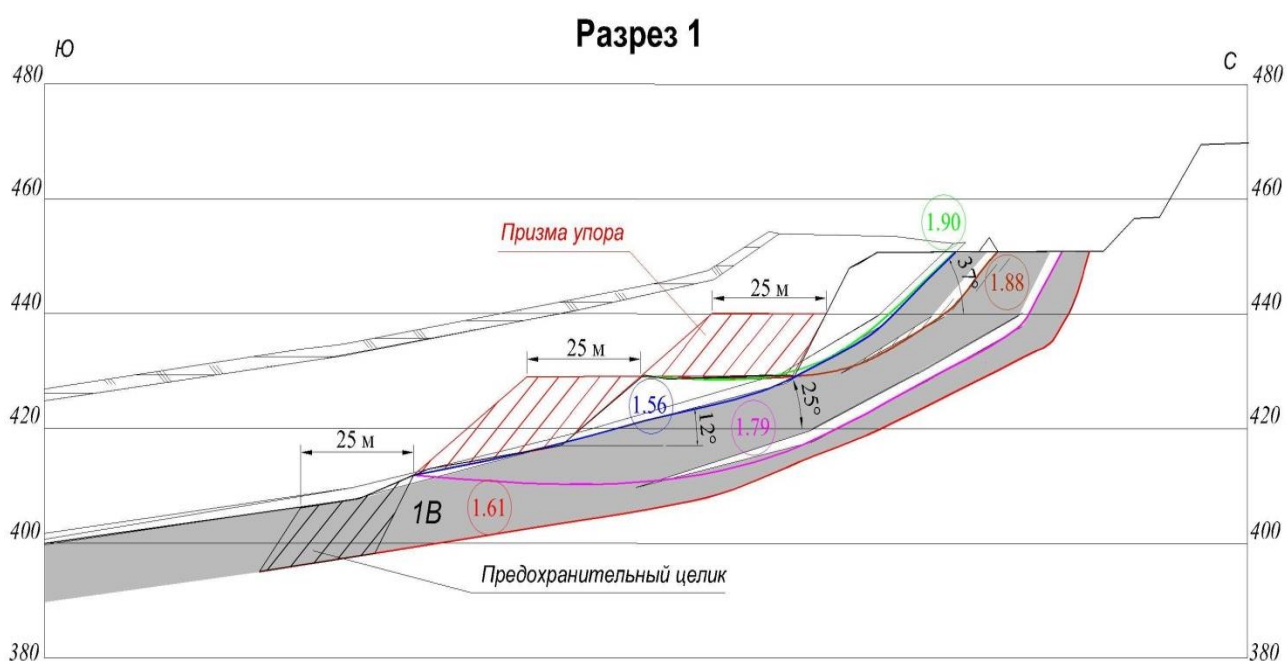


Рис. 5. Рекомендуемые параметры укрепления борта разреза

Выводы: основной причиной возникновения деформаций в районе выходов угольных пластов под наносы является не соответствие параметров откосов уступов существующей прочности и углу наклона контактов угля и пород, поэтому при планировании горных работ на данном участке необходимо основное внимание уделять обоснованию параметров откосов в наносах и на выходах пластов, исключить влияние на устойчивость откосов подземных и поверхностных вод, максимально снизить сейсмическое воздействие взрывов. А также следует применять специальную технологию отработки пласта с формированием призмы упора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Ожигин С. Г. Деформации верхних уступов на Шубаркольском разрезе и разработка мероприятий по их предупреждению//Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2009 – №7. – С. 8–9.

2 Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах // С. – Петербург, 1998 – 208 с.

© С. Г. Ожигин, С. Б. Ожигина, Д. С. Ожигин, А. В. Гатий, 2014

ИССЛЕДОВАНИЕ БЛОКОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОВТОРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Инна Евгеньевна Дорогова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, ассистент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

В статье рассмотрено применение метода кластерного анализа для исследования блоковой структуры земной коры по результатам геодезических наблюдений. Представлена методика выделения блоков исследуемой области земной поверхности с учетом ее сферичности.

Ключевые слова: блоковая структура земной коры, вращательные движения, геодезические наблюдения.

RESEARCH EARTH'S CRUST PARTS BLOCK STRUCTURE BY RESULTS OF GEODETIC MEASUREMENTS

Inna E. Dorogova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plahotnogo, assistant, department of physical geodesy and remote sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

The article is devoted to the Earth's crust parts block structure detection with help the methods of cluster analysis. Procedure of the Earth's crust parts block's detection is proposed.

Key words: block structure of the Earth's crust part, rotational motion, geodetic observations.

Исследование блоковой структуры земной поверхности по результатам повторных геодезических наблюдений может выполняться с помощью методов кластерного анализа [1]. В статье [2] для выявления блоковой структуры области предлагается использовать методику, основанную на применении иерархического агломеративного метода кластерного анализа, который позволяет производить поэтапное объединение двух наиболее схожих групп пунктов на основании некоторой меры сходства, при этом на каждом последующем этапе объединение производится для кластеров предыдущего этапа.

Однако методика, приведенная в упомянутой выше работе, может быть применена только для небольших территорий, для которых не возникает необходимости учитывать сферичность земной поверхности. Ниже в табл. 1 представим сравнение значений различных расстояний на поверхности сферы и соответствующих им длин линий, редуцированных на плоскость, на основании которого может определяться значение расстояний, для которых следует учитывать сферичность земной поверхности.

Сравнение расстояний на плоскости и на поверхности сферы

Расстояние на сфере $S_{сф}$, м	Расстояние на плоскости $S_{пл}$, м	$S_{сф} - S_{пл}$, мм
100,0000	100,0000	0,0
500,0000	500,0000	0,0
1000,0000	1000,0000	0,0
5000,0000	4999,9997	0,3
7000,0000	6999,9993	0,7
8500,0000	8499,9987	1,3
10000,0000	9999,9980	2,0
15000,0000	14999,9931	6,9
50000,0000	49999,7439	256,1
100000,0000	99997,9515	2048,5

Решение задачи определения блоковой структуры земной поверхности с учетом ее сферичности предлагается выполнять аналогично решению на плоскости, при этом формула определения критерия объединения кластеров примет вид:

$$\rho = \sqrt{(\varphi_0^j - \varphi_0^i)^2 + (\lambda_0^j - \lambda_0^i)^2 + M \cdot (\omega^j - \omega^i)^2}, \quad (1)$$

где $\varphi_0^i, \lambda_0^i, \varphi_0^j, \lambda_0^j$ – координаты центра вращения (Эйлера полюса) на сфере, определенные для i -го и j -го кластеров соответственно;

M – масштабный коэффициент, обеспечивающий равное влияние параметров вращательного движения на вычисляемое значение критерия ρ ;

ω^i, ω^j – угловые скорости вращения i -го и j -го кластеров, рад/год.

На начальном этапе кластер-процедуры в качестве кластеров участвуют пары соседних пунктов, выделенных при условии $\sum \rho_i^2 = \min$, где ρ_i – мера сходства i -ой пары, определенная по формуле [3]:

$$\rho = \sqrt{P_X(V_X^j - V_X^i)^2 + P_Y(V_Y^j - V_Y^i)^2}, \quad (2)$$

где $V_X^i, V_Y^i, V_X^j, V_Y^j$ – компоненты скоростей смещения i -го и j -го пунктов соответственно;

P_X, P_Y – веса смещений пунктов вдоль осей X и Y .

Ниже представлено решение этой задачи на примере результатов геодезических измерений на пунктах Горно-Алтайской GPS-сети, выполненных в 2000-2003 гг. Координаты и смещения пунктов между циклами наблюдений представлены в табл. 2.

Координаты и компоненты смещений пунктов Горно-Алтайской GPS-сети

Номер пункта	Название пункта	Координаты пунктов, °		Скорости смещения пунктов, мм/год	
		L	B	на восток	на север
1	YAZU	88,851	50,586	0,84	1,73
2	CHAG	88,417	50,068	2,54	4,50
3	UKOK	88,232	49,562	6,78	8,36
4	BALY	88,002	50,703	-0,12	1,43
5	KURA	87,890	50,245	-1,02	2,08
6	ULAG	87,654	50,500	-1,34	1,46
7	ARTB	87,282	51,799	-2,36	-0,68
8	TUNZ	86,471	52,013	0,96	-1,68
9	CHIK	86,313	50,644	-1,50	3,06
10	SEMI	85,626	51,014	-1,96	1,74
11	KAIT	85,439	50,146	-0,38	1,98
12	USTK	84,769	50,939	-1,74	1,87

Значение масштаба M , участвующего в формуле (1), выбиралось исходя из значения отношения величин $(\varphi_0^j - \varphi_0^i)^2$ и $(\lambda_0^j - \lambda_0^i)^2$ к величине $(\omega^j - \omega^i)^2$. В данном случае приближенное значение масштабного коэффициента M составило 10^{14} . На основании графика зависимости меры сходства кластеров от выбранного масштаба (рис. 1) для диапазона значений масштаба от 10^{12} до 10^{16} было выбрано окончательное значение $M=5 \cdot 10^{13}$, которое использовано во всех последующих вычислениях.

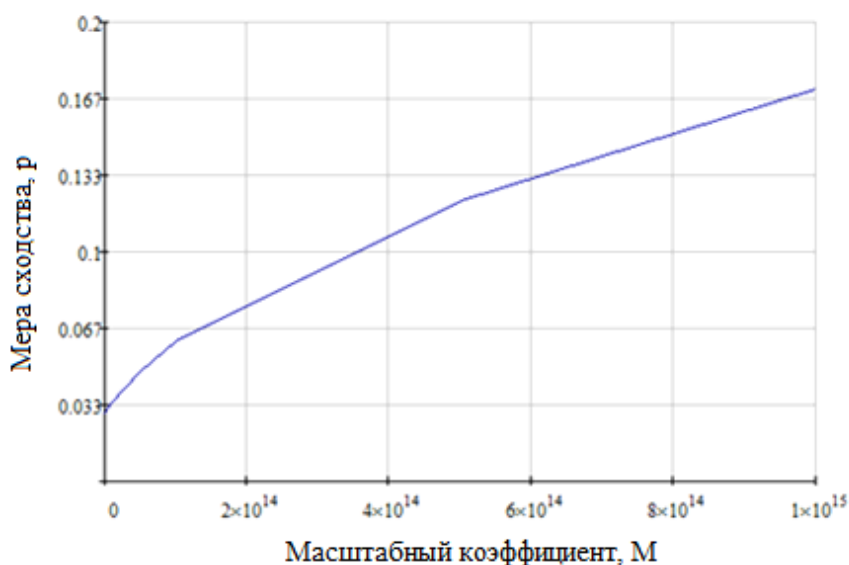


Рис. 1. График зависимости меры сходства движений групп пунктов ρ от выбранного масштаба M

Для выбранного масштаба были выполнены 3 цикла иерархической агломеративной кластер-процедуры. На каждом этапе по формуле (2) вычислялись значения меры сходства для всех возможных пар кластеров и выполнялось объединение двух наиболее схожих кластеров, затем процедура повторялась. На третьем этапе выполнения процедуры произошел существенный скачок значения меры сходства (рис. 2) и было принято решение об окончании кластер-процедуры.

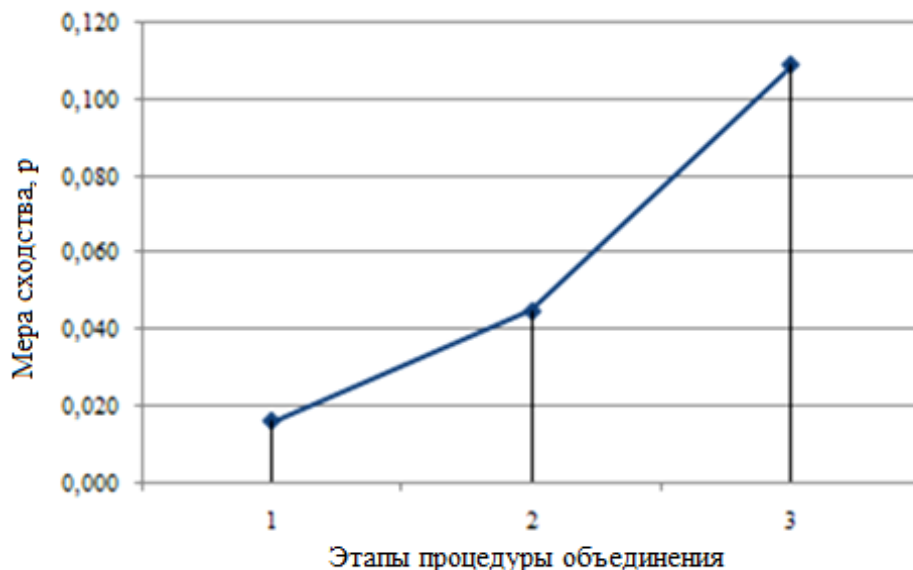


Рис. 2. График значений меры сходства движений групп пунктов на различных этапах кластер-процедуры

Параметры вращения пар геодезических пунктов определялись из решения системы сферических треугольников, образованных данными пунктами, северным полюсом и Эйлеровым полюсом вращения. Поскольку параметры вращения для кластеров, содержащих более двух пунктов, зависят от выбранного разбиения кластера на пары пунктов, находились оптимальные параметры вращения. В качестве оптимального выбирался вариант с минимальным значением критерия $\sum \Delta^2$. Значение критерия для каждого пункта определялось по формуле:

$$\Delta^2 = (V_i - V_i^0)^2, \quad (3)$$

где V_i – скорость смещения i -го пункта, определяемая по изменениям его координат, мм/год;

V_i^0 – ожидаемая скорость смещения i -го пункта, определяемая по параметрам вращения жесткого блока, которому принадлежит i -ый пункт, мм/год.

После выполнения объединяющей процедуры на основании результатов нескольких циклов геодезических измерений (2000-2003 гг.) для исследуемой области были выделены три блока приповерхностного слоя земной коры. Мера сходства, определенная для других кластеров (групп пунктов), указывала на

малое сходство между их движениями и невозможность объединения. Для каждого блока по методике, описанной в работе [2] были определены значения параметров вращения (табл. 3).

Таблица 3

Параметры вращения блоков земной поверхности, выделенных на территории Горно-Алтайского геодинамического полигона

Описание блока	Параметр	Значение параметра
Блок I (пункты USTK, SEMI, CHIK, KAIT)	$\varphi_I, ^\circ$	50,061
	$\lambda_I, ^\circ$	83,870
	$\omega_I, \text{рад.} / \omega_I''$	$1,592 \cdot 10^{-8} / 3,284 \cdot 10^{-3}$
Блок II (пункты YAZU, CHAG, UKOK)	$\varphi_{II}, ^\circ$	51,364
	$\lambda_{II}, ^\circ$	84,562
	$\omega_{II} \text{ рад.} / \omega_{II}''$	$1,442 \cdot 10^{-8} / 2,974 \cdot 10^{-3}$
Блок III (пункты KURA, ULAG)	$\varphi_{III}, ^\circ$	49,779
	$\lambda_{III}, ^\circ$	86,446
	$\omega_{III} \text{ рад.} / \omega_{III}''$	$1,598 \cdot 10^{-8} / 3,296 \cdot 10^{-3}$

Таким образом, в результате изучения блоковой структуры области земной поверхности с учетом ее сферичности на территории Горно-Алтайского геодинамического полигона выделены три блока земной поверхности и определены параметры их движения: координаты центров вращения и угловые скорости движения блоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
2. Дорогова И.Е. Применение методов кластерного анализа для исследования блоковой структуры земной коры // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 180–185.
3. Мазуров Б.Т. Структурная идентификация движений мобильных блоков с помощью последовательной кластер-процедуры // Математическая обработка результатов геодезических наблюдений: Межвуз. сб. научн. тр. / НИИГАиК. – Новосибирск, 1993. – С. 75-81.
4. Колмогоров В. Г. Теоретические основы изучения современных деформаций земной поверхности // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр.: сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 3–7.
5. Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Оценка изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении угольных месторождений Кузбасса // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр.: сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 157–160.
6. Антонович К. М., Струков А. А. Сравнение результатов линейных измерений, выполненных спутниковыми и традиционными методами геодезии // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр.: сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 3. – С. 38–42.

© И. Е. Дорогова, 2014

ИЗУЧЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Наталья Николаевна Кобелева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: n.n.kobeleva@mail.ru

Инна Евгеньевна Дорогова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, ассистент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Выполнен анализ вертикальных движений земной коры по результатам десяти циклов наблюдений GPS-измерений на пунктах геодинамического полигона с использованием метода конечных элементов. Вычислены координаты нормалей, проведенных к каждому конечному элементу (треугольнику). Построены графики изменения плоскостей треугольников по координате Z.

Ключевые слова: повторные геодезические наблюдения, геодинамический полигон, вертикальные движения земной коры, конечный элемент, нормаль.

STUDY OF VERTICAL CRUSTAL MOVEMENTS ON SURVEY RESULTS DATA USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Natalia N. Kobeleva

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, ul. Plahotnogo, 10, a senior lecturer in physical geodesy and remote sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: n.n.kobeleva@mail.ru

Inna E. Dorogova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, ul. Plakhotnogo 10, Ph. D., Assistant, Department of physical geodesy and remote sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

The analysis of vertical crustal movements on the results of ten cycles of observations GPS-measurements on points geodynamic polygon using the finite element method. Calculated normal coordinates conducted for each finite element (triangle). The graphs change planes triangles coordinate Z.

Key words: repeated geodetic observations, geodynamic polygon, vertical crustal movements, finite element, normal.

Результаты повторных геодезических измерений на геодинамических полигонах имеют большое научное и практическое значение для геодинамики и дают возможность оценить геодинамические процессы, происходящие в приповерхностной части литосферы и на земной поверхности. Определение смещений и деформационных характеристик пространственного положения точек исследуемой области земной поверхности приведены в работах [1-3]. Одним из методов геодинамического мониторинга являются GPS-наблюдения [4, 5].

Для описания и моделирования горизонтальных движений земной коры часто применяют метод конечных элементов [6]. Примеры таких исследований приведены в работе [7]. В методе конечных элементов исследуемую область разделяют на конечные элементы, которые соединены между собой в общих точках – узлах. Наиболее часто используют элементы треугольной и четырехугольной формы. Моделью объекта будет являться совокупность конечного числа элементов, имеющих небольшие размеры. На основе изучения деформации каждого конечного элемента, можно судить о поведении исследуемого объекта в целом.

Таштагольский полигон является локальным техногенным геодинамическим полигоном и создан с целью отслеживания движений земной коры в районе Таштагольского железорудного месторождения.

На пунктах полигона выполняются систематические измерения с использованием спутниковых технологий. Наблюдения проводятся сотрудниками лаборатории сдвижения горных пород Восточного научно-исследовательского горнорудного института (г. Новокузнецк) и лаборатории горной информатики Института горного дела СО РАН (г. Новосибирск). В рассматриваемый нами период с 14.06.2005г. по 19.09.2008г. были выполнены десять циклов таких наблюдений. В результате были получены наблюдения горизонтальных и вертикальных смещений пунктов, которые послужили исходными данными для анализа напряженно-деформированного состояния объекта.

Для изучения вертикальных движений земной коры Таштагольского геодинамического полигона был применен метод конечных элементов. Разбиение модели железорудного карьера на конечное число треугольных элементов показано на рис. 1 и описано в работе [8].

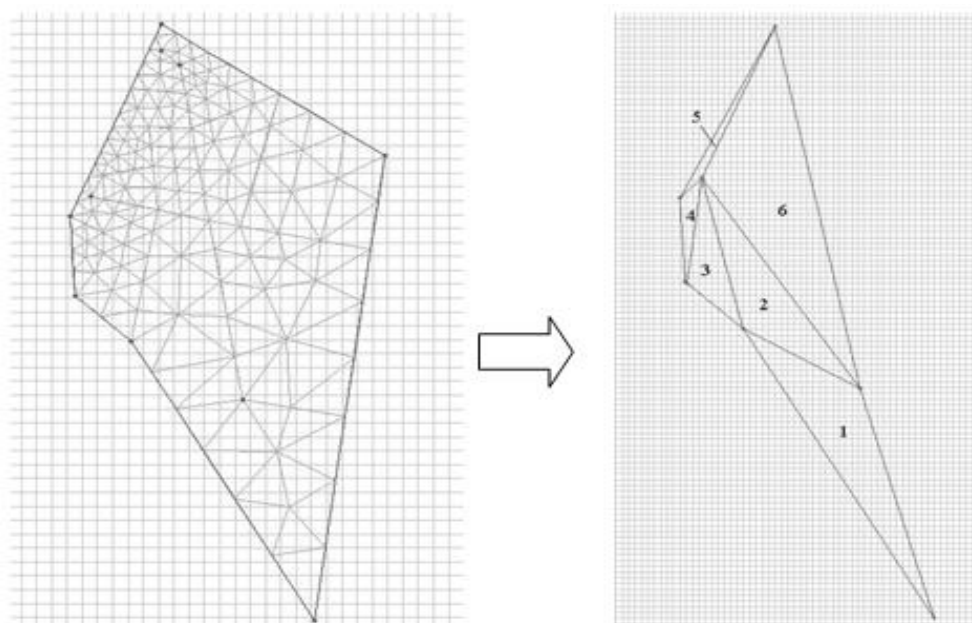


Рис. 1. Выделение конечных элементов западной части Таштагольского полигона

Деформацию всей плоскости треугольника можно оценить, если в качестве третьей вершины принять центр тяжести треугольника. Каждый треугольник представим в виде векторов. Тогда координаты нормали к плоскости данной фигуры можно найти, используя формулы векторной алгебры, приведенные в [9]. Результаты вычислений приведены на рис. 2.

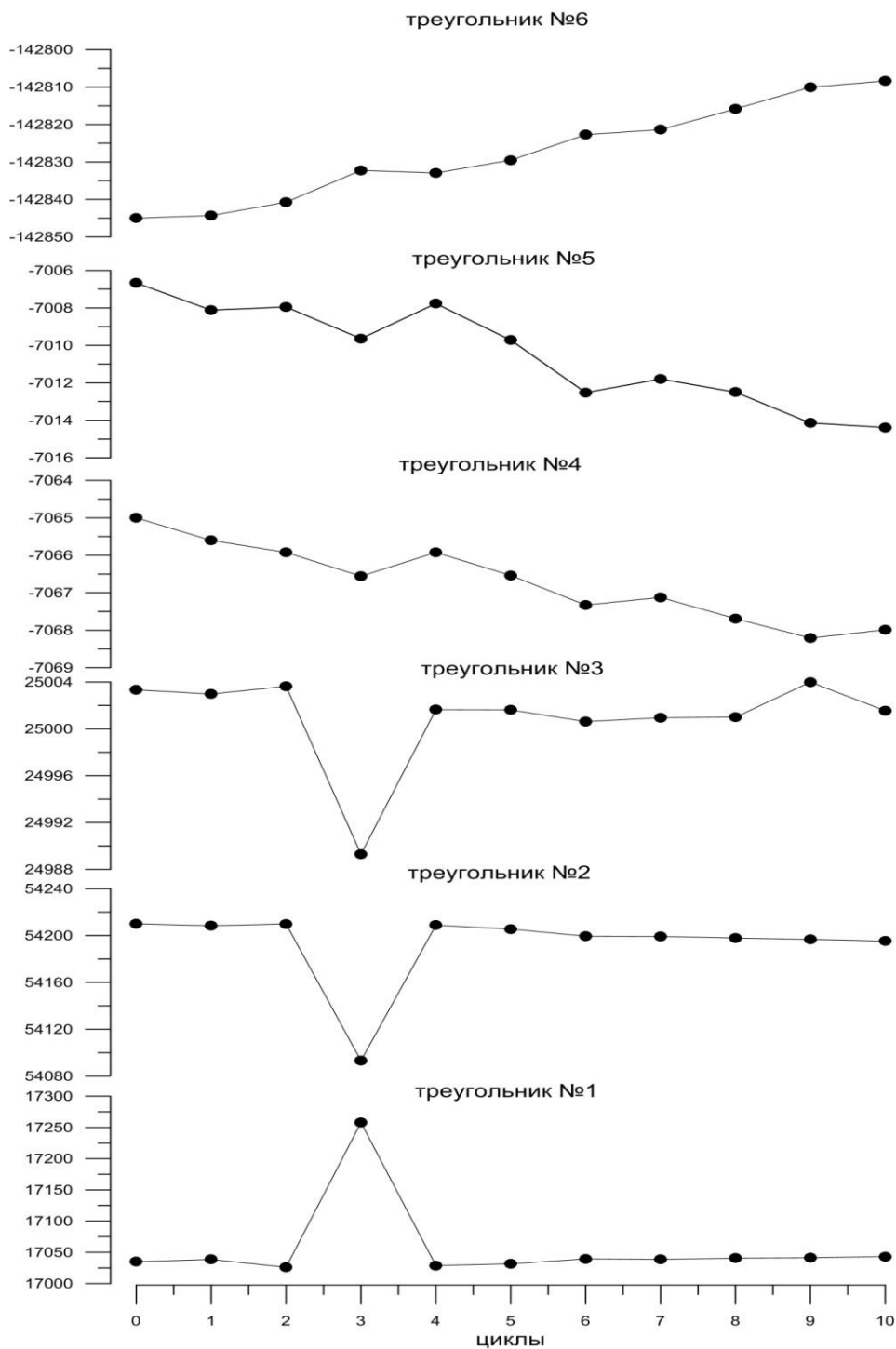


Рис. 2. Деформация конечных треугольных элементов по координате Z нормалей десяти циклов, проведенных к плоскости треугольников

Таблица 1

Координаты нормалей десяти циклов измерений к каждому конечному элементу

№ треуголь ника	Координаты нормалей																	
	t=0			t=1			t=2			t=3			t=4			t=5		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	-556,17	-19,77	17035,00	-560,37	-21,43	17038,67	-560,33	-21,52	17026,09	-561,18	-18,96	17257,90	-558,27	-20,58	17028,86	-566,05	-24,01	17031,58
2	-404,00	719,20	54210,00	-402,74	722,11	54208,52	-404,07	721,39	54209,92	-404,89	718,26	54093,18	-406,29	719,21	54208,88	-402,56	724,42	54205,52
3	-536,00	-1066,93	25003,33	-535,91	-1067,52	25002,97	-536,48	-1066,76	25003,64	-536,45	-1063,06	24989,30	-536,13	-1062,41	25001,64	-535,85	-1065,64	25001,62
4	200,33	-15,80	-7065,00	200,44	-16,39	-7065,60	200,09	-13,58	-7065,92	200,20	-14,47	-7066,56	200,12	-15,55	-7065,92	200,10	-14,89	-7066,54
5	-231,33	408,20	-7006,67	-230,61	406,97	-7008,12	-232,69	411,64	-7007,95	-232,59	410,74	-7009,64	-231,30	408,38	-7007,77	-231,79	409,45	-7009,72
6	260,00	-3080,00	-142845,00	263,23	-3078,12	-142844,29	261,98	-3082,67	-142840,74	258,90	-3089,40	-142832,23	262,21	-3085,11	-142832,95	261,87	-3084,99	-142829,52
№ треуголь ника	Координаты нормалей																	
	t=0			t=6			t=7			t=8			t=9			t=10		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	-556,17	-19,77	17035,00	-565,27	-23,64	17039,46	-566,45	-24,09	17038,60	-565,78	-23,86	17040,76	-564,52	-23,30	17041,33	-566,86	-24,40	17043,10
2	-404,00	719,20	54210,00	-405,04	722,30	54199,49	-405,78	722,64	54199,29	-405,09	722,42	54197,93	-407,56	720,42	54196,77	-404,69	722,77	54195,39
3	-536,00	-1066,93	25003,33	-536,27	-1063,65	25000,62	-536,68	-1063,76	25000,95	-536,08	-1062,68	25001,00	-536,07	-1058,88	25004,00	-534,77	-1057,99	25001,55
4	200,33	-15,80	-7065,00	199,88	-12,99	-7067,33	200,07	-13,51	-7067,12	199,72	-12,55	-7067,69	199,49	-12,04	-7068,21	199,14	-12,38	-7067,99
5	-231,33	408,20	-7006,67	-234,04	413,25	-7012,52	-233,55	412,48	-7011,79	-233,57	413,10	-7012,50	-234,39	414,22	-7014,14	-233,96	413,09	-7014,38
6	260,00	-3080,00	-142845,00	255,73	-3098,31	-142822,71	258,53	-3097,94	-142821,37	260,79	-3091,33	-142815,84	257,76	-3100,06	-142810,05	255,61	-3098,29	-142808,38

Одним из способов эффективной обработки и анализа выполненных измерений является их визуализация. Визуализация – это представление в наглядной форме результатов теоретических исследований. В данной работе в качестве инструментального средства интерпретации вертикальных движений земной коры на Таштагольском железорудном месторождении используется программа «SURFER». По результатам вычислений нормалей были построены графики изменения плоскостей конечных треугольных элементов по координатам Z для десяти циклов измерений (рис. 2).

Анализ графиков, полученных с применением метода конечных элементов для исследований вертикальных движений земной коры, позволяет обнаружить значительные деформации треугольников один, два, три после второго цикла наблюдений, что соответствует времени и месту взрывных работ, которые производились на железорудном карьере. После четвертого месяца GPS-измерений, каких-либо сильных изменений в положении плоскостей треугольников не наблюдается, что свидетельствует о стабильности геодезических пунктов по высоте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колмогоров В. Г. Теоретические основы изучения современных деформаций земной поверхности // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 3–7.
2. Вовк И. Г., Бугакова Т. Ю. Теория определения техногенного геодинамического риска пространственно-временного состояния технических систем // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 17–20.
3. Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Оценка изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении угольных месторождений Кузбасса // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 157–160.
4. Голубева А. П., Алексеева З. Е. Современное состояние нормирования геодезических работ с использованием спутниковых навигационных систем // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 3. – С. 33–37.
5. Антонович К. М., Струков А. А. Сравнение результатов линейных измерений, выполненных спутниковыми и традиционными методами геодезии // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 3. – С. 38–42.
6. Есиков Н. П. Тектонофизические аспекты анализа современных движений земной поверхности. – Новосибирск: Наука, 1979. – 182 с.
7. Мазуров Б. Т. Некоторые примеры определения вращательного характера движений земных блоков по геодезическим данным // Геодезия и картография. – 2010. – № 10.
8. Дорогова И. Е. Изучение движений и деформаций земной коры на геодинамическом полигоне Таштагольского железорудного месторождения // Вестник СГГА. – Вып. 2 (13). – Новосибирск: СГГА, 2010. – С. 9–12.
9. Кобелева Н. Н. Использование метода конечных элементов к описанию вертикальных движений земной коры // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 1, ч. 2. – С. 65–67.

© Н. Н. Кобелева, И. Е. Дорогова, 2014

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ В УСЛОВИЯХ ПРОВЕДЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ И ВЫВОЗА ГРУНТА

Валерий Степанович Хорошилов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: khoroshilovvs@mail.ru

Ольга Геннадьевна Павловская

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры высшей математики, тел. (383)344-33-00, e-mail: pavlovskaya@ssga.ru

В статье рассматривается методика анализа и оценки динамики оползней по результатам многолетних геодезических наблюдений за вертикальными перемещениями оползневых знаков на правом берегу реки Ангара в зоне примыкания строящейся каменно-набросной плотины Богучанской ГЭС в условиях проведения взрывных работ и вывоза грунта из карьеров, при отсутствии информации о времени и интенсивности воздействий.

Ключевые слова: геодезические наблюдения; отрицательные и положительные составляющие процесса оползневых перемещений; скорость перемещений; межцикловые интервалы времени; моделирование процесса.

MATHEMATICAL MODELLING OF LANDSLIDE PROCESSES ACCORDING TO GEODETIC DATA IN THE CONDITIONS OF CARRYING OUT EXPLOSIVE WORKS AND SOIL EXPORT

Valery S. Khoroshilov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Prof. of Department of physical geodesy and remote sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: khoroshilovvs@mail.ru

Olga G. Pavlovskaya

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph. D., senior teacher of Department of the higher mathematics, tel. (383)344-33-00, e-mail: pavlovskaya@ssga.ru

The article describes the technique of the analysis and estimation of landslide dynamics by the results of long-term geodetic observations over vertical movements of landslide signs on the bank of the Angara river in the zone of the under construction of stone and ground dam of Boguchansky hydroelectric power station when carrying out explosive works and excavation of ground from open-cast mines in conditions of the absence of information on time and intensity of impact.

Key words: geodetic observations, negative and positive components of the process of landslide movements, velocity of movements, inter cycle time interval, modeling of the process.

Изучения динамики оползневых процессов обуславливается, в первую очередь, опасностью оползневых явлений в зонах строительства и эксплуата-

ции инженерных сооружений таких как крупные гидроэлектростанции, плотины, мосты и др. Объектом наших исследований являлся оползневой процесс, развивающийся в зоне строительства каменно-набросной плотины Богучанской ГЭС в условиях проведения взрывных работ и вывоза грунта из карьеров, представленный геодезическими данными о вертикальных перемещениях оползневых склонов в условия отсутствия информации о местах, времени и интенсивности воздействий. Исследование реакции оползневого склона на взрывы и разгрузку оползневых склонов выполнялось по геодезическим данным о вертикальных перемещениях пяти реперов, закреплённых на его поверхности, которые сохранились от взрывов на протяжении девяти лет. Вертикальные перемещения определялись нивелированием III класса, производившимся по всей правобережной оползневой зоне. Межцикловое уравнивание нивелирной сети было выполнено Е.А. Васильевым [1]. Исходными данными для дальнейших исследований послужили уравненные по циклам высоты реперов и их средние квадратические ошибки. Изучение изменений вертикальных перемещений по времени показало, что количество циклов наблюдений и календарные сроки их выполнения не позволили выявить сезонное влияние природных факторов, подавляемое техногенными воздействиями. Однако при этом просматривалось воздействие взрывов и разгрузки склонов в виде последовательных чередований минусовых и плюсовых значений перемещений оползневых знаков.

Предлагаемая методика оценки мобильности оползней складывается из двух составляющих [2,3]. Первая составляющая относится к поиску инвариантов устойчивых или более устойчивых исходных пунктов из группы оползневых знаков в условиях их мобильности; вторая – к оценке мобильности оползней на основе результатов геодезических наблюдений. В качестве математического аппарата использовался метод исследования взаимной устойчивости исходных реперов, предложенный Ю.Е. Федосеевым [4], позволяющий выявить через межцикловые колебания высот исследуемой группы реперов в системе их средней высоты не только неустойчивые реперы, но и установить величину их смещения. С использованием данного метода были скорректированы высоты всех реперов исследуемой группы, т.е. получены оценки фактических высот реперов [3,5]. На следующем этапе по скорректированным высотам реперов осуществлялся переход от значений перемещений, наблюдавшихся на разновременных межцикловых интервалах, к скоростям этих перемещений. Так нормировались контролируемые параметры исследуемого процесса безотносительно к межцикловым промежуткам времени. На этапе перехода от скорректированных высот реперов от значений перемещений, наблюдавшихся на разновременных межцикловых интервалах к скоростям этих перемещений, в результате сравнительного анализа было установлено, что только в 24 случаях из 120 значения скоростей меньше погрешности их вычисления. Имеющая место близость значений скоростей и их погрешностей обусловлена малыми скоростями на коротких межцикловых интервалах времени, а также недостаточной точностью нивелирования III класса. Тем самым была доказана разнознаковая реакция оползневого склона на взрывные и разгрузочные воздействия. Это дало ос-

нование на следующем этапе исследований конструктивно отдельно рассматривать отрицательные и положительные составляющие процесса вертикальных перемещений в соответствии с его детерминировано-вероятностной природой.

Последующий этап методики исследования процесса разнознаковых оползневых перемещений заключался в его математическом моделировании, складывающемся из ряда процедур. Начальная процедура состояла в отдельном конструировании отрицательных и положительных перемещений, отражающих различную природу реакции склона на взрывы и разгрузку. Далее производилось отдельное центрирование вышеуказанных составляющих процесса, в результате которого выявился характер двух видов влияния техногенных воздействий в форме изменений во времени средних значений перемещений, зафиксированных наблюдениями. Центрированные значения минусовой составляющей процесса имели преимущественно положительную тенденцию развития, а плюсовой составляющей – отрицательную, что подтвердило отмеченное выше компенсационное и инерционное влияние факторов. В целом были получены пять объединённых реализаций центрированного процесса и два графика развития средних минусовых и плюсовых вертикальных перемещений, характеризующих степень влияния каждого из рассматриваемых техногенных воздействий (рис. 1). При этом центрированные значения обеих составляющих процесса отражают преимущественно естественный характер его развития с малой долей влияния техногенных воздействий. Поэтому они оказались близкими между собой, что позволило объединить центрированный процесс в пять реализаций путём осреднения его значений по близкорасположенным соседним сечениям и включения значений отдельных удалённых сечений (рис. 2).

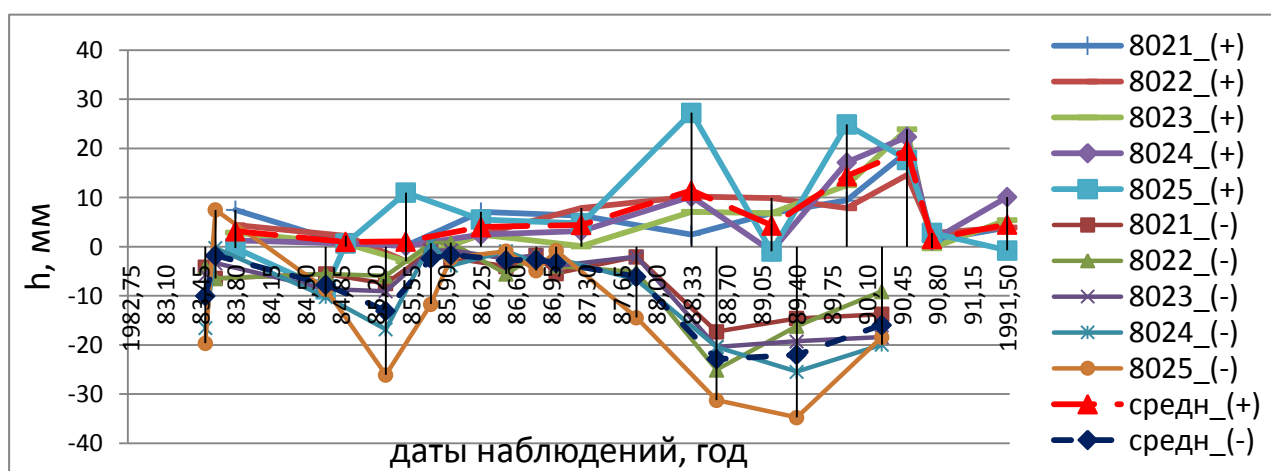


Рис. 1. Результаты отдельного конструирования отрицательных и положительных составляющих процесса вертикальных перемещений

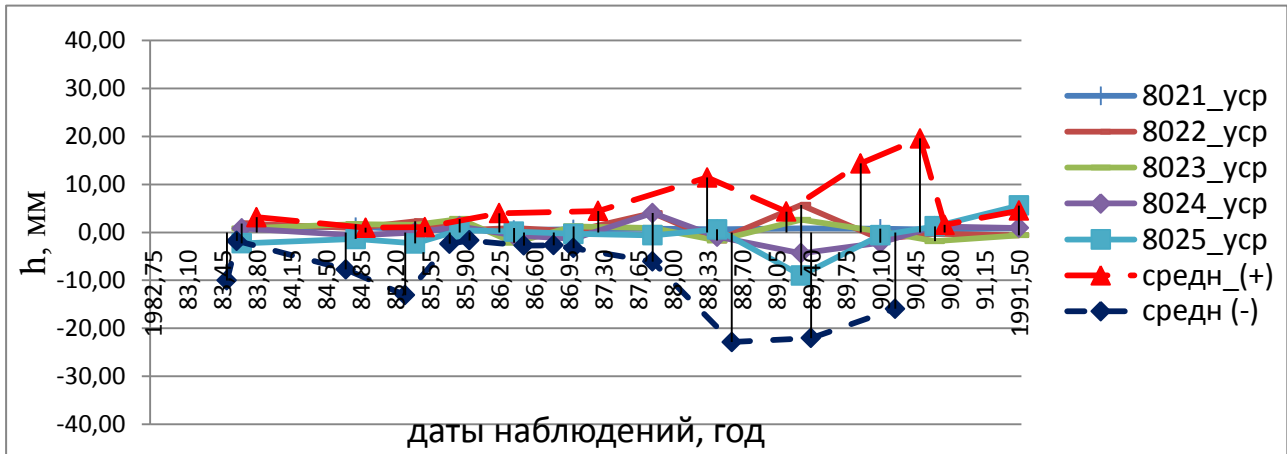


Рис. 2. Объединенный центрированный процесс положительной и отрицательной составляющих в виде пяти реализаций

Последующая процедура заключалась в моделировании пяти центрированных реализаций процесса в кинематической форме в виде закона их распределения, представленного аппроксимированными во времени стандартом и автокорреляционной функцией при нулевом математическом ожидании и обеспечении нормальности распределения в сечениях с использованием математических моделей, разработанных Гуляевым Ю.П. Построенные прогнозные математические модели [3] в виде аппроксимированных во времени стандарта и автокорреляционной функции при нулевом математическом ожидании имеют вид:

$$m_x(t_j)=0; \quad \hat{\sigma}_x(t_j) = 0,8302 \frac{1}{t_j} + 0,3128; \quad \eta_{\sigma t} = 0,998. \quad (1)$$

$$\hat{r}_x = 0,84995 e^{0,02802t_2}; \quad \eta_{rt} = 0,475.$$

Полученный объединенный процесс (не подверженный влиянию техногенных воздействий) является стационарным, нормально распределенным с математическим ожиданием близким к нулю.

Отметим следующее. Раздельное центрирование минусовой и плюсовой составляющих процесса позволило выявить неизвестный ранее характер влияния во времени и по интенсивности двух основных техногенных воздействий, выраженный в форме изменений наблюдаемых средних значений перемещений реперов. При этом центрированные значения минусовой и плюсовой составляющих отражают преимущественно развитие процесса, неподверженное техногенным воздействиям, следовательно, в таком виде можно рассматривать эти составляющие как единый процесс. Выделенные пунктиром на графике границы усредненных центрированных процессов (рис. 2) восстанавливают утрачен-

ную ретроспективу проведения взрывных работ и разгрузки оползневых склонов на основе геодезических данных, что имеет важное значение для последующих этапов исследований. Имеющиеся у авторов топографические карты масштаба 1:5000 с воронками от взрывов позволяют аналитически подсчитать объемы вывезенных скальных пород и рассчитать силу взрывов для «рыхления» этих пород.

Все вышеперечисленные решения и выполненные исследования создают основу для параметрической идентификации в динамической форме исследуемого оползневого процесса путём его конструктивного разделения в виде минусовой и плюсовой составляющих как двух основных воздействующих факторов, а дополнительная модель шумовой компоненты с целью выявления и учета неучтенных факторов при прогнозировании закономерностей оползневого процесса может быть выполнена авторегрессией 1-го или 2-го порядка [6,7]. Так, например, динамическая модель 2-го порядка типа «вход-выход», описывающая в рекуррентной форме скалярный процесс перемещений, возникающий под воздействием двух основных факторов, имеет вид:

$$\begin{aligned} x_k &= \varphi_1 x_{k-1} + \varphi_2 x_{k-2} + \beta_1 u'_k + \beta_2 u''_k + \gamma \omega_k; \\ \omega_k &= \lambda \omega_{k-1} + \mu \omega_{k-2} + \xi_k, \end{aligned} \quad (2)$$

где x_k – выходная переменная, представленная в виде центрированных значений минусовой и плюсовой составляющих как единого процесса, неподверженного техногенным воздействиям на k -м шагу дискретизации модели при величине шага, равной Δt ; u'_k, u''_k – два основных воздействия, проявляющиеся в виде взрывных работ и вывоза больших масс грунта; ω_k – совместное действие неучтенных факторов (шумовая компонента), проявляющееся в виде реакции оползневого склона на взрывы и вывоз больших масс грунта; φ_1, φ_2 – коэффициенты динамики, отражающие соответственно степень влияния на x_k значений перемещений x_{k-1} и x_{k-2} , т.е. инерционные свойства системы; β_1, β_2, γ – коэффициенты, характеризующие соответственно степень влияния двух основных воздействий и шумовой компоненты на величину перемещений; λ, μ – параметры модели шумовой компоненты в виде авторегрессии 2-го порядка; ξ_k – так называемый «белый шум».

Параметры $\varphi_1, \varphi_2, \beta_1, \beta_2, \gamma$ оцениваются по результатам натурных наблюдений (аналитических расчетов) за изменением во времени воздействующих факторов и перемещений; параметры λ, μ оцениваются по остаточным ошибкам аппроксимации оползневого процесса основным уравнением (2); ξ_k – неопределяемый параметр. Прогнозная модель оползневого процесса, построенная по уравнению (2) на периоде основания прогноза, последний шаг дискретизации которой обозначен номером N , имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}\hat{x}_{N+1/N} &= \hat{\phi}_1 x_{N+i-1/N} + \hat{\phi}_2 x_{N+i-2/N} + \hat{\beta}_1 u'_{N+i} + \hat{\beta}_2 u''_{N+i} + \hat{\gamma} \omega_{N+i-1/N}; \\ \hat{\omega}_{N+i/N} &= \hat{\lambda} \hat{\omega}_{N+i-1/N} + \hat{\mu} \hat{\omega}_{N+i-2/N},\end{aligned}\quad (3)$$

при $x_{N/N} = x_N, x_{N-1/N} = x_{N-1}, i = 1, 2, 3, \dots, \hat{\omega}_{N/N} = \hat{\lambda} \frac{\varepsilon_N}{\hat{\gamma}} + \hat{\mu} \frac{\varepsilon_{N-1}}{\hat{\gamma}}$, где ε –

остаточные ошибки.

Вычисленные перемещения реперов по построенной прогнозной модели оползневого процесса по уравнению (3) можно в последующем сравнить с результатами перемещений реперов по прогнозной модели для объединенного процесса в виде аппроксимированных во времени стандарта и автокорреляционной функции при нулевом математическом ожидании по уравнению (1) и оценить результаты вычислений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев Е. А., Гуляев Ю. П., Павловская О. Г. О повышении эффективности геодезических исследований динамики оползневых склонов // Геодезия и картография. – 2010, № 9. – С. 6–9.
2. Павловская О. Г., Хорошилов В. С., Носков М. Ф. Методика выделения однородных оползневых зон по результатам геодезических наблюдений вертикальных перемещений осадочных реперов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 5. – С. 31–34.
3. Хорошилов В. С., Павловская О. Г., Носков М. Ф. Анализ и оценка по геодезическим данным динамики оползней в условиях проведения взрывных работ и разгрузки склонов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4. – С. 19–24.
4. Практикум по прикладной геодезии. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации инженерных сооружений / Е.Б. Ключин, Д.Ш. Михелев, Д.П. Барков и др. – М.: Недра, 1993. – 368 с.
5. Гуляев Ю. П., Павлов А. П. Геодезические исследования техногенной геодинамики на строящейся Богучанской ГЭС // Гидротехническое строительство. – 1993. – № 9. – С. 8–11.
6. Деруссо П. Пространство состояний в теории управления / Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. Пер. с англ. – М., 1970. – 620 с.
7. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Вычислительный эксперимент идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 6. – С. 3–14.
8. Каленицкий А. И., Ким Э. Л. О комплексной интерпретации данных геодезическо – гравиметрического мониторинга техногенной геодинамики на месторождениях нефти и газа // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 3–13.
9. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 3–11.

© В. С. Хорошилов, О. Г. Павловская, 2014

АНАЛИЗ ЗНАЧЕНИЙ АНОМАЛИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, И СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ГЛОБАЛЬНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Борис Анатольевич Харченко

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант, тел. (923)179-98-94, e-mail: boris.1979@mail.ru

В статье рассмотрено исследование значений аномалий силы тяжести локального района Земли по данным, полученным из наземных гравиметрических измерений и восстановленным по глобальной модели гравитационного поля Земли EGM2008. Проведена оценка сравнения значений восстановленных по глобальной модели EGM2008 с данными из наземных гравиметрических измерений.

Ключевые слова: аномалии силы тяжести, глобальные модели гравитационного поля Земли, наземные гравиметрические измерения.

ANALYSIS OF THE SIGNIFICANCE OF GRAVITY ANOMALIES USING DATA OBTAINED FROM GROUND MEASUREMENTS AND CONTEMPORARY GLOBAL MODELS EARTH'S GRAVITATIONAL FIELD

Boris A. Kharchenko

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, graduate student, tel. (923)179-98-94, e-mail: boris.1979@mail.ru

The article discusses the research significance of gravity anomalies on the limited land according to the land-based gravimetric measurements and recovered on a global model of the Earth's gravity field EGM2008. Estimation of the relative values of the global model EGM2008 recovered data from land-based gravity measurements.

Key words: gravity anomalies, global models of the Earth's gravity field, land-based gravity measurements.

Введение. При высокоточных геодезических измерениях, при построении координатных основ, сетей сгущения необходимо знание значений высот квазигеоида, аномалий силы тяжести и составляющих уклонений отвесных линий. Информация об этих величинах может быть получена по локальным либо глобальным моделям гравитационного поля Земли (ГПЗ).

Локальные модели гравитационного поля Земли, созданные в доспутниковые времена, основаны на наземных измерениях и измерениях, производимых с борта самолета или корабля. Появление искусственных спутников Земли (ИСЗ) дало новые возможности в изучении ГПЗ как на локальных территориях, так и в глобальном масштабе для всей поверхности Земли. Объединение спутниковых и наземных измерений позволило создать высокоточные модели глобального ГПЗ, такие как [1]:

- EGM2008, создана группой разработки гравитационной модели Земли Национального агентства географической разведки США в 2008 г.;
- EIGEN-51C, разработана центром геоисследований в Потсдаме (Германия) и группой исследований в области космической геодезии в Тулузе (Франция);
- ГАО2008, разработана в ЦНИИГАиК и 29 НИИ Минобороны РФ в 2008г.

Определять коэффициенты гармоник ГПЗ высокого порядка и степени с достаточно хорошей точностью позволяют новые методы космической геодезии по изучению ГПЗ, к которым относятся спутниковая альтиметрия [2], спутниковая градиентометрия [3], так же повысилась точность наземных измерений.

На сегодняшний день одной из актуальных задач является исследование современных глобальных моделей ГПЗ и возможность использования их для создания локальных квазигеоидов и математических моделей ГПЗ. Этой проблеме посвящено множество исследований и статей [4, 5, 6]. Целью исследования данной статьи является сравнение построенной локальной модели аномалий силы тяжести по результатам судовых гравиметрических измерений 1975 г. Free Air Anomalies и по восстановленным значениям аномалий силы тяжести глобальной модели EGM2008 на территории Ионического моря.

Обзор моделей EGM2008 и Free Air Anomalies. Модель EGM2008 была разработана, чтобы заменить EGM96, которая завершалась степенью и порядком 360, и включала в себя анализ глобальной сетки 30'×30' аномалий силы тяжести в усредненной поверхности в равноугольных геодезических широтах. Основным ключевым моментом в EGM2008 являлось создание глобальной сетки 5'×5' аномалий силы тяжести, т.е. разрешающая способность составила менее 10 км. Эта модель построена на основе наземных данных (суша, море, воздух) и спутниковой альтиметрии, которая дает однородную картину аномалий силы тяжести. Получение же наземных данных сопровождалось трудностями следующего характера: отсутствием измерений или их сомнительным качеством, в результате чего информация заполнялась путем синтеза [1]. Процесс создания и основные характеристики данной модели подробно описаны ее разработчиками в [7].

Карта аномалий в свободном воздухе на территорию северного Ионического моря создана в 1975 г. из совместного исследования Средиземноморья ИОС (ЮНЕСКО), Международной комиссией по научным исследованиям Средиземного моря (ICSEM) и Генеральной комиссией по рыболовству в Средиземном море (FCM), на основе судовых гравиметрических измерений.

На рис. 1 приведены карты аномалий силы тяжести на часть территории Ионического моря, построенные по данным судовых гравиметрических измерений и по модели EGM2008.

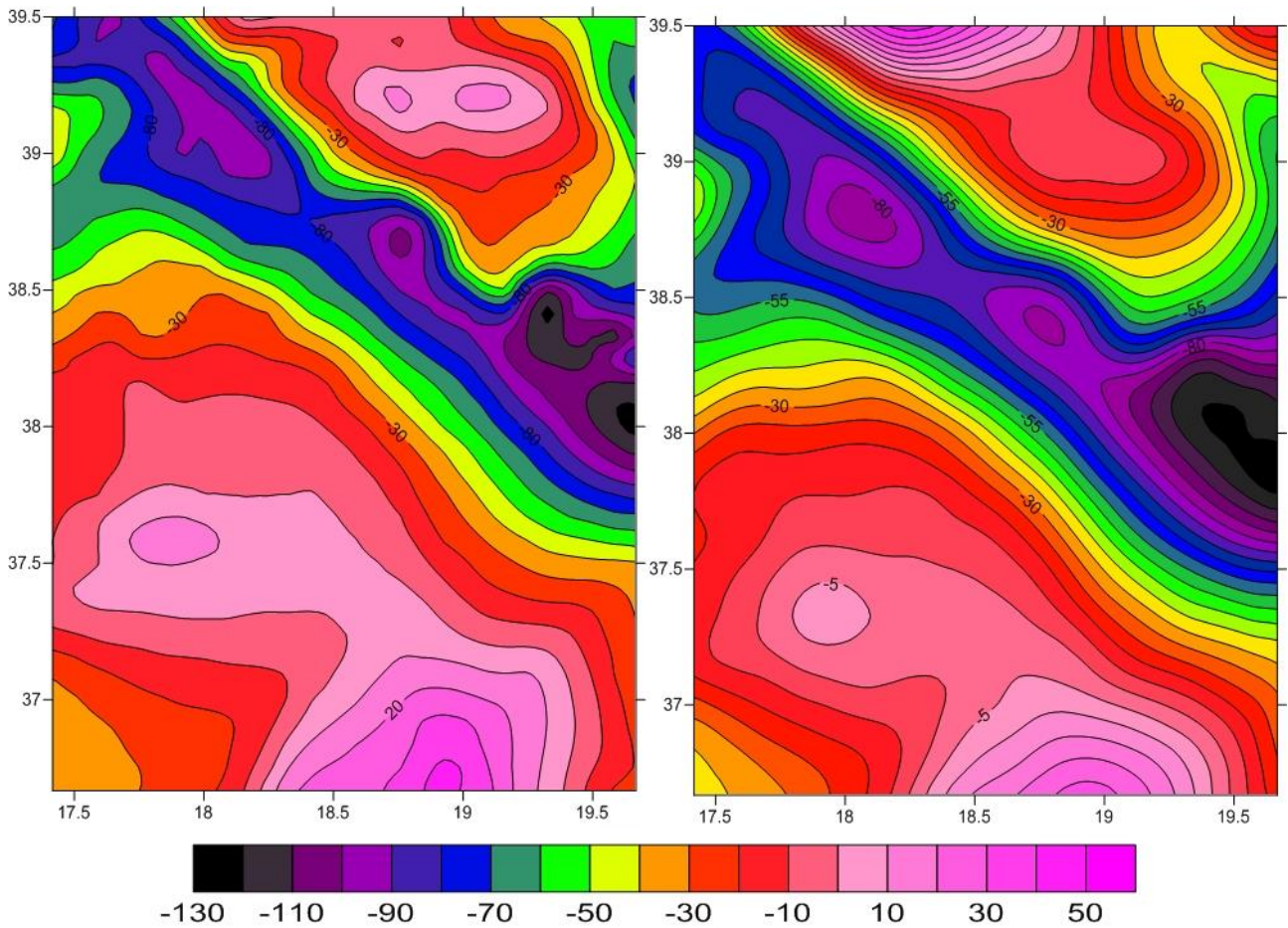


Рис. 1. Картограммы аномалий силы тяжести на часть территории Ионического моря, построенные по данным судовых гравиметрических измерений (слева) и по модели EGM2008 (справа)

Сравнение моделей. Для оценки точности глобальной модели ГПЗ EGM2008 на территории Ионического моря, ограниченной областью размером $2^\circ \times 2,5^\circ$, в качестве эталонных значений использовались результаты судовых измерений аномалий силы тяжести в узлах регулярной сетки $5' \times 5'$.

Аномалии силы тяжести рассчитываются по глобальной модели ГПЗ согласно формуле [8]

$$\Delta g_n = \frac{GM}{r^2} \sum_{n=0}^{N_{\max}} \left(\frac{a}{r}\right)^n (n-1) \sum_{m=0}^n (\overline{\Delta C}_{nm} \cos m\lambda + \overline{\Delta S}_{nm} \sin m\lambda) \overline{P}_{nm}(\sin \phi), \quad (1)$$

где r, λ, ϕ – сферические координаты пункта; GM – геоцентрическая гравитационная постоянная; a – большая полуось Земли; $\overline{P}_{nm}(\sin \phi)$ – полностью нормированные присоединенные функции Лежандра; $\overline{C}_{nm}, \overline{S}_{nm}$ – нормированные гармонические коэффициенты геопотенциала.

Значения аномалий силы тяжести восстановленных по глобальной модели EGM2008 получены с помощью программного комплекса kpp1.exe, разработанного в лаборатории физической геодезии СГГА [9].

В табл. 1 представлен фрагмент полученных результатов значений аномалий силы тяжести, полученных по результатам судовой гравиметрической съемки 1975 г. и восстановленных по глобальной модели ГПЗ EGM2008 согласно (1) и разности между ними в мГал.

Таблица 1

Значения аномалий силы тяжести и разностей между ними

φ о'	λ о'	Δg_{1975} мГал	Δg_{2008} мГал	$\Delta g_{1975} - \Delta g_{2008}$ мГал
36 40	17 25	- 31,181	- 36,920	5,739
36 45	17 25	- 32,463	- 36,557	4,095
36 50	17 25	- 33,111	-35,161	2,050
36 55	17 25	- 32,813	- 32,013	- 0,800
...				
39 10	19 40	- 70,000	- 50,718	- 19,822
39 15	19 40	- 72,727	- 44,052	- 28,675
39 20	19 40	- 66,667	- 35,948	- 30,719
39 25	19 40	- 56,250	- 22,924	- 33,326

Стандартное отклонение разности между измеренными и вычисленными значениями аномалий силы тяжести σ_{Δ} составило 18,39 мГал и было рассчитано по формуле [10]

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{1}{n-1} (\delta\Delta g_i - \overline{\delta\Delta g})^2}, \quad (2)$$

На рис. 2 показана гистограмма отклонений аномалий силы тяжести модели EGM2008 от данных, полученных из наземных измерений.

Анализируя полученные данные, представленные на рис. 2 видно, что большая часть значений аномалий силы тяжести вычисленных по модели EGM2008 не отклоняется от «эталонных» значений более, чем на 25 мГал, а по данным представленным на рис. 1, можно сказать, что представленные модели имеют «внешнее» сходство. Чтобы более наглядно представить расхождения была составлена картосхема, представленная на рис. 3, по разностям между значениями аномалий силы тяжести, полученных по исследуемым моделям.

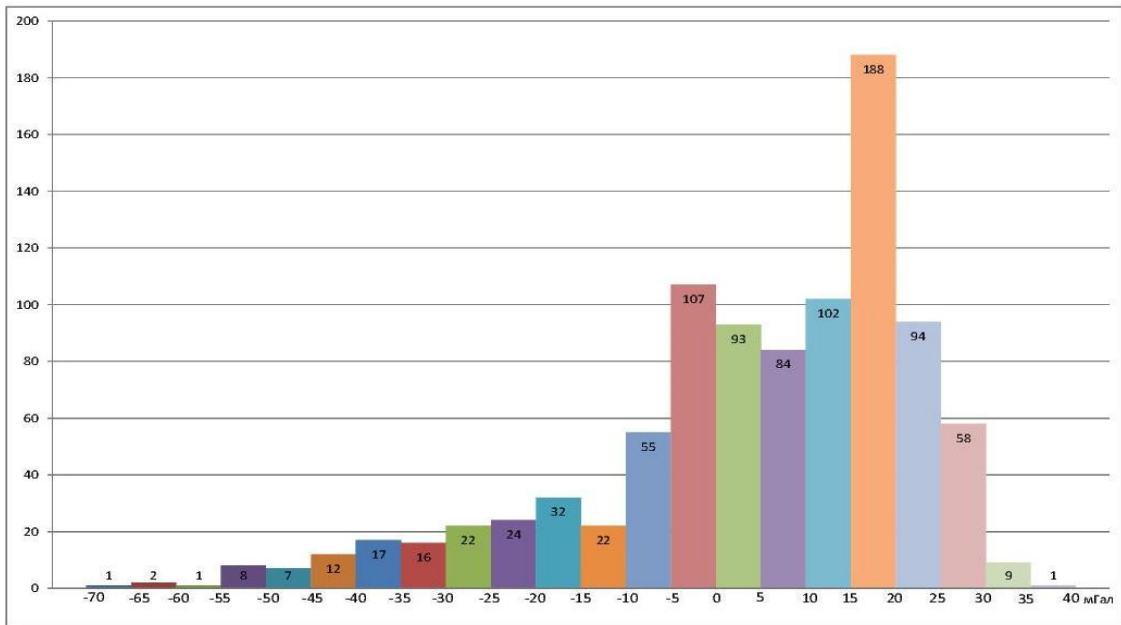


Рис. 2. Гистограмма разностей аномалий силы тяжести по наземным измерениям и модели EGM2008

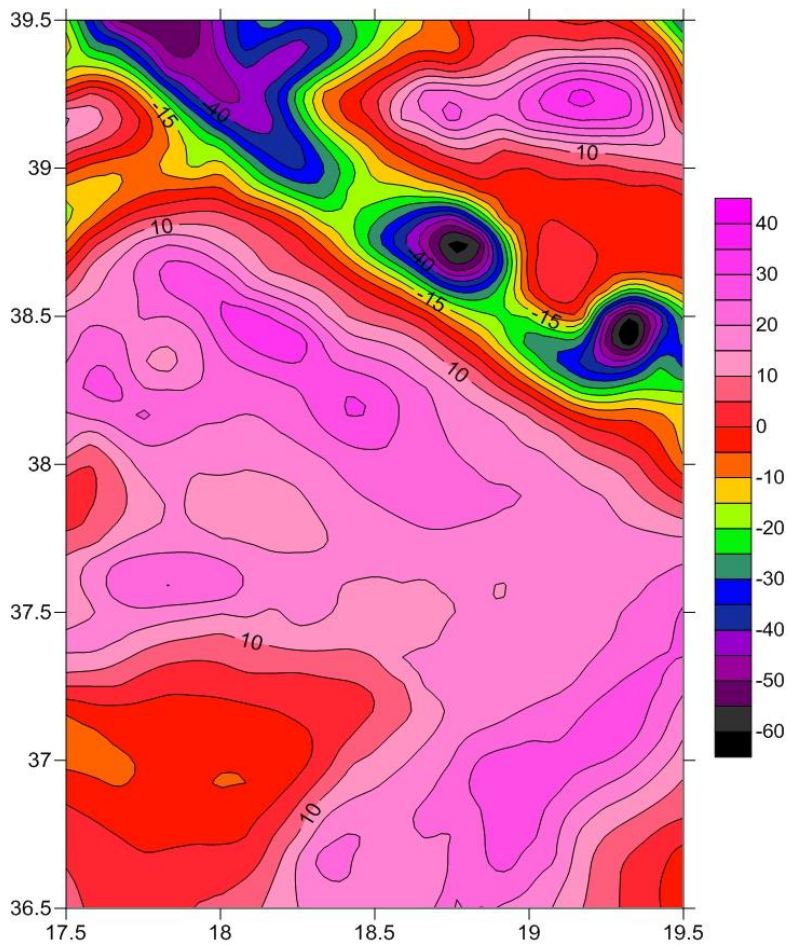


Рис. 3. Картограмма разностей, измеренных значений аномалий силы тяжести и вычисленных по модели EGM2008

На картосхеме видны две области сильного отклонения, порядка от 50 до 70 мГал, в восточной части Ионического моря, где берет свое начало система хребтов, протягивающихся полукругом вдоль западных берегов Пелопонесса, как показано на рис. 4.

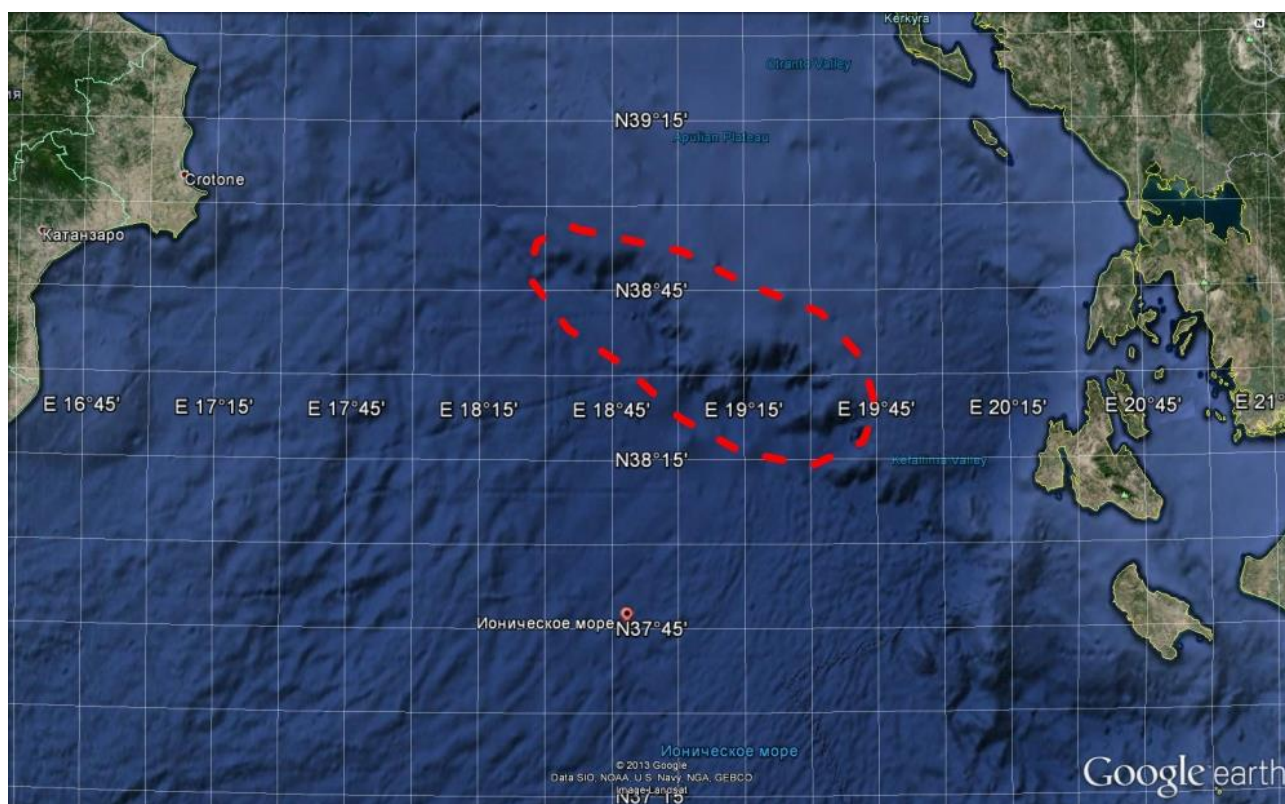


Рис. 4. Система хребтов ионического моря

Из всего вышесказанного можно заключить, что для построения математических моделей ГПЗ на ограниченном участке местности, в частности Ионического моря, необходимо использовать данные не только глобальных моделей ГПЗ, но и привлекать значения, полученные по наземным измерениям. Даже для равнинных районов эти модели не дают достаточной точности определения аномалий силы тяжести, которые удовлетворяли бы требуемой точности при создании локальных моделей [11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сугаипова Л. С. сравнение современных моделей глобального гравитационного поля Земли // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 6. – С. 14–20.
2. Баскаков А. И., Бондур В. Г., Егоров В. В. Спутниковая альтиметрия: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://d902.iki.rssi.ru/theses/cgi/thesis.pl?id=754>
3. Koop R. Global gravity field modeling using satellite gravity gradiometry: monograph. – Printed by W. D. Meinema B. V., DELFT, the Netherlands, 1993. – 240 p.

4. Войтенко А. В. Анализ получения нормальных высот точек земной поверхности с использованием данных спутникового позиционирования и математических моделей высот геоида и квазигеоида на территории Омской области // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2011. - №3(42) – С.60 – 63
5. Остроумов Л.В., Остроумов В.З. Определение высот уровенных постов по данным ГНСС и модели квазигеоида в Азово-Черноморском регионе // Геопрофи. – 2013. - №3 – С.20 – 23
6. Сидоренко А.И. Некоторые результаты применения модели геоида EGM2008 в сопоставлении с другими моделями // Земля и недвижимость Сибири. – 2009. - №5(19) – С.30 – 34
7. Some Aspects of Harmonic Analysis of Harmonic Analysis of Date Gridded on the Ellipsoid (2008) [Electronic resource] / Simon A. Holmes and Nikolaos K. Pavlis / - Англ. – Режим доступа: www.docstoc.com/docs/2384486/Some-Aspects-of-Harmonic-Analysis-of-Harmonic-Analysis-of-Date-Gridded-on-the-Ellipsoid.
8. Торге В. Гравиметрия: Пер. с англ. – М., Мир, 199. – 429 с., ил.
9. Ганагина И. Г., Канушин В. Ф., Голдобин Д. Н. Современные проблемы физической геодезии: методические указания к выполнению курсовой научно-исследовательской работы для студентов геодезических специальностей. – Новосибирск: СГГА, 2012.
10. Корн Г. Справочник по математике (для научных сотрудников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. – М., Наука, 1973 – 832 с.
11. ГКИНП (ГНТА)-04-122-03. Инструкция по развитию высокоточной государственной гравиметрической сети России [Текст]: нац. стандарт РФ. – Введ. 1.02.2004. - Роскартография, 2004. – 141 с. – (Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила).

© Б. А. Харченко, 2014

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВАНТОВЫХ МОСТОВ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ

Борис Тимофеевич Мазуров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Фундаментальной научной основой математического моделирования здесь приняты понятия, категории, принципы, подходы и концептуальные положения теории математического моделирования и идентификации геодинамических систем (ГДС) по многомерным пространственно-временным рядам геодезических наблюдений. ГДС (объекты, процессы, явления) принято подразделять на глобальные (планетарные), региональные и локальные. В локальные ГДС могут включаться объекты инженерной геодинамики. Примером инженерно-технического объекта, требующего геодезического мониторинга, является подвесной (вантовый) мост. Здесь предложены варианты математического моделирования динамики мостов по результатам ГНСС-наблюдений с учетом факторов внешней среды, влияющих на состояние мостов.

Ключевые слова: геодинамические объекты, инженерные сооружения, геодезические наблюдения, математическое моделирование.

THEORETICAL BASIS OF MODELING DYNAMICS OF BRIDGES USING GEODETIC OBSERVATIONS

Boris T. Mazurov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph. D., Prof. of Department of physical geodesy and remote sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

The geodynamic objects (processes, phenomena) are considered as complicated and hierarchically opened (generally nonlinear) geodynamic systems. They are classified as global (planetary), regional and local objects. The objects of engineering geodynamics, consisting of two subsystems, that is, engineering structures and geophysical environment, can be included in the latter. These problems reflect the necessity for a comprehensive approach to investigations of various natural and technogenic geodynamic systems on an experimental basis. This is particularly referred to a problem of mathematical modeling (simulation) and identification of the stressed-deformed state of geodynamic systems. The problem of mathematical modeling and identification of the stressed-deformed state of geodynamic systems is solved in our formulation by spatio-temporal series of heterogeneous combined geodetic and geophysical observations in the light of prediction of natural and technogenic catastrophes.

Key words: geodynamic objects, engineering structures, geodetic observations, mathematical modeling.

При выполнении математического моделирования основой служили понятия, категории, принципы, подходы и концептуальные положения теории математического моделирования и идентификации геодинамических систем (ГДС)

по многомерным пространственно-временным рядам геодезических наблюдений [1]. ГДС (объекты, процессы, явления) принято подразделять на глобальные (планетарные), региональные и локальные. В локальные ГДС могут включаться объекты инженерной геодинамики, состоящие из двух подсистем – инженерные сооружения и геолого-геофизическая среда.

Примером инженерно-технического объекта, требующего геодезического мониторинга, является подвесной (вантовый) мост. Пролетные строения таких конструкций состоят из балок жесткости и поддерживающих их растянутых, гибких, прямолинейных стержней - вант, закрепленных на пилонах. В мире насчитывается более 1100 вантовых и подвесных мостов, в том числе с длиной пролета более 300 м - порядка 60.

Недостатками висячих мостов являются: слабая жесткость моста, которая не позволяет передвигаться по нему во время шторма или сильного ветра (урагана). Во время сильного ветра основные опоры моста подвергаются сильным крутящим моментам, что требует установки таких опор на хорошем и мощном фундаменте; при сосредоточенной нагрузке (как правило, случайной) в одной части моста, может произойти сильный изгиб. Соответственно практически невозможно строительство железнодорожных мостов висячего типа из-за чрезмерных нагрузок при эксплуатации. В качестве основного средства мониторинга в настоящее время следует рассматривать спутниковые геодезические приемники [2], поскольку они обладают возможностью непрерывного выполнения измерений вне зависимости от погодных условий.

Таким образом, подвесные мосты могут рассматриваться как геодинамические системы (ГДС). Параметры ГДС зависят как от времени t , так и от пространственных координат $X(x, y, z)$. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики [3, 4] имеет важное практическое значение при решении задач проектирования и эксплуатации, при определении допустимых нагрузок и других задачах.

Структура и параметры геодинамических процессов, как правило, недоступны для непосредственного измерения и могут оцениваться только косвенно - по результатам наблюдений в пространстве и времени некоторых величин, являющихся функционалами таких параметров. Это обстоятельство приводит к проблеме идентификации динамических систем (объектов, процессов, явлений) в широком смысле, заключающейся не только в оценивании параметров, но и в определении пространственно-временной структуры модели системы. Структура определяет упорядоченность в пространстве и времени элементов объекта (системы); при этом элементами могут являться процессы, а также свойства и отношения. Формирование моделей на основе результатов наблюдений и исследование их свойств – вот, по существу, основное содержание науки. Модели связывают наблюдения в некую общую картину.

При математическом моделировании ГДС (земной коры, инженерной геодинамики, инженерных сооружений) наряду с моделями движений жестких тел, колебаний и других используются модели механики сплошных сред, в частности, теории упругости. Методами теории упругости определяются напряженно-

деформированное состояние (НДС) идеализированных моделей сплошной среды и простейших конфигураций изучаемых областей [3, 4], горных массивов, плотин, мостов, геологических структур, испытывающих силовые, температурные, кинематические и др. воздействия [5-11], а также допустимые нагрузки, при которых в рассчитываемом объекте не возникают напряжения или перемещения, опасные с эксплуатационной точки зрения. Актуальными являются вопросы математического моделирования геодинамических процессов имеющих вращательные последующие проявления на земной поверхности и их компьютерного анализа и визуализации [12-14].

Структурная схема идентификации движений и напряженно-деформированного состояния геодинамических систем по пространственно-временным рядам геодезических и геофизических наблюдений приведена на рисунке. При этом НДС $\Sigma(X, t)$ представлена дискретными пунктами геодезических и геофизических наблюдений P .

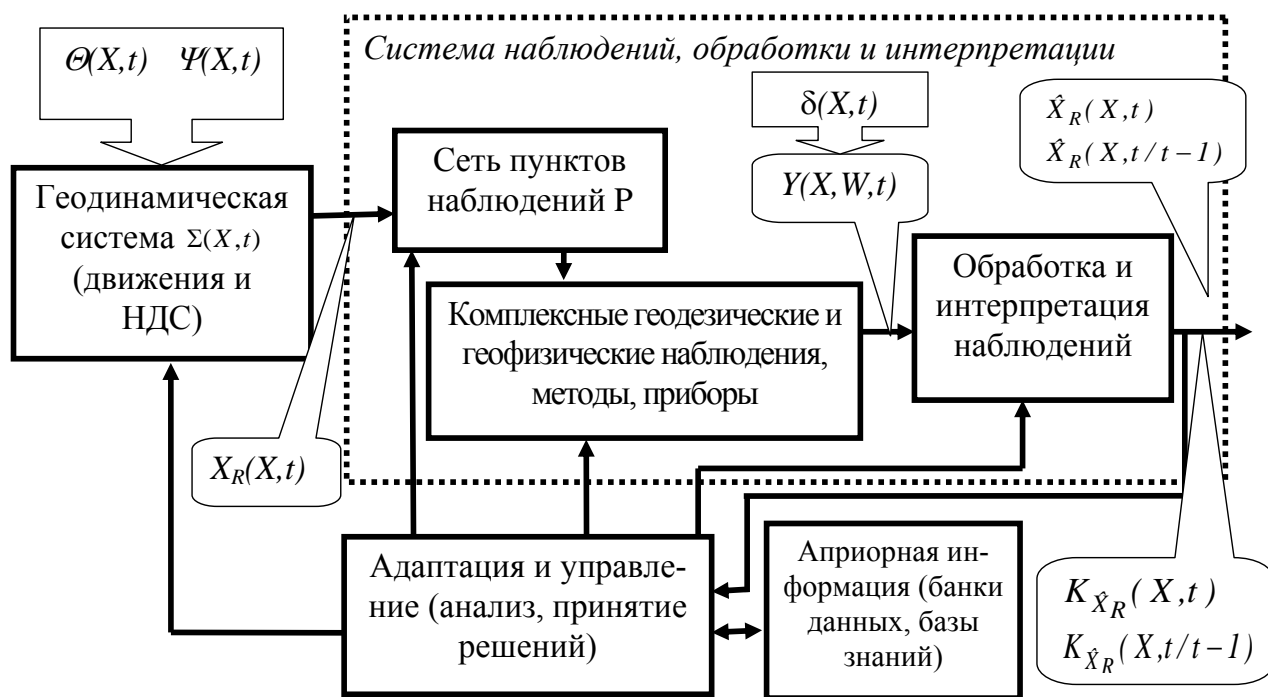


Рис. Структурная схема идентификации НДС геодинамических систем по пространственно-временным рядам комплексных геодезических и геофизических наблюдений

Существует много подходов к моделированию природно-технических систем, основанных на различных математических теориях и методах. Например, в работах [1, 3, 4] предложено считать адекватным математическим аппаратом обработки комплексных разнородных геодезических и геофизических наблюдений аппарат рекуррентного адаптивного фильтра Калмана-Бьюси (ФКБ). Алгоритм ФКБ позволяет определять оптимальные в смысле критерия

$\min \text{tr} K_{X_R}(X, t)$ (минимума обобщенной дисперсии) текущие оценки расширенного вектора параметров состояний $\hat{X}_R(X, t)$, а также одношаговые прогнозные фоновые оценки (условное математическое ожидание) этого вектора.

Если нет каких-либо теоретических соображений для подбора вида формулы, обычно выбирают функциональную зависимость из числа наиболее простых, сравнивая их графики с графиком заданной функции. Нельзя указать общего метода для нахождения наилучшего типа формулы, соответствующей опытным данным. Удачный выбор эмпирической формулы в значительной мере зависит от опыта и искусства составителя. Известен тезис, что моделирование – сплав науки и искусства [15].

В некоторых случаях выбор типа эмпирической формулы может быть сделан на основе теоретических представлений о характере изучаемой зависимости. В других случаях удастся подобрать такую формулу, сравнивая кривую, построенную по данным наблюдения в декартовых или специальных системах координат с образцами известных кривых (отдельные неправильности при этом игнорируются).

Нередко употребляются такие элементарные функции, как дробно-линейная, степенная, показательная, логарифмическая и т.п. Наиболее употребительными методами для определения параметров эмпирической формулы являются метод выбранных точек, метод средних, метод наименьших квадратов. Не останавливаясь подробно на их описании, заметим:

1) Метод выбранных точек содержит геометрические построения, допускающие некоторый произвол, и поэтому является грубым. К нему следует прибегать в тех случаях, когда точность исходных данных относительно невелика.

2) Результаты метода средних существенно зависят от способа группировки разностей аппроксимирующей функции и результатов измерений. Наиболее удачные формулы получаются, если отклонения группируются в порядке последовательности их номеров, и каждая группа отклонений содержит по возможности одинаковое число членов.

3) Метод наименьших квадратов обладает тем преимуществом, что если сумма S квадратов отклонений мала, то сами эти отклонения также малы по абсолютной величине. Для метода средних, где составляется алгебраическая сумма отклонений, такого вывода сделать нельзя.

При изучении сложных объектов число параметров математической модели может быть велико, вид функции $f(x)$ очень сложен. Поэтому эту сложную функцию $f(x)$ приближенно заменяют более простой функцией $\varphi(x)$, которую нетрудно вычислить при любом значении аргумента в заданном интервале его изменения. Введенную функцию $\varphi(x)$ можно использовать не только для приближенного определения численных значений $f(x)$, но и для проведения предварительного анализа при теоретическом исследовании объекта.

Чаще всего в качестве аппроксимирующих функций $\varphi(x)$ используют степенные полиномы, полиномы Лежандра, Ньютона, Чебышева, сплайны. Во

многих случаях можно ограничиться степенным полиномом $P_n(x)$, имеющего следующий канонический вид:

$$\varphi(x) = P_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n.$$

В формуле a – параметры (коэффициенты), x – аргумент. Например, аргументом может быть время наблюдения позиции геодезических пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем по комплексным геодезическим и геофизическим наблюдениям: монография / В. А. Середович [и др.]. – Новосибирск: СГГА. 2004. – 356 с.

2. F. Zarzoura, R. Ehigiator–Irughe1, B. Mazurov, Accuracy Improvement of GNSS and Real Time Kinematic Using Egyptian Network as a Case Study F. Zarzoura, / Computer Engineering and Intelligent Systems ISSN 2222-1719 (Paper) ISSN 2222-2863 Vol.4, No.12, 2013.

3. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Математическое обеспечение идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 5. – С. 3–13.

4. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Вычислительный эксперимент идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 6. – С. 3–14.

5. Мазуров Б. Т. Математическая обработка нивелирных и гравиметрических наблюдений в условиях извлечения и перемещения больших объемов руды и пород // Изв. вузов. Горный журнал. – 2006. – № 4. – С. 99–104.

6. Мазуров Б. Т. Модель вертикальных движений земной поверхности и изменений гравитационного поля в районе действующего вулкана // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 2. – С. 97–106.

7. Мазуров Б. Т. Совместная математическая обработка и интерпретация нивелирных и гравиметрических наблюдений за вертикальными движениями земной поверхности и изменениями гравитационного поля в районе действующего вулкана // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 4. – С. 11–20.

8. Мазуров Б. Т. Модель системы наблюдений за вертикальными движениями земной поверхности и изменениями гравитационного поля в районе действующего вулкана // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 3. – С. 93–102.

9. Мазуров Б. Т. Совместная математическая обработка разнородных комплексных геодезических и геофизических наблюдений // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 6. – С. 30–39.

10. Мазуров Б. Т. Идентификация напряженно-деформированного состояния вулканической области по результатам геодезических и геофизических наблюдений // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 7. – С. 58–62.

11. Хорошилов В. С., Павловская О. Г., Носков М. Ф. Анализ и оценка по геодезическим данным динамики оползней в условиях проведения взрывных работ и разгрузки склонов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4. – С. 19–24.

12. Мазуров Б. Т. Компьютерная визуализация полей смещений и деформаций // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 51–55.

13. Мазуров Б. Т. Некоторые примеры определения вращательного характера движений земных блоков по геодезическим данным // Геодезия и картография. – 2010. – № 10. – С. 58–59.

14. Мазуров Б. Т., Дорогова И. Е., Дербенев К. В. Горизонтальные движения земной коры вращательного характера, наблюдаемые на геодинамических полигонах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 232–236.

15. Мазуров, Б. Т. Математическое моделирование по геодезическим данным: учеб. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2013. – 127 с.

© *Б. Т. Мазуров, 2014*

МОНИТОРИНГ МОСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНСС

Фавзи Хамед Зарзура

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. 965-823-81-89, e-mail: fawzyhamed2011@yahoo.com

Борис Тимофеевич Мазуров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Безопасность мостов при их эксплуатации является актуальной проблемой. Здесь сделана оценка комплексной системы мониторинга для наблюдения и оценки структурных деформаций мостов с использованием геодезических методов и современных систем геодезического позиционирования (ГНСС). Важным является выбор и реализация математических основ комплексного анализа результатов измерений различных видов. Смещения пунктов моста зависят не только от времени. Следует сказать о влиянии транспортного движения и ветра на природно-техническую систему вантового моста. Это усложняет задачу построения прогнозной модели.

Ключевые слова: ГНСС, мониторинг, математическое моделирование.

MONITORING BRIDGES USING GNSS

Favzi H. Zarzoura

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, gradual student tel. 965-823-81-89, e-mail: fawzyhamed2011@yahoo.com

Boris T. Mazurov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph. D., Prof. of Department of physical geodesy and remote sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

The geodynamic Bridges safety during their operation is an urgent problem. This research introduces an integrated monitoring system for observing and evaluation structural deformation behavior of bridges using modern geodetic positioning systems (GNSS). The aim is the selection and realization the mathematical model of complex analysis of the results of measurements. Displacement of the bridges points depend not only on time, the impact of traffic capacity and wind on the natural- technical system of suspension bridge should be taken into consideration. This makes it difficult task of constructing a predictive model.

Key words: GNSS, monitoring, mathematical model.

При мониторинге природно-технических систем геодезическими методами необходим системный подход при математической обработке наблюдений и определении адекватных прогнозных моделей [1-3]. При очень часто употребляемых в настоящее время ГНСС-технологиях [4-7] должны быть учтены точ-

ностные параметры координатных определений и высокая временная частота их получения. Последующая корректная математическая обработка должна включать обязательным образом определение (выбор) аппроксимирующих моделей. Практическим важным следствием являются обоснованная оптимизация проектирования мостов и слежения за их безопасным состоянием в процессе эксплуатации.

Таким образом, актуальным является уточнение математического обоснования, которое бы в реальном времени обеспечивало обработку кинематических данных (RTK)-GPS для структурного мониторинга и обеспечивало бы прогнозирование смещений и деформаций во времени [8, 9]. Отмечаем, что структурные качества инженерных сооружений, к которым относятся, в частности, вантовые мосты, определяют во многом класс моделей-претендентов на описание с целью прогноза динамики сооружений. И, конечно, желательным является учет внешних воздействий на природно-технические системы. Для вантовых мостов, в основном, это влияние ветра (wind) и транспортное движение (traffic).

Имеется несколько математических алгоритмов обработки экспериментальных данных с возможностью выбора аппроксимирующих моделей. Конечно, в первую очередь, это метод наименьших квадратов (МНК) с модификациями, возможно. Ниже ввиду его распространенности очень кратко показан алгоритм нахождения параметров аппроксимирующей модели. Конечно же, для мониторинга с использованием ГНСС и вообще для любого мониторинга аргументом является время.

$$\frac{d\Delta}{da_n} = (t_i - t_0)^n \quad , \quad \frac{d\Delta}{da_0} = 1$$

$$A \cdot \Delta + L = V$$

$$A = \begin{bmatrix} (t_1 - t_0)^n & (t_1 - t_0)^{n-1} & \Lambda & 1 \\ M & M & O & M \\ M & M & O & 1 \\ (t_i - t_0)^n & (t_i - t_0)^{n-1} & \Lambda & 1 \end{bmatrix} \quad , \quad L = \begin{bmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ M \\ \Delta_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ M \\ a_n \end{bmatrix} = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot (A^T \cdot L)$$

Но, существует много иных подходов к моделированию природно-технических систем, основанных на различных математических теориях и методах. Например, в работах [1, 3, 4] предложено считать адекватным математическим аппаратом обработки комплексных разнородных геодезических и геофизических наблюдений аппарат рекуррентного адаптивного фильтра Калмана-

Бьюси (ФКБ). Алгоритм ФКБ позволяет определять оптимальные в смысле критерия $\min \text{tr}K_{X_R}(X, t)$ (минимума обобщенной дисперсии) текущие оценки расширенного вектора параметров состояний $\hat{X}_R(X, t)$, а также одношаговые прогнозные фоновые оценки (условное математическое ожидание) этого вектора. Для обработки ГНСС определений вантовых мостов был нами использован, в частности, фильтр Калмана. Рис. 1 иллюстрирует алгоритм с его использованием.

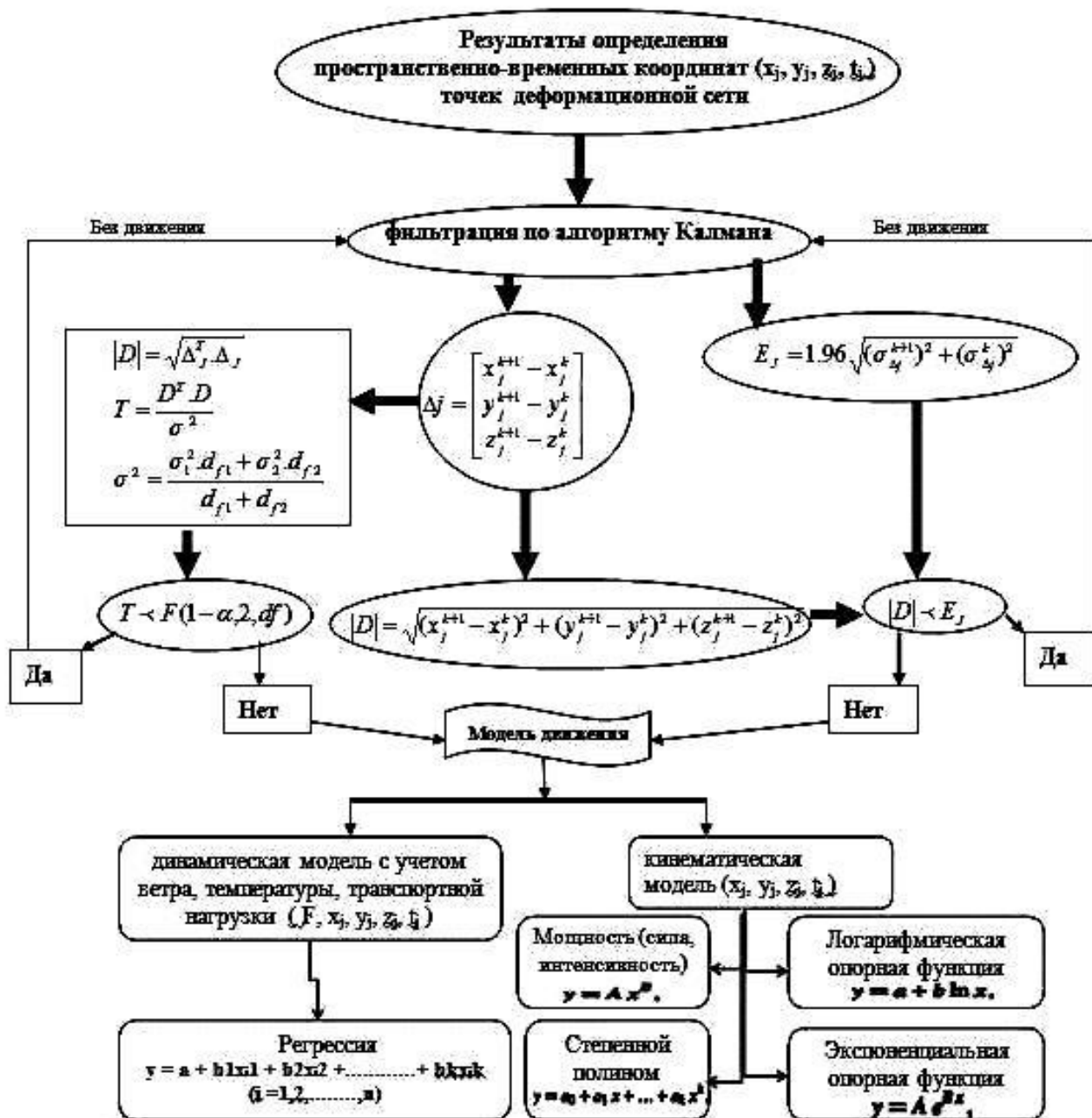


Рис. 1. Алгоритм нахождения аппроксимационной модели с использованием фильтра Калмана

Аксиомами при математическом моделировании систем (природно-технических, в том числе) являются выдвижение гипотез и последующее создание класса моделей-претендентов для выполнения статистически обоснованной процедуры выбора из них наиболее адекватной [1, 3].

В табл. 1 представлены некоторые основания выбора классов возможных моделей для описания деформационного состояния природно-технических систем.

Таблица 1

Характеристика и классификация моделей

модель деформации	сравнительная модель	кинематическая модель	статическая модель	динамическая модель
время	нет моделирования	движение как функция времени	нет моделирования	Движение в зависимости от времени и нагрузки
действующие силы	нет моделирования	нет моделирования	смещение в зависимости от нагрузки	
состояние объекта	достаточно в равновесии	постоянно в движении	достаточно в равновесии	постоянно в движении

Исследование вариантов математического моделирования выполнялось, в том числе, на реальных объектах - вантовых мостах. Один из вантовых мостов в городе NanGu. Весь мост имеет четыре полосы движения с общей протяженностью 510,00 метров, а длина главного пролета моста равна 260,00 метров. GPS наблюдения выполнялись в режиме реального времени - кинематическая (RTK) с дифференциальной системой GPS (DGPS). Приемники LEICA GMX902 антенна (код 24 канала L1/L2 и фаза, скорость передачи данных 20 Гц). Станции наблюдения были закреплены на пилонах мостах и наблюдались сутки. Скорость сбора данных была 72000/час.

Были рассмотрены варианты моделирования смещений мостовых пилонов, полученных из ГНСС наблюдений. Была выполнена оценка аппроксимирующих моделей. Выбор делался для степенных полиномов разных степеней (табл. 3) с помощью критерия R^2 .

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1.0 - \frac{SSE}{SST} \quad 0 \leq R^2 \leq 1,$$

где $SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$, $SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$, $SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$

или $SST = SSE + SSR$.

\hat{Y}_i - значение функции, рассчитанное с использованием выбранной модели, \bar{Y} - среднее по всему ряду наблюдений Y_i .

Наиболее адекватным описанием кинематики пилонов моста был определен степенной полином 4-й степени. В сравнении с полиномами степени 1, 2, 3 и 5 критерий у полинома 4-й степени оказался $R^2=1$. Он был наиболее лучшим в смысле выбора адекватной степенной модели.

dx1	$x = -5 \cdot 10^{-5} t^4 - 0.0001 t^3 + 0.003 t^2 - 0.011 t + 0.002$
dy1	$y = -0.0001 t^4 + 0.002 t^3 - 0.008 t^2 + 0.012 t - 0.001$
dx2	$x = 0.0001 t^4 - 0.003 t^3 + 0.018 t^2 + 0.032 t + 0.003$
dy1	$y = 3 \cdot 10^{-5} t^4 - 0.0001 t^3 + 0.006 t^2 - 0.017 t + 0.004$

Таким образом, эти модели были выбраны для данной природно-технической системы с целью прогнозирования ее кинематического поведения. Реальные данные наблюдений и их математическая обработка показали, что южный пилон вернулся в исходное положение спустя десять месяцев. Следует сказать о влиянии транспортного движения и ветра на природно-техническую систему вантового моста. Это усложняет построение прогнозной модели.

Таким образом, нами показана необходимость корректной математической обработки мониторинговых ГНСС-определений и последующего построения аппроксимационных моделей пространственно-временного поведения исследуемого объекта. Отмечаем, что геодезические методы, использующие DGPS и RTK, могут предоставить ценные данные для оценки состояния деформационных конструктивных элементов инженерных сооружений, мостов, в том числе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем по комплексным геодезическим и геофизическим наблюдениям: монография / В. А. Середович [и др.]. – Новосибирск: СГГА. 2004. – 356 с.
2. Мазуров Б. Т. Компьютерная визуализация полей смещений и деформаций // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 51–55.
3. Мазуров, Б. Т. Математическое моделирование по геодезическим данным: учеб. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2013. – 127 с.
4. F. Zarzoura, R. Ehigiator–Irughe1, B. Mazurov, Accuracy Improvement of GNSS and Real Time Kinematic Using Egyptian Network as a Case Study F. Zarzoura, / Computer Engineering and Intelligent Systems ISSN 2222-1719 (Paper) ISSN 2222-2863 Vol.4, No.12, 2013. P. 1-8.
5. Ashraf A. A. Beshr“ monitoring the structural deformation of tanks”, Egypt 2012 text book. – 272 p.
6. Зарзура Ф. Х., Мазуров Б. Т. Исследование кодовых и фазовых дифференциальных ГНСС и систем WADGPS и OmniSTAR // Геодезия и картография. – №7. – 2013. – С. 2–4.

7. G. Roberts, E. Cosser, X. Meng, A. Dodson, A. Morris and M. Meo, "A Remote Bridge Health Monitoring System Using Computational Simulation and Single Frequency GPS Data," Proceedings of 11th FIG Symposium on Deformation Measurements, Santorini, 25-28 May 2003.

8. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Математическое обеспечение идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 5. – С. 3–13.

9. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Вычислительный эксперимент идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 6. – С. 3–14.

© Ф. Х. Зарзура, Б. Т. Мазуров, 2014

ДИНАМИКА МОСТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНСС-ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ВЕТРА И ТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Фавзи Хамед Зарзура

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. 965-823-81-89, e-mail: fawzyhamed2011@yahoo.com

Борис Тимофеевич Мазуров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Такие инженерные сооружения, как мосты, являются важным и широко используемым элементом региональной и городской инфраструктуры для обеспечения движения транспорта. Одним из элементов системы обеспечения их эксплуатационной безопасности является геодезический мониторинг с использованием ГНСС-технологий. Анализ динамики подвесных (вантовых) мостов обязательным образом должен проводиться с учетом внешних воздействий. Наиболее значимыми являются такие: изменение температуры, влияние ветра и транспортное движение. Здесь представлен некоторый анализ этих влияний на динамику вантового моста по реальным экспериментальным данным.

Ключевые слова: ГНСС, мосты, внешние воздействия.

PERFORMANCE OF BRIDGES MOVEMENTS UNDER WIND AND THE INFLUENCE OF TRANSPORTATION MOVEMENTS BY USING GEODETIC MONITORING GNSS TECHNOLOGY

Favzi H. Zarzoura

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, gradual student tel. 965-823-81-89, e-mail: fawzyhamed2011@yahoo.com

Boris T. Mazurov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph. D., Prof. of Department of physical geodesy and remote sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Engineering structures such as bridges are an important and widely used element of regional and urban infrastructure for traffic and transportation. One of the elements of the system to ensure their safety and security is the geodetic monitoring by using GNSS technologies. Analysis of the dynamics of suspension (cable-stayed) bridges should be based on external influences. The most significant are as follows: the temperature change, the impact of wind and vehicle movement. Here is some analysis of these effects on the dynamics of suspension bridge on real experimental data.

Key words: GNSS, bridges, external influences.

Многие техногенные объекты испытывают изменения своего положения, формы, напряжения строительных узлов конструкции. Они относятся к локальным природно-техническим системам, наблюдение за которыми возможно вы-

полнять геодезическими методами [1-3]. Такие инженерные сооружения, как мосты, являются важным и широко используемым элементом региональной и городской инфраструктуры для обеспечения движения транспорта. С ростом научно-технического прогресса в геодезических технологиях и технического уровня строительства конструкций существует необходимость развивать и совершенствовать технику и технологию измерения для такого мониторинга. Контроль возможных деформаций мостов можно выполнять с помощью геодезических методов, например, ГНСС [4-7]. ГНСС имеет важное преимущество благодаря высокой скорости сбора данных. Кроме этого, при использовании дифференциальных методов, ГНСС-технологии позволяют выполнять координатные определения в реальном времени с сантиметровой точностью.

Реальный объект - мост Хуанпу был открыт в 2008 году. Он был в то время третьим самым длинным подвесным мостом в Китае. Хуанпу имеет общую длину 2,27 км. На южном берегу реки мост Хуанпу является обычным двухпилоным подвесным мостом. Основной пролет 1108 м подвешан на опоры из двух основных кабелей, в то время как боковые пролеты поддерживаются снизу колоннами. На северном берегу реки мост Хуанпу является обычным однопилоным вантовым мостом с главным пролетом 383 м. Противоположная сторона около подвесного моста имеет длину 197 м. Пилоны обоих мостов сделаны из бетона. Высота главного пилона вантового моста составляет 201 м, в то время как высота двух пилонов подвесного моста - 189 м.

Сбор данных проводился в течение почти непрерывного 24-часового периода с 9 часов утра 24 сентября 2009 года по 9 утра 25 сентября 2009. За весь период, 13 GPS приемников располагались на мосту, и один GPS приемник был на берегу, как показано на рис. 1.

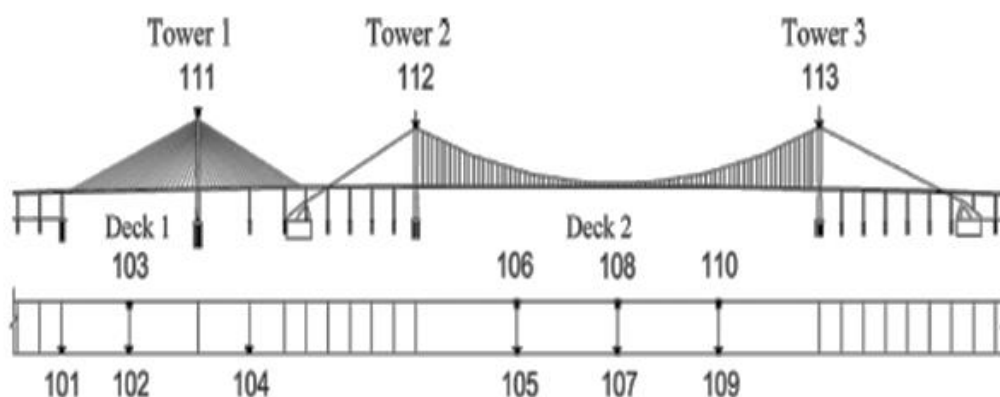


Рис 1. Схема расположения GPS приемников

Смещения пролетной части моста показаны на рис. 2 и 3. Рис. 4 показывает связь величин смещений сменяющейся в диапазоне температуры 6° . В течение года, температура воздуха в этом регионе может изменяться на 25° C. Это может вызвать более значительные вертикальные смещения.

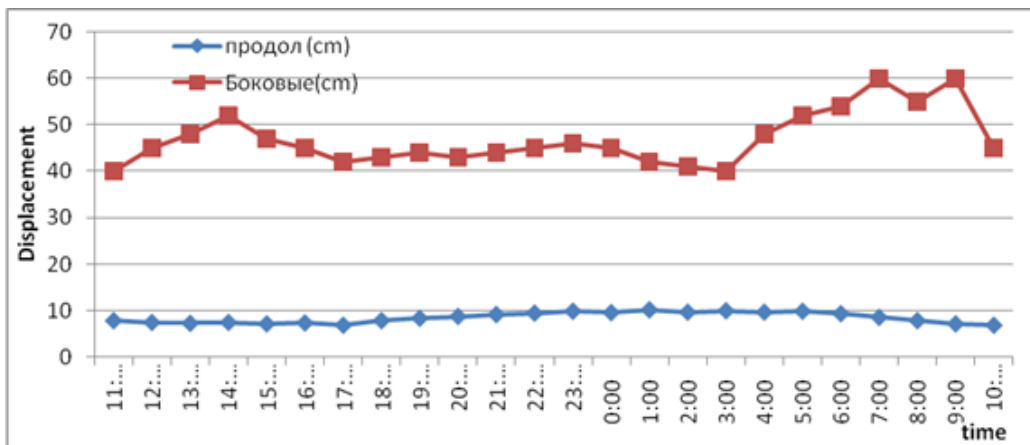


Рис 2. Боковые и продольные отклонения пункта (108) моста за 24 часа наблюдений

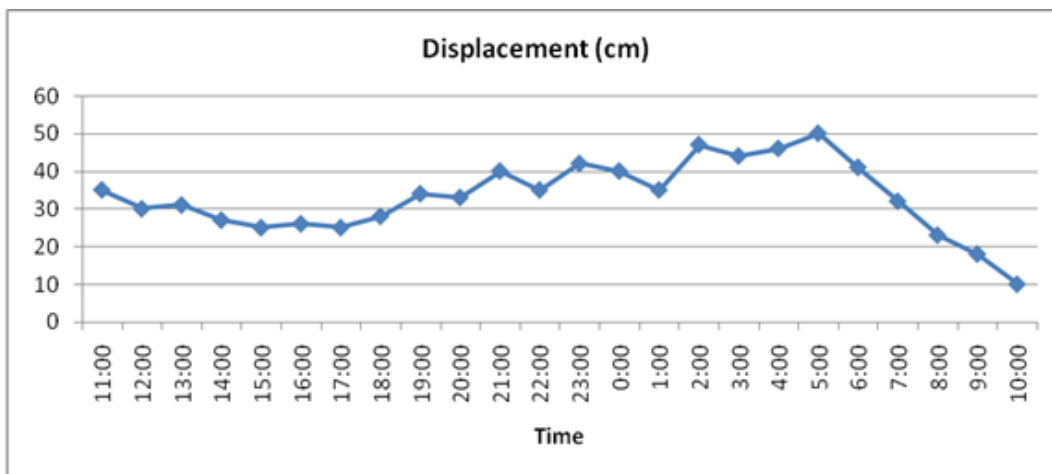


Рис. 3. Вертикальные смещения пункта (108) моста за 24 часа наблюдений

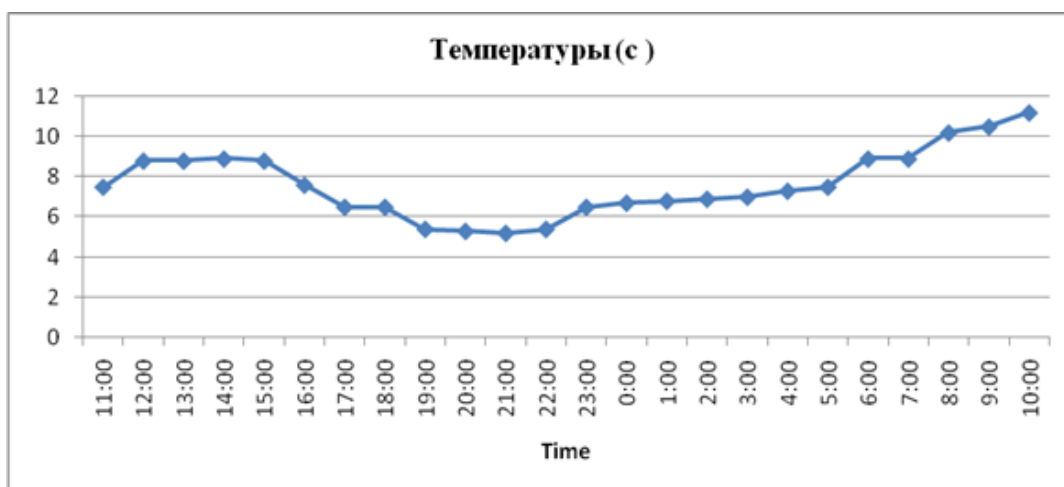


Рис. 4. Изменения температуры за период 24 часа наблюдений

Дополнительно был определен угол Θ продольного наклона моста в вертикальной плоскости (рис. 5) после анализа смещений по данным ГНСС-определений $\theta = \arcsin\left(\frac{z - \bar{z}}{B}\right) \frac{180}{\pi}$, где z и \bar{z} вертикальные смещения в симметричных участках, а B - расстояние между двумя станциями.

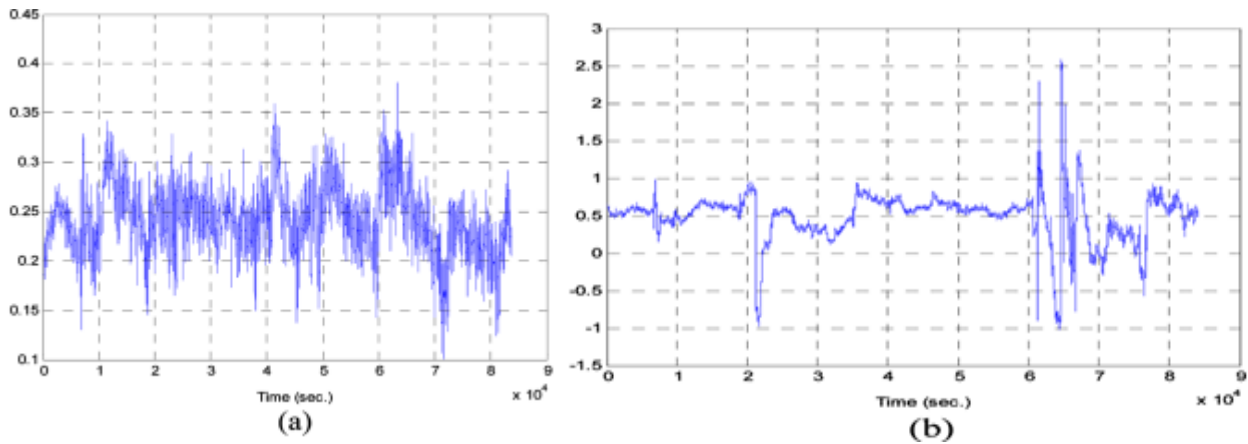


Рис. 5. Продольный наклон моста пролета 1 (а) и пролета 2(б)

Рисунок показывает, что длина пролета определяет изменения угла продольного наклона. Это результат нашего анализа по данным мониторинга на пунктах 102 и 103 для пролета 1. Можно видеть, что диапазон изменения угла продольного наклона для пролета 1 и 2 составляет 0,25 и 3,5 радиана, а среднее значение составляет 0,25 и 0,50 радиан соответственно.

Также был проведен анализ отклонения по высоте с учетом влияния движения 50-тонного грузового автомобиля. Испытания проводились в ранние утренние часы, когда поток транспортного движения по мосту был минимальным. автомобиль двигался с южного конца моста со скоростью 64 км/час. Рисунок показывает высотную компоненту координатных определений всех GPS приемников пролета моста. Замечаем, что мост отклоняется примерно на 15 см.

Когда автомобиль проходит участок на южной стороне пролета, его тяжесть толкает этот маленький пролет вниз, что в свою очередь нагружает подвески и кабель, к которому они присоединены. Это приводит к тому, что кабель натягивается на основном пролете. Максимальные отклонения в каждой точке смещены друг от друга, что указывает на влияние нагрузки от движения транспорта.

Среднее отклонение высоты из-за влияния веса и скорости автомобиля составило почти 23 см. При моделировании и анализе динамики моста также использовалась конечно-элементная модель (FiniteElementModel).

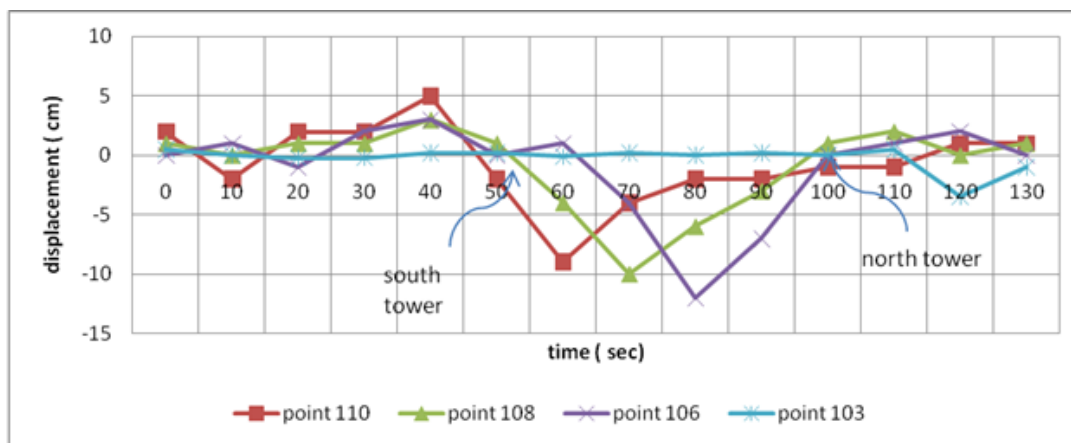


Рис. 6. Отклонение высоты со временем при 50-тонной нагрузке

Таким образом, результаты математического моделирования подтверждают важность проведения геодезического мониторинга мостов с использованием ГНСС-технологий в условиях влияния ветра и транспортного движения. Успешность анализа координатных определений кроме выбора адекватной аппроксимационной модели [8] могут обеспечить также современные технологии компьютерной 3-D визуализации [9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем по комплексным геодезическим и геофизическим наблюдениям: монография / В. А. Середович [и др.]. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 356 с.
2. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Математическое обеспечение идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 5. – С. 3-13.
3. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Вычислительный эксперимент идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 6. – С. 3-14.
4. F. Zarzoura, R. Ehigiator–Irughe1, B.Mazurov, Accuracy Improvement of GNSS and Real Time Kinematic Using Egyptian Network as a Case Study F. Zarzoura, / Computer Engineering and Intelligent Systems ISSN 2222-1719 (Paper) ISSN 2222-2863 Vol.4, No.12, 2013.P. 1-8.
5. Ashraf A. A. Beshr“ monitoring the structural deformation of tanks”, Egypt 2012 text book. – 272 p.
6. Зарзура Ф. Х., Мазуров Б. Т. Исследование кодовых и фазовых дифференциальных ГНСС и систем WADGPS и OmniSTAR // Геодезия и картография. – № 7. – 2013. – с. 2-4.
7. G. Roberts, E. Cosser, X. Meng, A. Dodson, A. Morris and M. Meo, “A Remote Bridge Health Monitoring System Using Computational Simulation and Single Frequency GPS Data,” Proceedings of 11th FIG Symposium on Deformation Measurements, Santorini, 25-28 May 2003.
8. Мазуров, Б. Т. Математическое моделирование по геодезическим данным: учеб. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2013. – 127 с.
9. Мазуров Б. Т. Компьютерная визуализация полей смещений и деформаций // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 51–55.

© Ф. Х. Зарзура, Б. Т. Мазуров 2014

**ЛЕОНАРД ЭЙЛЕР – ВКЛАД ДЛЯ АСТРОНОМИИ,
НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКИ, ГЕОДЕЗИИ,
КАРТОГРАФИИ, ГЕОДИНАМИКИ**

Борис Тимофеевич Мазуров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Павел Александрович Медведев

Омский государственный аграрный университет, 644008, Россия, г. Омск, Институтская пл., д. 2, доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики, тел. (3912)65-11-46, e-mail: omgau-math@rambler.ru

Леонард Эйлер – великий ученый в области математики, механики и др. Его работы оказались очень важными для развития астрономии, картографии, геодезии.

Ключевые слова: математика, астрономия, картография, геодезия, геодинамика

**LEONHARD EULER - HIS WORK HAS BEEN VERY IMPORTANT
FOR THE DEVELOPMENT OF ASTRONOMY, CARTOGRAPHY, GEODESY**

Boris T. Mazurov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph. D., Prof. of Department of physical geodesy and remote sensing, tel. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Pavel A. Medvedev

OmGAU, 644008, Russia, Omsk, Department of Higher mathematics, tel. (3912)65-11-46, e-mail: omgau-math@rambler.ru

Leonhard Euler - a great scientist in the field of mathematics, mechanics, etc. His work has been very important for the development of astronomy, cartography, geodesy.

Key words: mathematics, astronomy, cartography, geodesy, geodynamics.

Леона́рд Э́йлер (нем. Leonhard Euler; 15 апреля 1707, Базель, Швейцария — 7 (18) сентября 1783, Санкт-Петербург, Российская империя) — швейцарский, немецкий и российский математик и механик, внёсший фундаментальный вклад в развитие многих наук. Эйлер — автор более чем 850 работ (включая два десятка фундаментальных монографий). Академик Петербургской, Берлинской, Туринской, Лиссабонской и Базельской академий наук, иностранный член Парижской академии наук. Почти полжизни провёл в России, где внёс существенный вклад в становление российской науки. С точки зрения математики, XVIII век — это век Эйлера. Значительная часть математики преподаётся с тех пор «по Эйлеру» почти без изменений.

Помимо математических исследований, он руководил обсерваторией в России. 1772: «Новая теория движения Луны». Эйлер наконец завершил свой

многолетний труд, приближённо решив задачу трёх тел. В 1779 году опубликована «Всеобщая сферическая тригонометрия», это первое полное изложение всей системы сферической тригонометрии.

Эйлер много работал в области небесной механики. Одной из актуальных задач в тот период было определение параметров орбиты небесного тела (например, кометы) по небольшому числу наблюдений. Эйлер существенно усовершенствовал численные методы для этой цели и практически применил их к определению эллиптической орбиты кометы 1769 года; на эти работы опирался Гаусс, давший окончательное решение задачи.

Эйлер заложил основы теории возмущений, позднее завершённой Лапласом и Пуанкаре. Ввёл фундаментальное понятие оскулирующих элементов орбиты и вывел дифференциальные уравнения, определяющие их изменение со временем. Построил теорию прецессии и нутации земной оси, предсказал «свободное движение полюсов» Земли, открытое сто лет спустя Чандлером. В 1756 году он опубликовал дифференциальное уравнение астрономической рефракции, исследовал зависимость рефракции от давления и температуры воздуха в месте наблюдения. Эти результаты оказали огромное влияние на развитие астрономии в последующие годы.

Эйлер изложил очень точную теорию движения Луны, разработав для этого особый метод вариации орбитальных элементов. Впоследствии, в XIX веке, этот метод был расширен, применён в модели движения больших планет и используется до настоящего времени.

Эйлер исследовал поле тяготения не только сферических, но и эллипсоидальных тел, что представляло собой существенный шаг вперёд. Он также впервые в науке указал на вековое смещение наклона плоскости эклиптики, и по его предложению в качестве опорного был с тех пор принят наклон в начале 1700 года. Разработал основы теории движения спутников Юпитера и других сильно сжатых планет.

В течение 1730-х годов Эйлер возглавлял работу по картографированию Российской империи, которая (уже после отъезда Эйлера, в 1745 году) завершилась изданием атласа территории страны. В 1771 году Эйлер опубликовал сочинение «О телах, поверхность которых можно развернуть на плоскость». В этой работе введено понятие развёртывающейся поверхности, то есть поверхности, которая может быть наложена на плоскость без складок и разрывов. В связи с задачами картографии Эйлер глубоко исследовал конформные отображения, впервые применив для этого средства комплексного анализа.

В глобальной и региональной геодинاميки математической основой для рассмотрения «мгновенной» кинематической картины движения литосферных плит служит известная теорема Леонарда Эйлера. Теорема гласит, что произвольное перемещение твёрдого тела с некоторой неподвижной, расположенной внутри тела точкой можно представить как результат его вращения относительно фиксированной оси, проходящей через эту точку. Применяя эту теорему Эйлера к «мгновенному» перемещению литосферных плит по поверхности сферической Земли, получаем, что это перемещение (при условии, что плита в

.некотором приближении ведет себя как жесткое тело) можно описать вращением с вектором угловой скорости Q , проходящим через центр Земли (рис.). Следовательно, описание геометрии перемещения плит базируется на предположении об относительной жесткости каждой плиты.

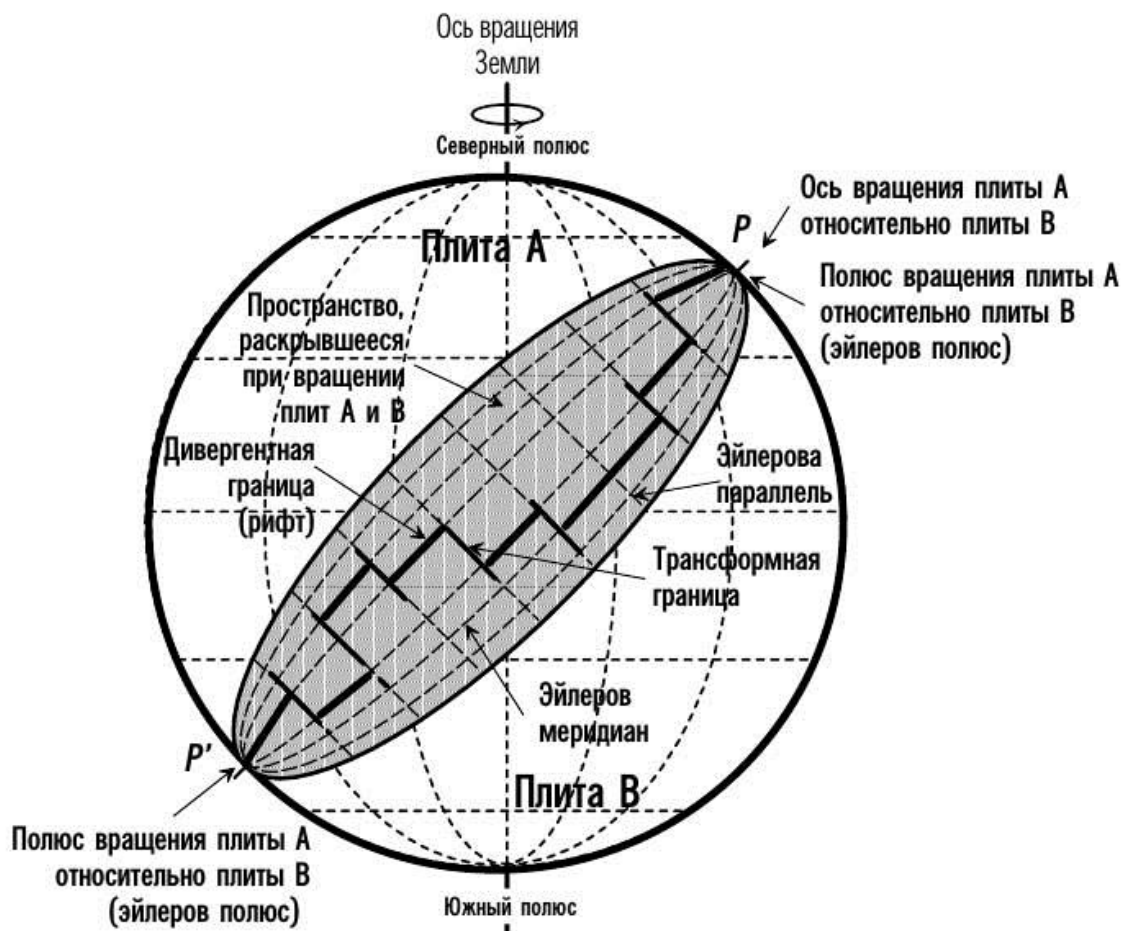


Рис. Вращение плит на сферической Земле

Заметный след Эйлер оставил и в области высшей геодезии. В 1732 году он вывел общее уравнение геодезических линий на поверхности. В 1760 году вышли фундаментальные «Исследования о кривизне поверхностей». Эйлер обнаружил, что в каждой точке гладкой поверхности имеются два нормальных сечения с минимальным и максимальным радиусами кривизны и что плоскости их взаимно перпендикулярны. Вывел формулу связи кривизны сечения поверхности с главными кривизнами. В статье «Элементы тригонометрии сфероида», опубликованной в 1753 году, Эйлер [1] рассматривает Землю как сфероид, образованный вращением эллипса вокруг его малой оси. На его поверхности, с помощью линий наименьшей длины, образует треугольник P_1P_cP с вершиной в полюсе P_c . Уравнение кривой P_1P . Эйлер устанавливает с помощью разработанной им теории экстремума функционала, приведшей к созданию вариационного исчисления.

Для вычисления длины дуги меридиана от экватора до текущей точки P с геодезической широтой B получает формулу [1, с. 261]:

$$S(0; B) = c \left(\left(1 + \frac{15}{16} m^2 \right) B - \frac{3}{4} m \sin 2B + \frac{15}{64} m^2 \sin 4B \right), \quad (1)$$

где $m = (a^2 - b^2)/(a^2 + b^2)$; a, b – полуоси эллипса; $c = a(1 - m)\sqrt{1 + m}$.

При выводе дифференциальных уравнений геодезической линии в качестве независимой переменной берет не параметр S , а широту B текущей точки. Полученные уравнения представляет в форме [1, с. 273]:

$$\sin A = \frac{\sin A_1 \cos B_1 \cdot \sqrt{1 + m \cos 2B}}{\cos B \cdot \sqrt{1 + m \cos 2B_1}}, \quad (2)$$

$$dS = \frac{a(1 - m)\sqrt{1 + m} \cdot \cos B \cdot \sqrt{1 + m \cos 2B_1} \cdot dB}{(1 + m \cos 2B)^{3/2} \cdot \sqrt{\cos^2 B(1 + m \cos 2B_1) - \sin^2 A_1 \cos^2 B_1(1 + m \cos 2B)}}, \quad (3)$$

$$dl = \frac{(1 - m)\sin A_1 \cdot \cos B_1 \cdot dB}{\cos B \cdot \sqrt{1 + m \cos 2B} \cdot \sqrt{\cos^2 B(1 + m \cos 2B_1) - \sin^2 A_1 \cos^2 B_1(1 + m \cos 2B)}}. \quad (4)$$

Следует отметить, что Л. Эйлером впервые получены общие дифференциальные уравнения геодезической линии, справедливые при любом ее расположении на поверхности эллипсоида. Уравнения (3) и (4) Эйлер интегрирует. Но учитывая небольшую разность между полуосями земного эллипсоида и сложность формул при разложениях dS и dl в ряды, сохраняет только величины порядка m .

В соответствии с этим он получает:

$$l_0 = \arcsin \left(\frac{\sin A_1 \cos B_1 \sin B}{\cos B \sqrt{1 - \sin^2 A_1 \cos^2 B_1}} \right) - \arcsin \left(\frac{\sin A_1 \sin B_1}{\sqrt{1 - \sin^2 A_1 \cos^2 B_1}} \right);$$

$$l = l_0 - m \sin A_1 \cos B_1 \arcsin \left(\frac{\sin l_0 \cos B}{\sin A_1} \right) - \frac{m \sin l_0 \cos A_1 \cos^2 B_1 \cos B}{\sqrt{\cos^2 B - \sin^2 A_1 \cos^2 B_1}};$$

$$S = c \left(\left(1 - \frac{1}{2} m \sin^2 A_1 \cos^2 B_1 \right) \arcsin \left(\frac{\sin l_0 \cos B}{\sin A_1} \right) - \frac{m \sin l_0 \sin A_1 \cos A_1 \cos^3 B_1 \cos B}{\sqrt{\cos^2 B - \sin^2 A_1 \cos^2 B_1}} - \frac{3}{2} m \left(\sin B \sqrt{\cos^2 B - \sin^2 A_1 \cos^2 B_1} - \cos A_1 \sin B_1 \cos B_1 \right) \right).$$

С помощью этих зависимостей Эйлер выполняет решения сфероидического треугольника по любым трем его заданным элементам. При этом отмечает [1, с. 277]: “Если из четырех величин азимутов и широт конечных пунктов даны три, то определение остальных интересующих нас величин не вызывает затруднений. Но не так просто обстоит дело, если среди трех данных величин имеется или сторона, или разность долгот. В этом случае формулы будут весьма сложными и применимыми лишь для очень малых значений сжатия. Поэтому здесь в общем случае определить искомые величины невозможно. Однако для случаев очень малого сжатия вычисления нужно вести только сферически, так как поправки определяются затем обычным приближенным методом”.

Таким образом, Эйлер Л. сфероидическому треугольнику ставит в соответствие сферический при условии равенства их исходных данных. При этом сферическая часть решения задачи выполняется не по полученным выражениям из рядов, а по строгим формулам сферической тригонометрии. Оставшаяся сфероидическая часть имеет не только более компактный вид, но и оценивается отброшенными членами сфероидического вида, меньшими на один-два порядка соответствующих сферических. Такой подход повышает точность и приводит к более простым формулам.

Предложенный Эйлером способ решения сфероидических треугольников, нашел широкие приложения в сфероидической геодезии. Эта идея в дальнейшем многими авторами неоднократно использовалась:

- как один из методов решения задач;
- для улучшения сходимости рядов путем выделения из разложений сферических величин с помощью формул сферической тригонометрии;
- путем деления алгоритмов на сферическую и сфероидическую части, в которых сферическая часть решения проводится по замкнутым формулам сферической тригонометрии, а сфероидическая – по разложениям в ряды.

Следует отметить, что Эйлер Л. не решает прямую геодезическую задачу и ошибочно отрицает ее практическую необходимость [1, с. 277]: “... так как азимуты и широты конечных пунктов всегда будут известны, ибо они определяются посредством легкой операции”.

В честь Эйлера названы: множество понятий в математике и других науках, см.: список объектов, названных в честь Леонарда Эйлера; Кратер Эйлер на Луне; Астероид 2002 Эйлер; Международный математический институт им. Леонарда Эйлера Российской Академии наук, основанный в 1988 году в Петербурге; Золотая медаль имени Леонарда Эйлера Академии наук СССР и Российской академии наук; Медаль Эйлера, с 1993 года ежегодно присуждаемая канадским Институтом комбинаторики и её приложений за достижения в этой области математики; Международный благотворительный фонд поддержки математики имени Леонарда Эйлера

Полное собрание сочинений Эйлера, издаваемое с 1909 года Швейцарским обществом естествоиспытателей, до сих пор не завершено; планировался выпуск 75 томов, из них вышло 73:29 томов по математике; 31 том по механике и астрономии; 13 — по физике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Euler L. Elemens de la Trigonometriespheroidiïue tires de la methode des plus grandset plus petits / L. Euler // Histoire de l'Academie Royale des sciences. Annee. – 1749. – Paris. – 1753. – P. 258–293.
2. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем по комплексным геодезическим и геофизическим наблюдениям // В. А. Середович [и др.]. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 356 с.
3. F. Zarzoura, R. Ehigiator–Irughe1, B.Mazurov, Accuracy Improvement of GNSS and Real Time Kinematic Using Egyptian Network as a Case Study F. Zarzoura, / Computer Engineering and Intelligent Systems ISSN 2222-1719 (Paper) ISSN 2222-2863 Vol.4, No.12, 2013.
4. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Математическое обеспечение идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005. – № 5. – С. 3-13.
5. Крамаренко А. А., Мазуров Б. Т., Панкрушин В. К. Вычислительный эксперимент идентификации движений и напряженно-деформированного состояния сооружений и объектов инженерной геодинамики по геодезическим наблюдениям // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. – № 6. – С. 3-14.
6. Мазуров Б. Т. Математическая обработка нивелирных и гравиметрических наблюдений в условиях извлечения и перемещения больших объемов руды и пород // Изв. вузов. Горный журнал. – 2006.– № 4.– С. 99 – 104.
7. Мазуров Б. Т. Модель вертикальных движений земной поверхности и изменений гравитационного поля в районе действующего вулкана // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 2. – С. 97-106.
8. Мазуров Б. Т. Совместная математическая обработка и интерпретация нивелирных и гравиметрических наблюдений за вертикальными движениями земной поверхности и изменениями гравитационного поля в районе действующего вулкана // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 4. – С. 11-20.
9. Мазуров Б. Т. Модель системы наблюдений за вертикальными движениями земной поверхности и изменениями гравитационного поля в районе действующего вулкана / Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 3. – С. 93-102.
10. Мазуров Б. Т. Совместная математическая обработка разнородных комплексных геодезических и геофизических наблюдений // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 6. – С. 30–39.
11. Мазуров Б. Т. Идентификация напряженно-деформированного состояния вулканической области по результатам геодезических и геофизических наблюдений // Изв. вузов. Горный журнал. – 2007. – № 7. – С. 58-62.
12. Хорошилов В.С., Павловская О.Г., Носков М.Ф. Анализ и оценка по геодезическим данным динамики оползней в условиях проведения взрывных работ и разгрузки склонов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4. – С. 19-24.
13. Мазуров Б. Т. Компьютерная визуализация полей смещений и деформаций // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 51-55.
14. Мазуров Б. Т. Некоторые примеры определения вращательного характера движений земных блоков по геодезическим данным // Геодезия и картография. – 2010. – № 10. – С. 58-59.
15. Мазуров Б. Т. Дорогова И. Е., Дербенев К. В. Горизонтальные движения земной коры вращательного характера, наблюдаемые на геодинамических полигонах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 232–236.
16. Мазуров Б. Т. Математическое моделирование по геодезическим данным: учебное пособие. – Новосибирск: СГГА, 2013. – 127 с.

© Б. Т. Мазуров, П. А. Медведев, 2014

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СВЯЗИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ С ВНУТРЕННИМ СТРОЕНИЕМ ЗЕМЛИ НА АКВАТОРИИ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

Вадим Федорович Канушин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Ирина Геннадьевна Ганагина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, зав. кафедрой физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Денис Николаевич Голдобин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, инженер кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

В работе приведено сравнение аномального гравитационного поля, полученного по ультравысокостепенной модели EGM2008 с наземным гравитационным полем на акватории Арктического бассейна, а также оценена корреляция между рельефом дна моря Лаптевых и аномалиями силы тяжести, полученными по модели EGM2008, значение которой составило 0.89. Проведен анализ связи отдельных гармоник модели EGM2008 с очагами землетрясений и тектоникой моря Лаптевых, который указывает на возможность изучения внутреннего строения Земли путем совмещения нескольких гармоник гравитационного поля, образуя спектральное окно.

Ключевые слова: земная кора, аномальное гравитационное поле Земли, акватория, окно гармоник, модель, спутниковые технологии.

SPACE TECHNOLOGIES APPLICATION FOR DETERMINING RELATIONSHIP BETWEEN GRAVITATIONAL FIELD AND INTERNAL STRUCTURE OF THE EARTH IN ARCTIC BASIN

Vadim F. Kanushin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc Prof, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Irina G. Ganagina

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., the head of Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Denis N. Goldobin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Engineer, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

The abnormal gravitational field, obtained through ultrahigh-degree model EGM2008, is compared with ground gravitational field on Arctic basin area. Correlation between Laptev Sea-bed relief and gravity anomalies, obtained by model EGM2008 is estimated (its value is 0.89). Relationship between certain harmonics of model EGM2008 and seismic focuses and Laptev Sea tectonics is analyzed. The fact testifies to the possibility of studying internal structure of the Earth by superposing several gravitational field harmonics, producing spectral window.

Key words: Earth crust, anomalous gravitational field of the Earth, water area, harmonic window, model, space technologies.

В гравитационном поле находят суммарное отражение внутримантийные и внутрикоровые вариации плотности вещества, рельеф основных границ раздела земной коры, структурно-формационное строение гранитно-метоморфического слоя и т.д. Изучение распределения плотности в недрах Земли по одним только гравиметрическим данным невозможно, так как обратная задача гравиметрии, которая заключается в определении распределения масс в недрах Земли по заданному внешнему гравитационному полю неоднозначна. Однако существуют величины, характеризующие общее распределение плотности, которые возможно определить однозначно. Такими величинами являются гармонические коэффициенты C_{nm} и S_{nm} в разложении гравитационного потенциала в ряд по сферическим функциям,

$$V = \frac{fM}{r} \left[1 + \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a_e}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\sin \varphi) \right]$$

представляющие собой комбинацию степенных моментов инерции [1, 2]

$$J_{pqr} = \frac{1}{MR^{p+q+r} \iiint_{\tau} \delta x^p y^q z^r d\tau},$$

где $p, q, r = 0, 1, 2, \dots, \tau$, $p+q+r = n$ – степень степенного момента.

Предлагается путем последовательного объединения нескольких гармоник $C_{nm}P_{nm}(\sin \varphi)\cos m\lambda$ и $S_{nm}P_{nm}(\sin \varphi)\sin m\lambda$ образовывать окно, которое действует в качестве полосового фильтра пропускания низких или высоких гармоник. Размах степени окна гармоник подбирается так, чтобы результат был сосредоточен на фактическом гравитирующем источнике. Полезной информацией считается такая, у которой энергия окна гармоник выше уровня шума гравитационного поля.

В последние годы создан ряд моделей гравитационного поля Земли с улучшенными характеристиками по точности определения гармонических коэффициентов геопотенциала (EGM-96, ГАО-2008, GGM02C, EIGEN-GLO4C, EIGEN-5C, EGM2008) [3]. Это стало следствием, с одной стороны, общего

улучшения гравиметрической изученности земного шара в рамках реализации ряда международных проектов, с другой стороны, осуществления новых проектов в области изучения гравитационного поля Земли с использованием спутниковых технологий (CHAMP, GRACE). Особое место в ряду этих моделей занимает модель EGM-2008 до 2190-й степени [3]. Применяя модель EGM-2008 для спектрального анализа гравитационного поля на акватории Арктического бассейна, получены следующие результаты [4]:

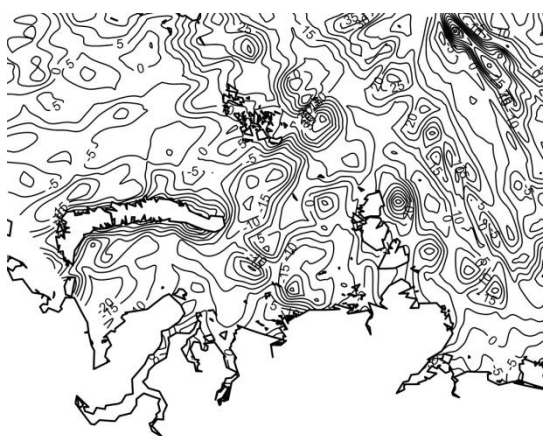
- аномалии силы тяжести в редукции в свободном воздухе восстановлены по гармоническим коэффициентам геопотенциала модели EGM2008 (рис. 1-а) в целом согласуются с цифровыми моделями аномального гравитационного поля Арктической акватории в редукции в свободном воздухе, приведенными в работах ВНИИОкеанологии и NRL [5] (рис. 1-б);

- корреляция между рельефом дна моря Лаптевых (рис. 2-а) и аномалиями поля силы тяжести в редукции в свободном воздухе (рис. 2-б) составляет 0.89;

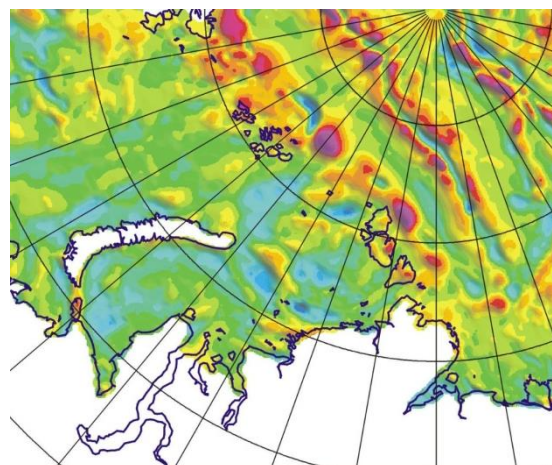
- максимальные и минимальные значения остаточных аномалий силы тяжести, полученные для различных окон гармоник, попадают на участки интенсивной напряженности земной коры в море Лаптевых. На рис. 3 приведены остаточные аномалии, полученные с учетом гармоник в окне $80 \leq n \leq 1080$ и очаги землетрясений;

Полученные результаты могут предоставлять дополнительную информацию о геологическом строении шельфа и глубоководной зоны акватории Арктического бассейна.

- в остаточных аномалиях силы тяжести, полученных для различных окон гармоник, более четко, чем в аномальном гравитационном поле, содержащем все гармоники, прослеживается приуроченность к отдельным структурам земной коры Арктической акватории (рис. 4).

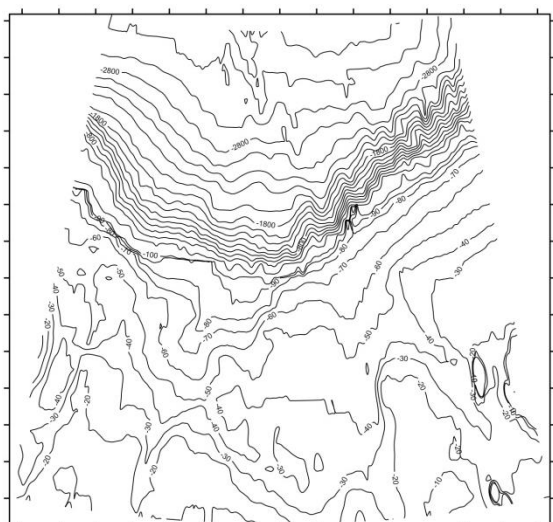


а - по модели EGM2008

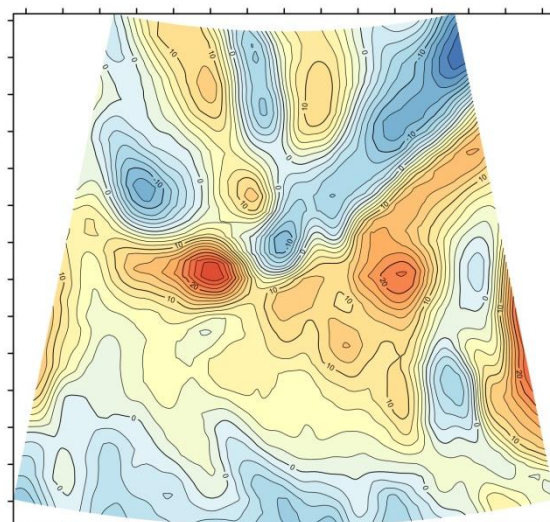


б - по данным ВНИИОкеанологии и NRL [5]

Рис. 1. Аномальное гравитационное поле части арктического бассейна



а – рельеф дна моря Лаптевых



б - аномалии поля силы тяжести в свободном воздухе по EGM 2008

Рис. 2. Корреляция между рельефом дна и аномалиями поля силы тяжести в редукции в свободном воздухе

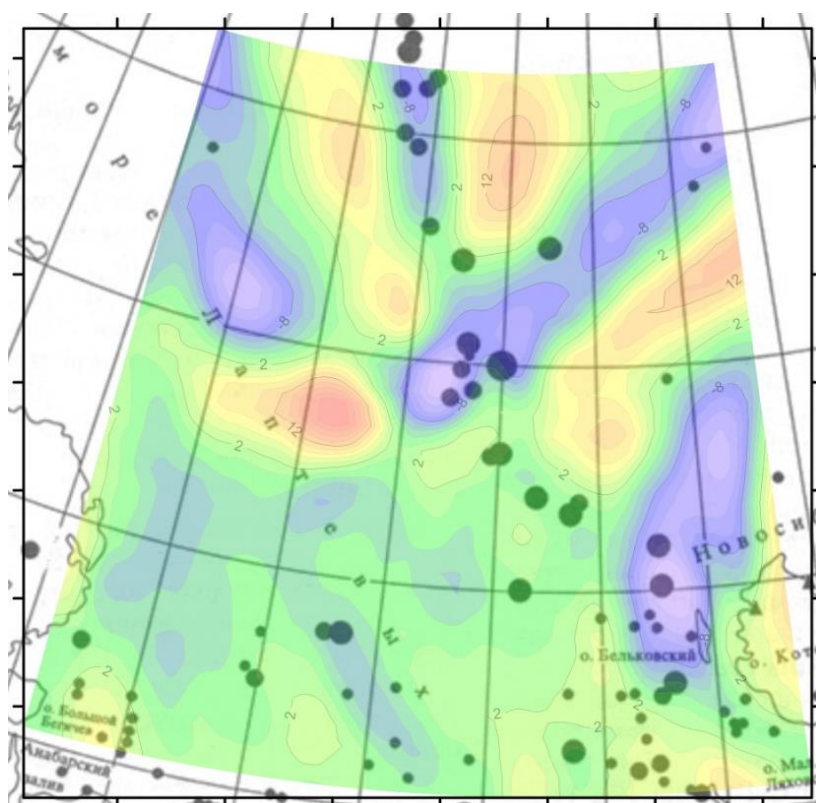


Рис. 3. Схема остаточных аномалий и очаги землетрясений

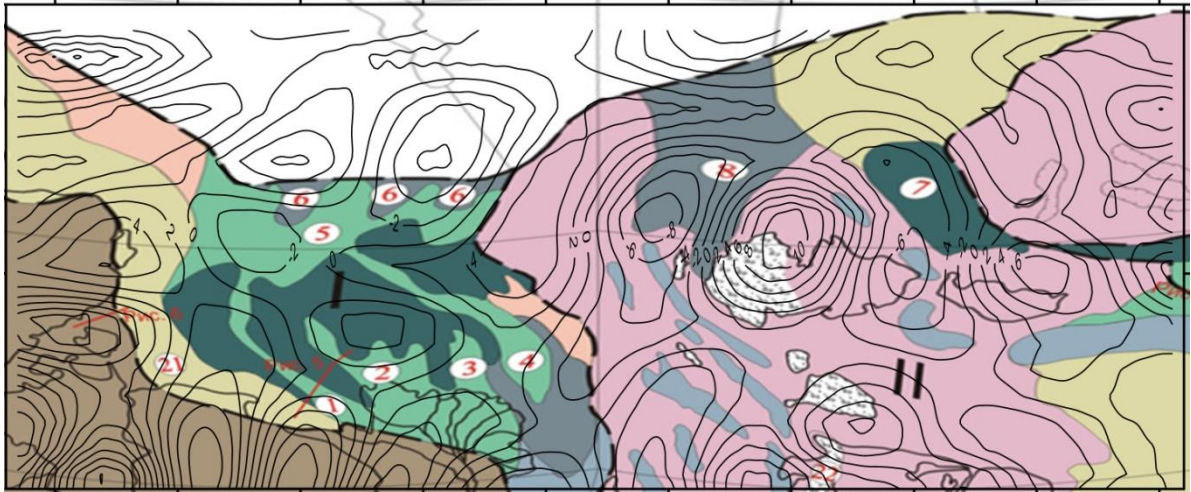


Рис. 4. Схема остаточных аномалий в диапазоне гармоник 120-180 наложенная на прибрежные структуры моря Лаптевых

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сагитов М. У. Лунная гравиметрия. – М.: Наука, 1979. – 432 с.
2. Ганагина И. Г., Канушин В.Ф. Анализ изменений гравитационного поля и высот квазигеоида, обусловленных сейсмической активностью // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 8-13.
3. Pavlis N.K., Holmes S.A., Kenyon S.C., Factor J.K. An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008/EGU General Assembly 2008. Vienna, Austria, April 13–18, 2008.
4. Канушин В. Ф., Ганагина И. Г., Голдобин Д. Н. Моделирование аномального гравитационного поля в арктическом бассейне // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 178–181.
5. Глебовский В. Ю., Зайончек А. В., Каминский В. Д., Мащенко С. П. Цифровые базы данных и карты потенциальных полей Северного Ледовитого океана // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. – СПб., 2000. – С. 134–141.
6. Канушин В. Ф., Ганагина И. Г. Применение дифференциального уравнения параболического типа для решения краевых задач динамической геодезии // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 214–219.
7. Косарев Н. С. Восстановление фазы несущей: проблемы и пути решения // Вестник СГГА – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 53–60.

© В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, 2014

СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ АНОМАЛИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ДАННЫМ ГЛОБАЛЬНОЙ МОДЕЛИ EGM2008 И ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКАХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Вадим Федорович Канушин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Ирина Геннадьевна Ганагина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, зав. кафедрой физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Денис Николаевич Голдобин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, инженер кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Борис Анатольевич Харченко

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

В работе выполнен сравнительный анализ аномалий силы тяжести, полученных из гравиметрических измерений на ограниченных участках Казахстана и акватории Средиземного моря с аномалиями силы тяжести, полученными для этих участков по глобальной ультрасверхстепенной модели EGM 2008. По результатам сравнения корреляция составила 0.84 для участка Казахстана и 0.85 для участка Средиземного моря.

Ключевые слова: аномалии силы тяжести, EGM2008, модель гравитационного поля, гравиметрические измерения.

COMPARISON AND ANALYSIS OF GRAVITY ANOMALIES DERIVED FROM THE DATA GLOBAL MODELS AND EGM2008 GRAVIMETRIC MEASUREMENTS ON THE LOCAL AREAS OF THE EARTH

Vadim F. Kanushin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Assoc Prof, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Irina G. Ganagina

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., the head of Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Denis N. Goldobin

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Engineer, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. (383)361-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Boris A. Kharchenko

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., graduate student, tel. (923)179-98-94, e-mail: boris.1979@mail.ru

In the paper, a Comparative analysis of gravity anomalies derived from gravity measurements in restricted areas of Kazakhstan and the Mediterranean Sea to the gravity anomalies obtained for these sites on a global model ultrasverhstepennoy EGM 2008. By comparing the correlation was 0.84 for the site of Kazakhstan and 0.85 for the Mediterranean area.

Key words: gravity anomalies, EGM2008, a model of the gravitational field, gravity measurements.

Исследования геофизических полей Земли с помощью космических средств наблюдений являются наиболее динамично развивающимся направлением дистанционного зондирования Земли. При этом предметом исследований являются: осадочный чехол, кристаллический фундамент, литосфера, верхняя и нижняя мантия и ядро. Наиболее перспективным при проведении космических исследований является изучение аномального гравитационного поля Земли. Детальное изучение аномального гравитационного поля позволяет исследовать и моделировать силы, являющиеся причинами различных геодинамических процессов (смещение тектонических плит, возможные изменения структуры мантии, литосферные движения и т.д.), расширяет возможности разведки месторождений полезных ископаемых. Изучение планетарного гравитационного поля только наземными средствами не представляется возможным ни с экономической, ни с технической точки зрения (так как, большая часть земной поверхности покрыта океанами и труднодоступна) [1]. Космические средства мониторинга гравитационного поля Земли совместно с наземными средствами измерений позволяют производить измерения в глобальном масштабе, оперативно выявлять скорости изменения дериват гравитационного поля, происходящие в момент или накануне землетрясений или извержений вулканов [1]. Глобальные модели гравитационного поля используются при решении задач для больших регионов земной поверхности (определение орбит ИСЗ, обработка измерений с инерциальными геодезическими системами, создание геофизических и геодинамических моделей), а также являются моделями относимости для представления локальных полей. Глобальные модели гравитационного поля позволяют получать аномалии высоты (или высоты геоида) с точностью, достаточной для многих целей. Однако ошибка определения уклонения отвеса для геодезических приложений слишком велика. Анализ ошибок, вызванных неполнотой данных наземных гравиметрических съемок, показывает, что заметного повышения точности моделей гравитационного поля Земли можно ожидать лишь при использовании массивов данных с более высокой разрешающей способно-

стью. Из сказанного выше следует, что потребность в точном определении гравитационного поля Земли становится очевидной. В последние годы за рубежом создан ряд моделей с улучшенными характеристиками по точности определения гармонических коэффициентов геопотенциала. Особое место среди этих моделей занимает наиболее точная на сегодняшний день ультравысокостепенная гравитационная модель EGM2008 в виде сферических гармоник геопотенциала до 2190-й степени [2]. При создании этой модели использованы: глобальная цифровая модель рельефа 30'×30', уточненные наземные и морские гравиметрические, альтиметрические данные и данные международных космических проектов GRACE и CHAMP. Она имеет разрешение по трапециям размером 5'×5' при восстановлении до 2190-й степени [3]

Основным методом моделирования глобального гравитационного поля был и остается традиционный метод разложения геопотенциала в ряд по сферическим функциям [4]

$$V = \frac{fM}{r} \left[1 + \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a_e}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\sin \varphi) \right] \quad (1)$$

где fM - геоцентрическая гравитационная постоянная, a_e - экваториальный радиус Земли, C_{nm} и S_{nm} - безразмерные гармонические коэффициенты геопотенциала, являющиеся стоксовыми постоянными.

Сравнение аномалий силы тяжести, полученных по данным модели EGM2008, с соответствующими величинами, полученными по данным наземных гравиметрических работ, усложнено неравномерным распределением гравиметрических измерений на земной поверхности, покрывающих лишь ее небольшую часть. Указанная проблема возникает потому, что вариации гравитационного поля, полученные по данным модели EGM2008, представляют сглаженные аномалии силы тяжести по трапециям размером $\Delta \times \Delta$, где $\Delta = \pi/N = 2.5'$. Поэтому, используемые для сравнения наземные аномалии силы тяжести, необходимо представить в виде средних значений по трапециям размером 5'×5'. Таким образом, имеет место как высокий уровень шума, так и смещение, которое необходимо устранить. Кроме того, при вычислении средних аномалий на ограниченных участках необходимо производить исправление гравиметрических аномалий за корреляцию с топографией. При этом обрабатываемой функцией является не измеренная величина силы тяжести, а уклонение её от величины, соответствующей сфероидальной модели (нормальной силе тяжести). С учетом этих замечаний в настоящей работе проведено сравнение аномалий силы, сглаженных по трапециям размером 5'×5' с аналогичными аномалиями, полученными по данным модели EGM2008 по формуле (4)

$$\Delta g = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=n}^m (A_{nm} \cos m\lambda + B_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\cos \theta), \quad (2)$$

где
$$\left. \begin{matrix} A_{nm} \\ B_{nm} \end{matrix} \right\} = \gamma(n-1) \left\{ \begin{matrix} C_{nm} \\ S_{nm} \end{matrix} \right\}.$$

На рис. 1, а приведена картосхема аномалий силы тяжести в свободном воздухе на участке Ионического моря, созданная в 1975 г., из совместного исследования Средиземного моря (ЮНЕСКО), Международной комиссией по научным исследованиям Средиземного моря (ICSEM) и Генеральной комиссией по рыболовству в Средиземном море (FCM), на основе судовых гравиметрических измерений. На рис. 1, б приведена картосхема аномалий силы тяжести, на этот участок, полученная по гармоническим коэффициентам модели геопотенциала EGM2008.

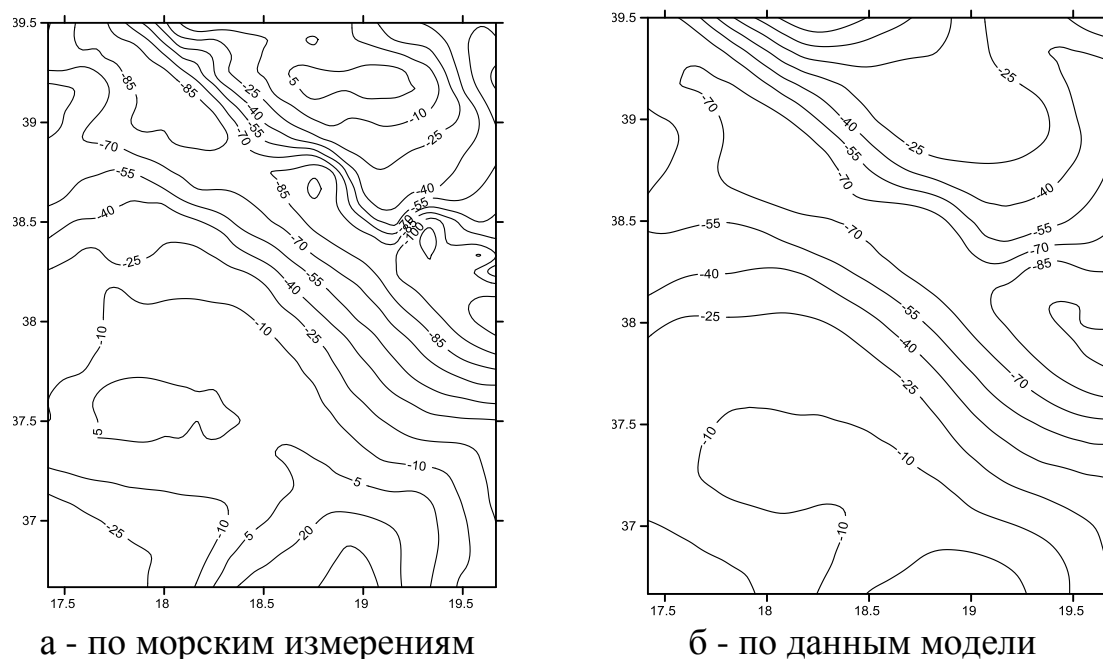
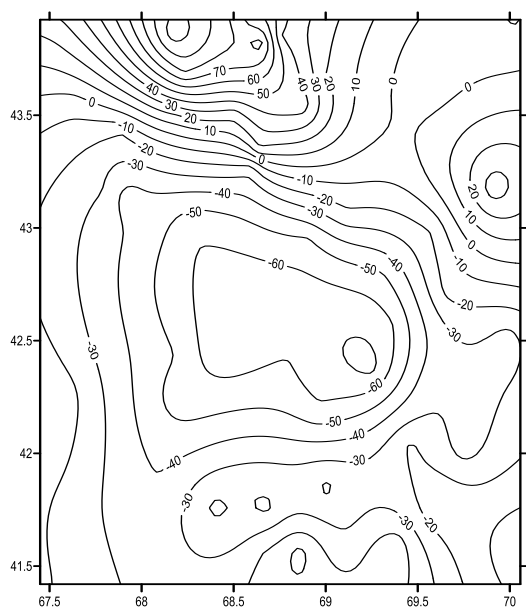


Рис. 1. Аномалии силы тяжести на участке Ионического моря

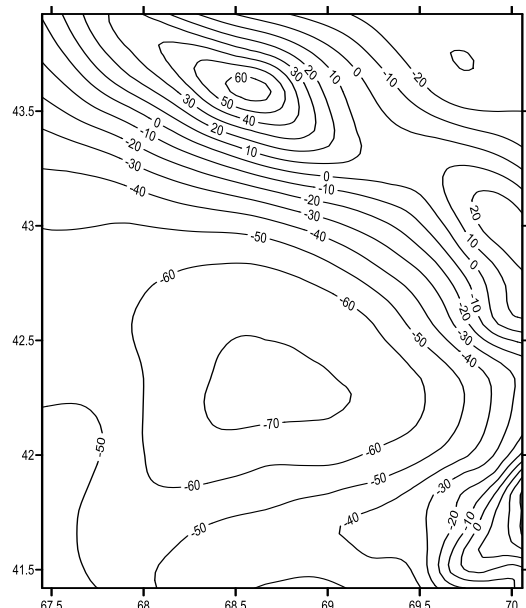
Величина корреляционной связи результатов, полученных по наземным измерениям, с данными модели EGM2008 составляет 0.85. Среднее значение разности равно -5 мгал, а среднее квадратическое отклонение 18 мгал. В основу оценки положен только геометрический аспект.

Аналогичные вычисления выполнены для территории Казахстана. На рис. 2 представлены фрагменты картосхем аномалий силы тяжести в свободном воздухе участка Казахстана, полученных по данным модели EGM2008 и наземным гравиметрическим измерениям.

Сравнивая фрагменты картосхем, приведенных на рис. 2, можно сделать вывод о достаточно высокой их корреляции - коэффициент корреляции составил 0.84. Среднее квадратическое отклонение разностей составило 21 мгал, среднее значение разности составляет +12 мгал.



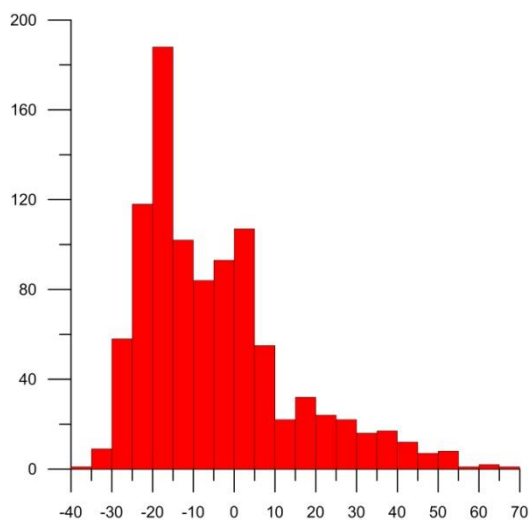
а- из гравиметрических измерений



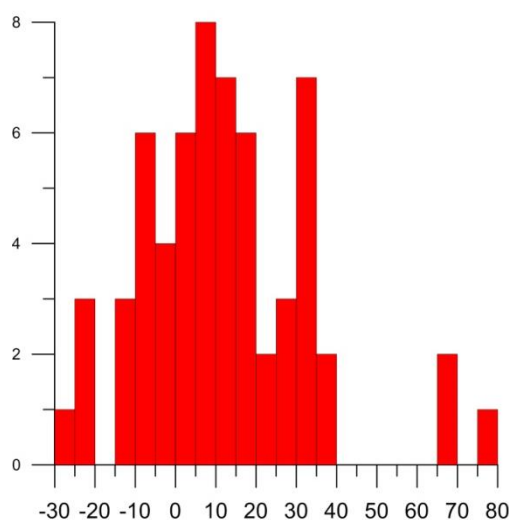
б - по данным модели EGM2008

Рис. 2. Аномалии силы тяжести в свободном воздухе на участке Казахстана.

На рис. 3 приведены гистограммы распределения полученных в результате сравнения разностей аномалий силы тяжести на участке Ионического моря (а) и на участке Казахстана (б).



а - на участке Ионического моря



б - на участке Казахстана

Рис. 3. Гистограмма распределения разностей между восстановленными аномалиями силы тяжести по модели EGM2008 и полученными из измерений на участках соответственно (по оси абсцисс – величина разности, по оси ординат - количество)

Асимметрию гистограмм, приведенных на рис. 3, можно объяснить применением различных формул нормальной силы тяжести, а также осреднением исходных наземных гравиметрических данных.

Сравнение аномалий силы тяжести, полученных по данным модели EGM2008, со средними значениями, полученными из наземных измерений на исследуемых участках Земли показали совпадение с коэффициентом корреляции более 0.8. Для более точной оценки модели EGM2008 необходимо провести исследование на полигонах, имеющих детальные и точные гравиметрические съемки, а также в районах с различной аномальностью гравитационного поля и в высоких широтах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агарков А.В., Григораш И.В., Матвиенко С.А. Измерения гравитационного поля Земли с помощью геофизического микроспутника / А.В. Агарков, И.В. Григораш, С.А.Матвиенко, www.iki.rssi.ru/earth/articles/sec4_02.p

2. Непоклонов В.Б. Об использовании новых моделей гравитационного поля Земли в автоматизированных технологиях изысканий и проектирования // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования, № 3(34) 2009с.28-35.

3. Pavlis N.K., Holmes S.A., Kenyon S.C., Factor J.K. An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008/EGU General Assembly 2008. Vienna, Austria, April 13–18, 2008.

4. Ганагина И. Г., Канушин В. Ф., Голдобин Д. Н. Современные проблемы физической геодезии: учебно-методич. пособие по выполнению курсовой работы. – Новосибирск: СГГА, 2012. – 76 с.

5. Канушин В. Ф., Ганагина И. Г. Применение дифференциального уравнения параболического типа для решения краевых задач динамической геодезии // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 214-219.

6. Косарев Н. С. Восстановление фазы несущей: проблемы и пути решения // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 53–60.

7. Антонович К. М., Косарев Н. С. Использование геометрической дальности для контроля ГНСС измерений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 245–250.

8. Антонович К. М. Об одной возможности контроля непрерывной фазы несущей при ГНСС наблюдениях // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 164–168.

© В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, Б. А. Харченко, 2014

ГЕНОМ ГЕОДЕЗИИ И ФАКТОРЫ ПРЕДОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Мария Леонидовна Синянская

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. +79130103556, e-mail: mariyateterina8888@mail.ru

В данной статье прямой угол рассмотрен как некий генотип развития геодезии, ее первооснова. Также рассмотрены принципы влияния (ориентации) и их роль в становлении геодезического знания.

Ключевые слова: прямой угол, прямоугольность, принципы влияния, факторы предопределенности.

THE GENOME OF GEODESY AND FACTORS PREDETERMINATION

Mariya L. Sinyanskaya

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, ul. Плахотного, 10, postgraduate student of the Department of physical geodesy and remote sensing, tel. +79130103556, e-mail: mariyateterina8888@mail.ru

This article right angle considered as a certain genotype development of geodesy, its the principle. Also discusses the principles of influence (orientation), and their role in the formation of a geodesic knowledge.

Key words: right angle, Squareness, the principles of influence of factors of predetermination.

Введенные древнегреческими мыслителями два важнейших термина геометрия и геодезия, этимологический смысл которых соответственно означал землемерие и земледеление, характеризовал и две важнейшие функции организации окружающего пространства: деление и измерение земельных угодий. В сфере земледелия это означало организацию земельного пространства путем его деления и соответствующих измерений. Основу рассматриваемой организации составляла система межевых линий, делившая всю землю на отдельные участки с использованием геометрических фигур. В результате выполнялись измерения по определению формы, размера и пространственного положения (ФРПП) этих участков и их совокупности. Это составляло предмет геодезии древнего времени [4, 5, 8].

Аналогично геометрические принципы (измерение, деление пространства с помощью простейших фигур) происходило и при строительстве городов, т.е. организации (планировке) городского пространства. Во всех рассматриваемых случаях организации пространства (вторичной среды) сформировались первые абстрактные образы (структурные элементы (СЭ) – линии, точки, поверхности) и простейшие геометрические фигуры: прямой угол, прямоугольные треугольники и четырехугольники. Именно эти фигуры заложили основу прямоугольно-

сти в организации окружающего пространства, условия предопределенности [3, 11].

Прямоугольность – фундаментальное свойство окружающей человека среды, одно из главных условий цивилизационного развития. «Божественные пропорции», «золотое правило», гармония творений и добавим к ним прямой угол – все это не придуманное человеком на какой-то ступеньке развития, а есть общий закон развития цивилизации, заложенный природой и определяющий, что другого пути нет.

Именно все это и является фактором предопределенности развития, фактором его заданности, главенствующим в природе. Такой фактор развития есть своего рода закон Вселенной. Сама прямоугольная организация окружающего пространства вторичной среды, а также физиология человека, являются оптимальными и естественными. Иная альтернатива организации пространства в представлениях человека характеризуется, по крайней мере, как противоестественная. Очевидно, что в этом факторе заданности кроется тайна природы, Вселенной. Сам человек, в конце концов, есть результат этой заданности, предопределенности. Важнейшей доминантой такой предопределенности развития служит прямоугольность фигуры человека и заложенные в нем принципы влияния. Это выражено наличием прямого угла (или двух прямых) в пределах движений его рук, ног и других частей тела [1, 3, 11].

В эволюции геодезии, как было отмечено, предопределяющую роль играют два принципа влияния (ориентации): «Принцип вертикаль-горизонталь» (ПВГ) и «Принцип 4-х направлений» (П4Н). В каждом из этих принципов их структурным элементом служит прямой угол. Именно он составляет некий мировой стандарт в системе геометрических свойств окружающего пространства, а именно – свойств перпендикулярности и параллельности, горизонтальности и вертикальности.

В отношении упомянутых принципов ПВГ и П4Н отметим, что первый из них (ПВГ) природного (физического) происхождения, а второй (П4Н) – антропного. Действительно, хотя принцип П4Н связан с различными циклическими, в том числе космическими процессами, но важнейшая его часть, смысловая, связана с человеком, с его «прямоугольностью», с «четырёхсторонностью» его фигуры. Применительно к окружающему пространству его можно определять как принцип ориентации или как координатный принцип. Применительно к рассматриваемым принципам ориентации (влияния) есть вполне определенная особенность, характерная для нашей цивилизации. Вместе с тем свойства вертикальности и горизонтальности несут в себе характерную особенность всеобщности.

На основе ПВГ и П4Н происходила эволюция геодезии как применительно к общей эволюции теории и практики геодезических работ, так и в отношении хозяйственной, общественной и других видов деятельности. Во всем разнообразии геодезической деятельности прямой угол был главным структурным элементом этих принципов, составлял поразительно необходимый и важнейший

фундамент развития. Вместе с тем он был неким определяющим составным элементом фигуры человека и жизни общества [1, 7, 9, 10].

Ранние познания геометрии (землемерие) в какой-то мере обязаны прямому углу. Первые геометрические понятия, термины связаны с прямым углом и прямой линией. Прямоугольность, есть оптимальный вариант организации пространства и времени. Одной из важнейших сфер применения условия прямоугольности было строительство и земледелие.

До создания геодезических инструментов (землемерный крест, ватерпас и др.) человек в геометрических построениях на земле и в ориентации в пространстве обходился возможностями своей фигуры. Природа наградила фигуру человека важнейшими прямоугольными свойствами и в этом плане он был самодостаточен в решении различных задач геодезической деятельности. Оба принципа, заложенные в человека, позволяли ему решать геометрические задачи в пространстве, обходясь свойствами «прямоугольности» его фигуры. Конечно, точность была невысокой (10^{-1} - 10^{-2}). Но этого было достаточно для данного вида работ в глубокой древности.

Но позднее, возможно с 4-3-го тысячелетия до н.э., при строительстве городов, храмов, межевании земель, потребовалась точность измерений, превосходящая прежнюю на 1-2 порядка (в рамках 10^{-2} - 10^{-4}). Потребовались первые геодезические инструменты, в том числе ватерпас и землемерный крест, с помощью которых можно было построить на земле прямоугольные фигуры. Основой свойства прямоугольности в пространстве является прямой угол. Он составляет своего рода константу, базу развития геодезических знаний. Следует отметить, что в мировоззрении, философии древнего человека, он сам и основа его деятельности связывались часто с геометрическими фигурами, в том числе прямоугольными [1, 2, 4, 6, 8, 11,12].

В 4-3 тысячелетии до н.э. люди стали строить города, дворцы, храмы т.е. создавать вторичную среду обитания. Возникла необходимость в планировке возводимых сооружений. Именно поэтому люди должны были владеть абстрактными понятиями: линия, плоскость, поверхность, прямой угол. При наличии прямого угла, а также линии и плоскости, человек мог строить различные геометрические фигуры, в первую очередь прямоугольные.

К этому времени, несомненно, сложились знания о важнейших геометрических свойствах окружающего пространства, свойства линий и плоскостей в этом пространстве – перпендикулярность, параллельность, горизонтальность, вертикальность. При ориентировании в пространстве люди должны были обладать понятиями, связанными с двумя принципами: ПВГ и П4Н. В совокупности всего перечисленного важную роль играл прямой угол. Таким образом, прямой угол в жизни людей, в связи с всеобщей прямоугольностью окружающего мира, представлял собою фундаментальную геометрическую основу создания вторичной среды и деятельности людей в окружающем пространстве. Реализация всего рассмотренного происходила в сфере теории и практики геодезических знаний. Все перечисленное составляло стержень развития и прогресса в области геометрии (землемерие – этимология понятия геометрия) [1, 10].

Линия – есть структурообразующий элемент построения различных фигур геометрии. Ее прообразом в глубокой древности стала натянутая веревка. Нить, веревка во многих языках, в том числе латинском, стало этимологической основой понятия линии. Именно мерная веревка явилась базой формирования простейших геометрических понятий. В начале исторического пути геодезии решались задачи по определению формы, размера и пространственного положения (ФРПП) объектов и явлений окружающего мира. Действительно с помощью мерной веревки можно было не только измерить, построить прямую линию, но и прямой угол (а потому и прямоугольные фигуры), а, следовательно, в итоге прокладывать прямолинейно-прямоугольные хода, осуществлять ориентацию геометрических построений на земле. Более того, при больших уклонах местности можно было производить нивелировку, контролируя горизонтальность натянутой веревки со стороны третьим лицом (как это делали еще в позднее Средневековье) [12].

Ввиду основополагающей значимости прямого угла, с него, по существу, начинались геометрические знания. На основе принципов влияния (ориентации), вероятно, люди могли создавать еще в глубокой древности макет прямого угла – угольник в деревянном или каком-либо другом исполнении, причем различных размеров. В качестве артефактов в Египте при раскопках были найдены образцы угольников.

Все выше описанное и связанное с прямым углом можно было бы считать только интересным историческим фактом и не более. Но с точки зрения исторической целесообразности, связанности и логики эволюции едва ли возможно отрицать роль прямого угла в качестве сквозного связующего звена всей истории геодезии. Прямой угол играет своего рода роль ДНК в генезисе исторического развития геодезии. С другой стороны вполне возможно отправной точкой рассматриваемой эволюции был сам человек, его фигура или некая заданность природного происхождения (космического), направленность развития и его предопределенность. Другие варианты факторов развития и его направленности в какой-то мере, хотя и возможны, «отторгались» как «чужеродные» формы, неприемлемые в земной среде обитания. Недаром известное выражение Э. Канта «Геометрия – форма чувственности» характеризует связь человека с окружающим миром непосредственно через призму геометрии. В то же время по выражению Пифагора и Платона геометрия составляет основу организации окружающего мира. Во всей заданности развития геодезического знания все составляющие его являются обязательными, без которых эта система знаний несостоятельна.

Наконец, система геодезических координат - это в действительности «Принцип 6-ти направлений» (П6Н), заложенный в фундамент всей теории и практики геодезических работ. В заключение можно сформулировать следующее выражение: «Прямой угол – константа развития», отражающее фундаментальную сущность геодезии [1, 3, 12, 13].

Для нашей земной цивилизации в рамках существующего пространства-времени эта «константа» сохранит свое значение в ближайшем времени. Суще-

ство такого вывода вытекает из того, что прямоугольность заложена не только в систему геодезических измерений, но и в систему их контроля, в систему расчетов, моделирования, в системы координат и в целом в проблему координатизации окружающего пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синянская М. Л. Фактор прямого угла в «Принципах влияния» в геодезии // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 106–110.
2. Синянская М. Л. Сакральная геометрия и геодезия // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 58–62.
3. Синянская М. Л. Прямоугольность как геометрический фактор развития геодезии // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1. – С. 11–15.
4. Тетерин Г. Н. История развития геодезии. – Новосибирск: СГГА, 1999. – 276 с.
5. Тетерин Г. Н. Концепция развития геодезии // Известия вузов. Геодезия и аэрофото съемка. – 2002. – № 4. – С. 51–60.
6. Тетерин Г. Н. Принципы, критерии, законы развития геодезии. – Новосибирск: Сибпринт, 2003. – 106 с.
7. Тетерин Г. Н. Геодезия в циклах развития // Известия вузов. Геодезия и аэрофото съемка, 2004. – № 2. – С. 126–137.
8. Тетерин Г. Н. История геодезии (до XX в.). – Новосибирск: ООО «Альянс-Регион», 2008. – 300 с.
9. Тетерин Г. Н., Синянская М. Л. Биографический и хронологический справочник (Геодезия, до XX в.). – 2009. – 516 с.
10. Тетерин Г. Н., Тетерина М. Л. Древние измерительные системы и два принципа влияния (ПВГ и П4Н) // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 123–124.
11. Тетерин Г. Н., Синянская М. Л. Феномен прямого угла и прямоугольности в геодезии // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 1. – С. 48–51.
12. Тетерин Г. Н., Синянская М. Л. Угловые и линейные меры измерений в древнее время // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 54–59.
13. Тетерин Г. Н., Синянская М. Л. Биографический и хронологический справочник (Геодезия, картография – двадцатый век), Том II – 2012. – 592 с.

© М. Л. Синянская, 2014

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УТОЧНЕНИЮ СХЕМЫ
ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ
НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ
ГЫДАНСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Владимир Николаевич Бородкин

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука (ЗСФ ИНГГ СО РАН), 625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского 56, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, тел. (3452)20-07-02, e-mail: alexandr.nekrasov@geores.ru

Аркадий Романович Курчиков

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука (ЗСФ ИНГГ СО РАН), 625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского 56, доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент Российской Академии наук, директор, тел. (3452)46-58-27, e-mail: ARKurchikov@tmnsc.ru

Даны рекомендации по уточнению схемы литофациального районирования нижнемеловых отложений, предложено распространить границы Уренгойского литофациального подрайона на Гыданскую и Енисей-Хатанскую НГО, а вместо индексов БГ, НХ, СД и других в пределах данных НГО ввести единые индексы БУ и ТП.

Ключевые слова: литофациальный район, стратотип, сейсмофациальный комплекс, индекс пласта, Западная Сибирь.

**PROPOSALS FOR ADJUSTING OF LITHOFACIES REGIONALIZATION
PLAN OF LOWER CRETACEOUS DEPOSITS WITHIN THE LIMITS
OF GYDAN PETROLEUM AREA IN WEST SIBERIA**

Vladimir N. Borodkin

West Siberian Division of A. A. Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 625000, Russia, Tyumen, 56 Volodarskogo St., Ph. D. of geological and mineralogical sciences, chief research scientist, tel. (3452)20-07-02, e-mail: alexandr.nekrasov@geores.ru

Arkadiy R. Kurchikov

West Siberian Division of A. A. Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 625000, Russia, Tyumen, 56 Volodarskogo St., Ph. D. of geological and mineralogical sciences, corresponding member of Russian Academy of Sciences, director, tel. (3452)46-58-27, e-mail: ARKurchikov@tmnsc.ru

The report gives recommendations for adjusting of lithofacies regionalization plan of Lower Cretaceous deposits. The authors offer to expand the boundaries of Urengoylithofaciessubregionto Gydan and Yenisei-Khatanskayapetroleum area and also to put into practice the unified layer designation (BU, TP) instead of BG, NKh, SD and others.

Key words: lithofacies region, stratotype, seismofacial complex, layer designation, West Siberia.

Территория Гыданской нефтегазоносной области (НГО) по сравнению с более южными районами слабо изучена глубоким бурением и геофизическими работами [1,2]. Согласно последней схеме литофациального районирования она входит в состав Гыданско-литофациального подрайона (ЛФПР) Ямало-Гыданско-литофациального района (ЛФР) (рис. 1).



Рис. 1. Схема литофациального районирования и расположения скважин со стратотипическими разрезами неокомских отложений севера Западной Сибири:

- 1-скважины с вновь выделенными гипостратотипическими разрезами неокомских отложений; 2- скважины со стратотипическими разрезами неокомских отложений;
- 3- граница ЯНАО; 4- граница ЛФР; 5-граница ЛФПР; 6- направления корреляционных схем;
- 7- месторождения УВ; 8- границы УренгойскогоЛФПР в пределах Гыданской и Енисей-Хатангской НГО

На начальных этапах поисково-оценочных работ в пределах Гыданской НГО в разрезе неокома в качестве стратотипа пластов группы БГ принята скважина 46 Геофизической площади, расположенная в самой западной части ЛФПР (см. рис. 1). В разрезе скважины были выделены пласты группы БГ₁₀-БГ₁₉ [3]. Результаты геологоразведочных работ на ряде площадей к востоку от стратотипа позволили установить в разрезе появление ниже пласта БГ₁₉ новых песчано-алевритовых пластов. В связи с этим, с целью упорядочения индексации пластов БГ в качестве гипостратотипа, предложена скважина 25 Тотаяхинской площади, в которой выделены пласты БГ₂₀-БГ₃₂ [4].

Как выше отмечалось, наиболее изучена геолого-геофизическими исследованиями территория Надым-Газовского междуречья, в составе которой выделена серия стратотипов пластов группы БН, БУ, БТ, БП, БС (см.рис.1). Ранее [5], на основании сейсмогеологической корреляции было установлено взаимоотношение их в разрезе между собой. С целью увязки разрезов пластов БГ Гыданского ЛФР с пластами БУ и БП Уренгойско-Пурпейского ЛФР проведена корреляция через стратотипы по линии 106 регионального сейсмического профиля [6]. В результате выполненной корреляции – установлено взаимоотношение данных пластов и изохронных клиноформных образований ачимовской толщи (БП₃₋₄-БУ₈₋₉-БГ₃₁₋₃₂-Ач₅ и т.д.). В связи с клиноформной моделью строения берриас-нижнеаптских отложений вместо свит нами предложено [7] выделять сейсмофациальные комплексы (СФК). Границы СФК уверенно трассируются в разрезе и зачастую пересекают в плане границы нескольких свит.

На основании сейсмогеологической корреляции по линии региональных сейсмических профилей были откартированы границы прибрежно-мелководных частей СФК (рис. 2). Таким образом в пределах Гыданской НГО были прослежены границы пластов группы БУ и их аналогов. В связи с этим в работе [2] в пределах Гыданкой и Енисей-Хатангской НГО вместо пластов БГ, СД, НХ и др. предлагалось выделять пласты группы БУ, которые были прослежены [6] от Уренгойскомегавала через стратотипические разрезы.

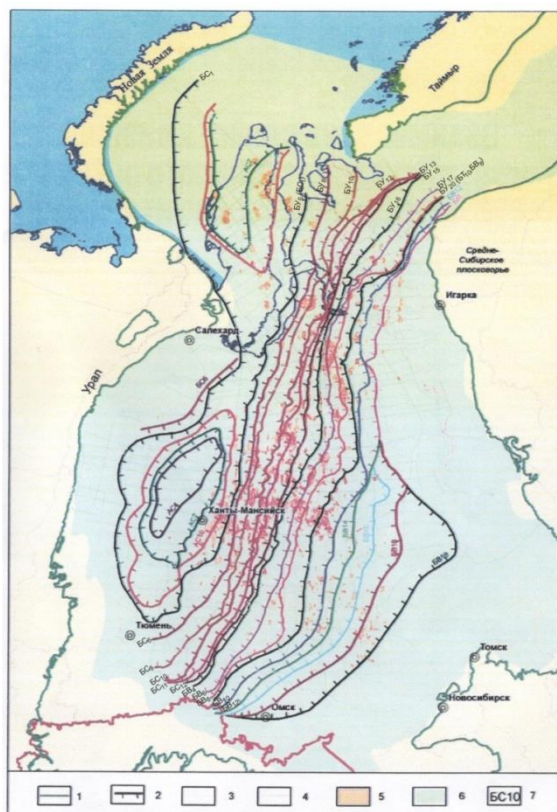


Рис. 2. «Бровки» мелководно-морских террас неокома Западной Сибири:

- 1 – граница выхода палеозойских пород на поверхность; 2 – «бровки» неокомских пластов;
- 3 – региональные профили ОГТ; 4 – граница субъектов РФ; 5 – залежи УВ в неокомском НК; 6 – область распространения неокомских отложений; 7 – индекс пласта

Следует отметить, что нами ранее [8] при стратификации разреза нижнемеловых отложений в пределах Гыданской НГО по линии ряда региональных сейсмических профилей также использовалась индексация пластов группы БУ (рис. 3).

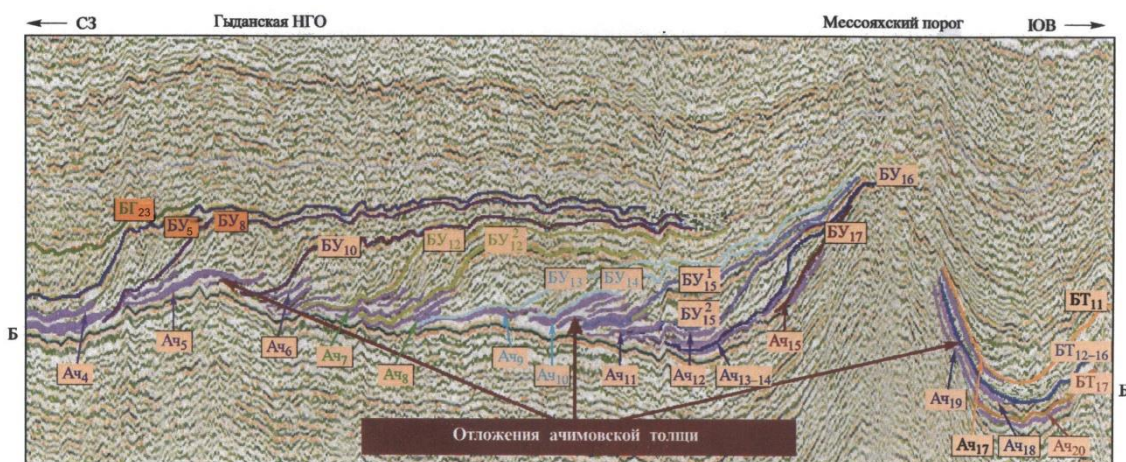


Рис. 3. Сейсмогеологическая корреляция по линии регионального сейсмического профиля №108

Таким образом, из приведенного выше материала напрашивается вывод об корректуре схемы литофациального районирования нижнемеловых отложений, а точнее расширении границ Уренгойского ЛФПР на север региона.

В пределах Уренгойского ЛФПР, его восточной части, в гипостратотипе пластов БУ скважине 5 Усть-Ямсовейской площади выделен последний в разрезе подрайона пласт БУ₂₀ [9], восточнее его ниже по разрезу уже прослеживаются пласты БГ (БГ₁₁, БГ₁₂ и т.д) Тазовского ЛФР.

В связи с этим, восточную границу Уренгойского ЛФПР следует проводить по зоне фациального замещения («бровке») пласта БУ₂₀ (см. рис. 2; с учетом границы площадного распространения пласта на восток).

В западной части Уренгойского ЛФПР непрерывное распространение имеет «бровка» пласта БС₁ (см. рис. 2), покрывкой которого является трансгрессивная неокомская пачка Среднего Приобья Западной Сибири. Пачка разделяет пласты группы Б преимущественно мелководно-морского генезиса и пласты группы А с преобладанием континентальных фаций. В Уренгойском ЛФПР аналогом пимской пачки является покрывка над пластом БУ₅ [5], то есть пласт БС₁ сопоставляется с пластом БУ₅. В соответствии с выполненной корреляцией [6] пластам БУ₁₋₄ соответствуют на Гыданском полуострове пласты БГ₂₃₋₂₇, АЧ₁₀₋₁₁-БГ₂₀₋₂₂, АЧ₉-БГ₁₉ и т.д. В работе [2] пластам, залегающим выше пласта БУ, рекомендовалось выделять пласты группы ТП с прослеживанием новых пластов ТП₂₅-ТП₂₉. Нами ранее [8] в пределах Гыданской НГО выше пласта БУ₅ (БС₁) выделялись пласты группы БГ (см. рис. 3).

Таким образом, предлагается западную границу УренгойскогоЛФПР в пределах Гыданской НГО проводить по «бровке» пласта БУ₅ (БС₁) (см. рис. 2), к западу от данной границы следует выделять пласты группы БГ ГыданскогоЛФПР, либо как рекомендовалось в работе [2] пласты группы ТП Восточно-ЯмальскогоЛФПР (см.рис.1). То есть в пределах Гыданской и Усть-Енисейской НГО, на основании стратификации разреза неокома в более изученных южных работах региона (см.рис.2), предлагается выделять в разрезе нижнего мела пласты группы БУ (ТП), а границу УренгойскогоЛФПР продлить на север региона (см. рис. 1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Гыданского полуострова севера Западной Сибири /А.Р. Курчиков, В.Н. Бородкин, А.С. Недосекин, С.М. Зарипов // Науки и ТЭК, Тюмень, 2012, №3, с.10-14.
2. Мельникова М.В. Строение отложений осадочного чехла полуострова Гыдан и оценка перспектив его нефтегазоносности. Автореферат диссертации на соискании ученой степени к.г.-м.н., Тюмень, 2013, 11с.
3. Решение совещания по вопросам корреляции и индексации продуктивных пластов мезозойских отложений Тюменской области. Тюмень, 1986,38с.
4. Гипостратотипический разрез пластов группы БТ Гыданского литофациального подрайона/ И.И.Нестеров (мл.), В.А. Ордии, П.В.Пенягин//Горные ведомости, Тюмень, 2005,№3, с.20-25.
5. Стратиграфо-корреляционная основа построения региональной сейсмогеологической модели неокомских шельфовых и клиноформных отложений севера Западной Сибири/ В.Н. Бородкин, Н.П. Дещеня, И.И. Нестеров (мл.), П.В. Пенягин, Н.А. Каримова// Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 2003, №4-5, с 34-40.
6. Бородкин В.Н., Курчиков А.Р. Стратиграфо-корреляционная основа геологического моделирования нижнемеловых отложений Гыданской нефтегазоносной области севера Западной Сибири// Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 2014,№3,с.4-12.
7. Бородкин В.Н., Курчиков А.Р. Материалы к уточнению стратиграфической схемы берриас-нижнеаптских отложений Западной Сибири с учетом клиноформного строения разреза// Геология и геофизика. Новосибирск, 2010, №12, т.51, с.1631-1639.
8. Бородкин В.Н., Курчиков А.Р. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности ачимовской толщи севера Западной Сибири. Новосибирск, издательство СО РАН, 2010, 138 с.
9. Бородкин В.Н., Брехунцов А.М., Мельников В.М. Стратотип песчано-алевритовых пластов в разрезе берриас-валанжина Уренгойского нефтегазоносного района //Труды ЗапСибНИГНИ, Тюмень, 1982, Вып.169, с.136-143.

© В. Н. Бородкин, А. Р. Курчиков, 2014

ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЛЮСА ЗЕМЛИ НА ЗНАЧЕНИЕ НОРМАЛЬНОГО УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Юрий Викторович Дементьев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. 8-913-901-08-71, e-mail: dir.inst.dzp@ssga.ru

Анатолий Иванович Каленицкий

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования, тел. 8-913-906-74-53, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Артем Владимирович Мареев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, студент группы КГ-51, тел. 8-953-865-45-78

Исследовано влияние движения полюса Земли на нормальное значение ускорения силы тяжести. Показано, что изменение нормального значения ускорения силы тяжести на поверхности отсчетного эллипсоида за счет движения полюса Земли в течение года может достигать более 10 мкГал.

Ключевые слова: движение полюса Земли, нормальная сила тяжести, геоцентрические координаты, условный полюс Земли.

POLAR MOTION INFLUENCE ON VALUE OF NORMAL ACCELERATION OF GRAVITY

Yury V. Dement'ev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, ul. Plakhotnogo 10, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. 8-913-901-08-71, e-mail: dir.inst.dzp@ssga.ru

Anatoly I. Kalenitsky

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, ul. Plakhotnogo 10, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Physical Geodesy and Remote Sensing, tel. 8-913-906-74-53, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Artem V. Mareev

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, ul. Plakhotnogo, 10, student of KG- 51, tel. 8-953-865-45-78

The influence of the polar motion of the Earth on the normal value of the acceleration of gravity . Shown that the variation of the normal value of the acceleration due to gravity at the surface of the indicating ellipsoid by the polar motion of the Earth during the year can reach more than 10 microGal.

Key words: polar motion of the Earth, the normal force of gravity, the geocentric coordinates conditional Pole.

Разрешающая способность современных гравиметров составляет величину порядка 0,003-0,005 мГал. Однако сила тяжести в конкретной точке на поверхности Земли не остается постоянной с течением времени. Изменения силы тяжести могут вызываться происходящими в земной коре и мантии геологическими процессами, техногенными воздействиями, периодическим колебанием атмосферного давления, сезонным выпадением осадков, колебанием уровня грунтовых вод и др. Суммарный эффект в измеряемом значении силы тяжести при этом может достигать величин, равных 0,010-0,030 мГал [1,2,3].

Еще одним, ранее не исследуемым фактором, влияющим на значение ускорения силы тяжести, является движение полюса Земли. В земных системах геоцентрических координат началом является центр масс Земли, а направление осей связывается с положением полюса Земли, ее экватора и начального меридиана [4]. Эти системы вращаются вместе с Землей при ее суточном движении в пространстве.

Координаты пунктов, расположенные на земной поверхности, как правило, определяются в системе координат, связанных с *условным Земным полюсом* (усредненное положение истинного полюса за некоторый период). В связи с этим различают среднюю (с условным полюсом) и мгновенную (с мгновенным полюсом) земные системы координат, связь которых осуществляется через координаты мгновенного полюса Земли x_p и y_p . Очевидно, что теоретические (нормальные) значения ускорения силы тяжести должны определяться в мгновенной системе координат. Другими словами, при расчете нормальных значений ускорения силы тяжести в заданных точках требуется от средних земных координат перейти к мгновенным координатам. При этом поправки dX, dY, dZ в прямоугольные средние земные координаты пунктов можно рассчитать по известным формулам

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & -x_p \\ 0 & 0 & y_p \\ x_p & -y_p & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} (N+H)\cos B\cos L \\ (N+H)\cos B\sin L \\ (N(1-e^2)+H)\sin B \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} -x_p(N(1-e^2)+H)\sin B \\ y_p(N(1-e^2)+H)\sin B \\ (x_p\cos L - y_p\sin L)(N+H)\cos B \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (1)$$

где B, L, H – геодезические координаты, связанные с условным земным полюсом: широта, долгота и высота пункта наблюдений соответственно, e^2 – квадрат эксцентриситета принятого земного эллипсоида, N – радиус кривизны первого вертикала.

Поправки в прямоугольные координаты dX, dY, dZ зависят от величин поправок в геодезические координаты dB, dL, dH [5]:

$$\begin{bmatrix} (M + H)dB \\ (N + H)\cos B dl \\ dH \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где M – радиус кривизны меридиана.

Подставляя в правую часть выражения (2) значения dX, dY, dZ из формулы (1) и выполняя простые преобразования, имеем:

$$\left. \begin{aligned} dB &= \frac{N + H - e^2 N \sin^2 B}{M + H} (x_p \cos L - y_p \sin L), \\ dL &= \frac{N + H - e^2 N}{N + H} (x_p \sin L + y_p \cos L) \operatorname{tg} B, \\ dH &= \frac{e^2 N}{2} \sin 2B (x_p \cos L - y_p \sin L). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Заметим, что координаты x_p, y_p мгновенного полюса Земли, как правило, не превосходят $0,6''$, поэтому с достаточной точностью выражение (3) можно представить в виде:

$$\left. \begin{aligned} dB'' &= (x_p'' \cos L - y_p'' \sin L), \\ dL'' &= (x_p'' \sin L + y_p'' \cos L) \operatorname{tg} B, \\ dH(i) &= 0,1036 \sin 2B dB''. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

При этом изменение высоты dH в выражении (4) следует отождествлять с изменением по широте B радиуса кривизны первого вертикала dN , то есть полагать $dH = dN$.

Нормальное значение ускорения силы тяжести γ в точке наблюдений рассчитывается по формуле

$$\gamma = \gamma_0 + \frac{\partial \gamma}{\partial H} = \gamma_e (1 + \beta \sin^2 B) - 0,3086 H, \quad (5)$$

$$\beta = \frac{\gamma_e - \gamma_p}{\gamma_e},$$

где $\gamma_0, \gamma_e, \gamma_p$ – значение нормальной силы тяжести на поверхности уровенного эллипсоида, на экваторе и на полюсе соответственно.

Дифференцируя выражение (5) и подставляя численные значения параметров уровенного эллипсоида, получим (в *мГал*)

$$d\gamma = d\gamma_0 + \frac{\partial \gamma}{\partial H} dH = 0,0252 \sin 2B dB'' - 0,3086 dH(м) \quad (6)$$

Окончательно, с учетом соотношения (4) элементы $d\gamma_0$ и $d\gamma$ формулы (6) можно представить в виде

$$\left. \begin{aligned} d\gamma_0 &= 0,0252 \sin 2B (x_p'' \cos L - y_p'' \sin L) \\ d\gamma &= -0,0068 \sin 2B (x_p'' \cos L - y_p'' \sin L) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

или

$$d\gamma = -0,27 d\gamma_0. \quad (8)$$

Рассмотрим числовой пример. В табл. 1 приведены значения (в секундах дуги) координат мгновенного полюса Земли на начало каждого месяца 1996 года (столбцы 2-3). Для пункта с геодезическими координатами $B=55^\circ$ и $L=83^\circ$ (район г. Новосибирска) по формулам (4) рассчитаны значения поправок dB'' (столбец 4) и dH (столбец 5) на каждую заданную дату. В столбцах 6 и 7 приведены величины $d\gamma_0$ и $d\gamma$, вычисленные по формулам (7).

Таблица 1

Дата	x_p''	y_p''	dB''	dH м	$d\gamma_0$ мГал	$d\gamma$ мГал
1	2	3	4		5	
1996,00	-0,18	0,20	-0,220	-0,022	-0,0052	0,0014
1996,08	-0,22	0,31	-0,334	-0,033	-0,0079	0,0021
1996,16	-0,20	0,42	-0,441	-0,043	-0,0104	0,0028
1996,25	-0,14	0,52	-0,533	-0,052	-0,0126	0,0034
1996,33	-0,05	0,57	-0,571	-0,056	-0,0135	0,0037
1996,41	0,08	0,60	-0,586	-0,057	-0,0139	0,0037
1996,49	0,19	0,54	-0,513	-0,050	-0,0121	0,0033
1996,58	0,26	0,46	-0,425	-0,041	-0,0101	0,0027
1996,66	0,29	0,35	-0,312	-0,030	-0,0074	0,0020
1996,74	0,27	0,23	-0,195	-0,019	-0,0046	0,0012
1996,82	0,20	0,14	-0,115	-0,011	-0,0027	0,0007
1996,90	0,08	0,08	-0,070	-0,007	-0,0016	0,0004
1997,00	-0,02	0,07	-0,072	-0,007	-0,0017	0,0005

На основании выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

- Изменение нормального значения силы тяжести на поверхности уровня эллипсоида $d\gamma_0$ за счет изменения координат полюса Земли в течение года в данном примере достигает 12 мкГал , что в несколько раз превосходит приборную погрешность современных гравиметров;
- Изменение нормального значения ускорения силы тяжести в точке наблюдений $d\gamma$ не зависит от высоты пункта и во всем внешнем пространстве в 3,7 раза меньше по абсолютной величине соответствующего значения $d\gamma_0$
- При развитии высокоточных гравиметрических сетей следует учитывать движение полюса в теле Земли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. IERS Technical Note 32. IERS Conventions (2003) [Electronic resource] / D.D.Mc/ Carthy and G. Petit (eds.) – Англ. – Режим доступа: <ftp://maia.usno.navy.mil/conv2000/>. – Загл. с экрана.
2. Дементьев Ю. В. Изменение ускорения силы тяжести под действием приливных деформаций Земли и атмосферных нагрузок // ГЕО-Сибирь-2007. III Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 25–27 апреля 2007 г.). – Новосибирск: СГГА, 2007. Т. 1, ч. 2. – С. 266–272.
3. Дементьев Ю. В. Изменение ускорения силы тяжести под действием атмосферного давления // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск: СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 80–81.
4. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]: в 2 т. Т.1: Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: Картгеоцентр, 2005. – 334 с.: ил.
5. Машимов М. М. Теоретическая геодезия [Текст] / М. М. Машимов – М.: Недра, 1991. – 268 с.: ил.

© Ю. В. Дементьев, А. И. Каленицкий, А. В. Мареев, 2014

ВЕДЕНИЕ ДЕЖУРНОГО ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА МАСШТАБА 1 : 500 НА ТЕРРИТОРИЮ ГОРОДСКОГО ОКРУГА БАРНАУЛ

Анастасия Витальевна Владыкина

ООО «Новосибирский Инженерный центр», 630048, Россия, г. Новосибирск, ул. Телевизионная, 15, кандидат технических наук, ведущий инженер научно-технического отдела, тел. (383)212-19-90, e-mail: info@nica-nsk.ru

Антонида Владимировна Далидович

Комитет по земельным ресурсам и землеустройству города Барнаул, 656031, Россия, г. Барнаул, пр. Строителей, 34, начальник отдела геослужбы комитета по земельным ресурсам и землеустройству, тел. (3852)62-43-15, e-mail: daw@zempl.barnaul-adm.ru

Татьяна Борисовна Жеребцова

Комитет по земельным ресурсам и землеустройству города Барнаул, 656031, Россия, г. Барнаул, пр. Строителей, 34, ведущий специалист отдела геослужбы комитета по земельным ресурсам и землеустройству, тел. (3852)62-32-47

Планы города входят в состав архивного фонда инженерных изысканий для строительства на территории городского округа Барнаул, который формируется и ведется комитетом по земельным ресурсам, отделом геослужбы. В комитете успешно реализуется программа по переводу материалов в векторно-растровый вид в программе AutoCAD.

Ключевые слова: инженерно-топографические планы, растеризация.

ADVANCE TOPOGRAPHIC PLAN (1 : 500) FOR BARNAUL URBAN DISTRICT

Anastasia V. Vladykina

Scientific and Technical Department, 630054, Russia, Novosibirsk, 15 Televizionnaya St., Ph.D., Lead engineer, tel. (383)212-19-90, e-mail: info@nica.nsk.ru

Antonida V. Dalidovich

Head of Geoservice Department, Committee for Land Resources and Land Management, 656031, Russia, Barnaul, 34 Stroiteley St., tel. (3852)62-43-15, e-mail: daw@zempl.barnaul-adm.ru

Tatiana B. Zherebtsova

Committee for Land Resources and Land Management, 656031, Russia, Barnaul, 34 Stroiteley St., Main specialist, Geoservice Department, tel. (3852)62-32-47

City plans are part of the archival fund engineering surveys for construction in the urban district of Barnaul, which is generated and maintained by Committee on Land Resources, Department Geoservis. The committee successfully implementing a program to transfer materials in vector and raster form in the program AutoCAD.

Key words: engineering and topographic plans, rasterization.

Инженерно-топографические планы масштаба 1:500 являются важнейшим информационным ресурсом городов. Они служат основой проектов под строи-

тельство зданий, различных инженерных сооружений, включая инженерные коммуникации, при производстве землеустроительных работ, являются основой для обслуживания инженерных сетей, включая аварийные ситуации. Еще не во всех городах РФ перешли к современным технологиям ведения дежурного плана, после съемки высокоточными приборами обновление выполняется традиционно на планшетах на жесткой основе. Переходить на векторную модель технологически сложно и экономически затратно для городских архитектур. Актуальной остается технология ведения растрово-векторного дежурного плана населенного пункта.

Существующие топографические фонды г. Барнаул начали создаваться еще в середине 70-х годов и к настоящему времени существенно изношены и находятся в критическом состоянии (рис. 1). В 2009 году комитет по земельным ресурсам и землеустройству города Барнаула вышел с инициативой перевода топографических фондов города в электронный вид, что позволит перейти на качественно новый уровень создания, ведения, хранения и использования топографических планов.

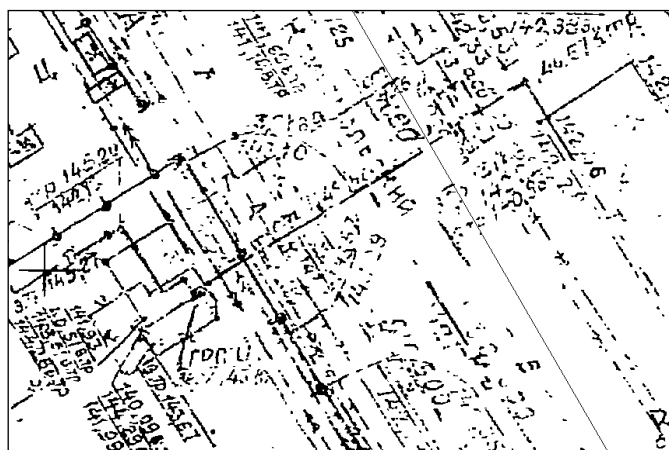


Рис.1. Фрагмент инженерно-топографического плана

В 2009 году по заказу Комитета сотрудниками ООО «Новосибирский инженерный центр» разработана технология ведения и обновления топографо-геодезических фондов и технология обновления топографических планов 1:500 масштаба.

В качестве базового программного обеспечения выбрано AutoCAD, как наиболее распространенная среда автоматизированного проектирования и соответствующая требованиям нормативных документов. Использование AutoCAD позволит выдержать единую технологическую линию обработки информации, включающие этапы производства изысканий, проектирования и эксплуатацию объектов строительства. Использование программы Raster Desk, растеризующей векторное изображение в AutoCAD, позволяет получить традиционные растровые копии топографических планшетов и таким образом постепенно

восстановить утраченную на планшетах информацию. В переходный период выполнялась корректировка и растровой копии планшета и планшетов на жесткой основе.

Постановлением Администрации города Барнаула от 03.03.2010 № 770 утверждено Положение о переходе на ведение цифровых топографических планов на территорию городского округа – города Барнаула Алтайского края. Для решения поставленной задачи комитетом разработана долгосрочная целевая программа на 2010-2013 г, и с июля 2010 года комитет приступил к ее реализации. Приобретено оборудование и программное обеспечение: три компьютера с AutoCAD; Raster Desk, MapInfo Professional; цветной широкоформатный сканер и принтер. Создана рабочая группа, которая с января 2011 г приступила к обработке планшетов.

Специалистами ООО «Новосибирский инженерный центр» проведено обучение сотрудников геослужбы комитета технологии создания, ведения и хранения базы данных инженерно-топографических планов. Технологию обновления планшетов освоили не только сотрудники комитета, но специалисты около 30 организаций, занимающихся топографо-геодезической деятельностью, которые всесторонне поддержали переход на электронный вид работы.

Разработаны топографические условные знаки масштабного ряда от 1:500 до 1:2000. Условные знаки для картографирования в среде AutoCAD в целом сформированы стандартными средствами, но при этом достаточно сложно было добиться корректности условных знаков требованиям НТД, особенно это касается линейных и площадных знаков, требуется внедрения элементов программирования на AutoLISP. Точечные условные знаки выполнены как блоки с атрибутами. Примеры линейных знаков и точечного знака отдельно стоящего дерева показаны на рис. 2. При использовании точечного знака реализована возможность выбора вида знака, например породы отображаемого дерева.

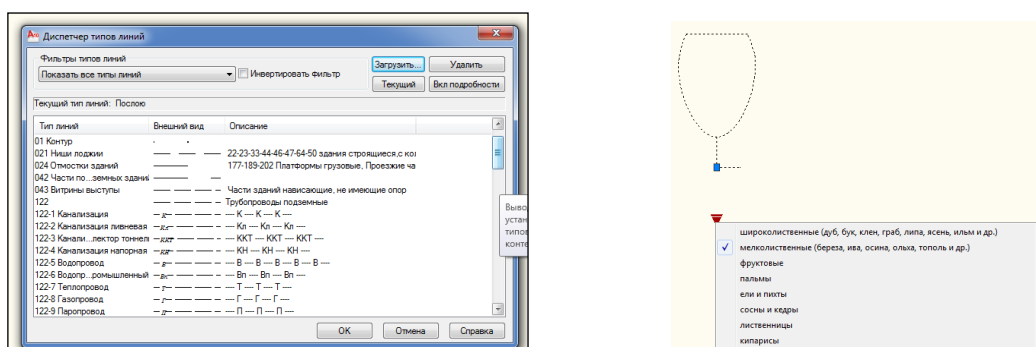


Рис. 2. Разработанные условные знаки

Разработана структура базы данных в Microsoft Office Access, содержащая информацию о датах создания и обновления планшетов, организациях, производящих работы, географическое место и цели работ (рис. 3).

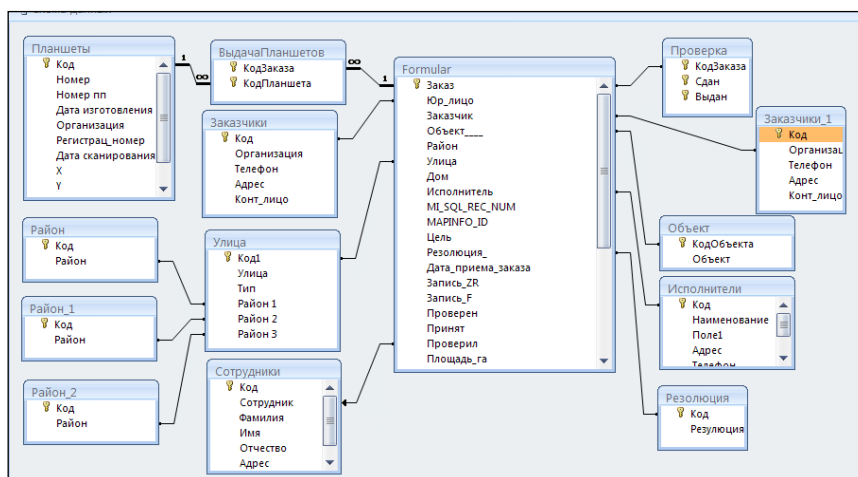


Рис. 3. Структура базы данных

В настоящий момент приведены в электронный вид более 4 тысяч планшетов, обновление ведется три года. Активно застраиваемая часть городского округа уже покрыта новой съемкой. На исторический центр города планшеты особенно изношены и практически не обновляются, так как строительные работы в историческом центре не ведутся.

С 2013 года топографические планы ведутся только в цифровом виде.

В процессе реализации программы выявлены технологические и организационные трудности:

- обмен информацией между кадастровой палатой, архитектурой и геофондом осложнен общей несогласованностью взаимодействия, использованием различного программного обеспечения.

- частично информационные ресурсы переведены в новую систему координат МСК-22, но планшеты обрабатываются в городской системе координат, что влечет дополнительные пересчеты;

- на городской округ не создан адресный план, а следовательно усложнены поисковые операции;

- обработку всей базы топографических планшетов (прием заказов, выдачу и прием планшетов, проверку обновленных растров) осуществляют лишь два специалиста, с учетом около 40 организаций, активно работающих с материалами фонда, нагрузка очень высокая.

Несмотря на перечисленные сложности, переход на цифровые технологии уже на данном этапе позволил усовершенствовать процесс градостроительного проектирования, управления городским хозяйством, планирования развития территории всего городского округа.

В 2014 году Администрацией г.Барнаул комитету поручена разработка концепции перехода ко второму этапу развития цифровых технологий при ведении дежурного плана.

Целями второго этапа являются:

- переход на ведение топографических планов в векторном виде;

- оперативное предоставление информации о наличии топоосновы, в том числе и на онлайн-карте;
- сокращение сроков на предоставление копий топоосновы для различных целей;
- сокращение сроков проверки топоосновы;
- предоставление электронных услуг в рамках соблюдения требований по обеспечению режима ограниченного доступа и нормативных правовых документов.

В качестве базового программного обеспечения предлагается использовать AutoCAD Map 3D, которое позволит работать с данными САПР и ГИС, поступающими из различных источников, настроить местные системы координат на основе государственных систем координат. В качестве хранилища базы данных будет использован Microsoft SQL Server 2008 Express Edition, что обеспечит надежность взаимодействия с внешними базами данных, в том числе и организацию совместной удаленной работы.

Дальнейшее развитие технологических процессов, решимость городской власти перейти к ведению дежурного плана города в векторном виде позволит в автоматизированном режиме передавать обновленную информацию в местные органы самоуправления (комитету по строительству, архитектуре, комитету по дорожному хозяйству, благоустройству), в комплексные модели систем газо- и электроснабжения, водопровода и водоотведения, в ГИС порталы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Неволин А. Г., Медведская Т. М. Методы создания и актуализации цифровых планов масштаба 1 : 2 000 для информационного обеспечения градостроительства // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 1. – С. 136–139.
2. Постановление Администрации города Барнаула от 03.03.2010 № 770 г. "Об утверждении положения о переходе на ведение цифровых топографических планов на территорию городского округа – города Барнаула Алтайского края".
3. Тимофеев А. Н., Косяков И. В. Обновление растрового инженерно-топографического плана в среде AutoCAD // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1. – С. 142–145.
4. Ершова А. А. Применение ПО AUTOCAD для создания топографических планов и дальнейшего управления инженерными данными на всех стадиях проектирования // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. – С. 148–151.

© А. В. Владыкина, А. В. Далидович, Т. Б. Жеребцова, 2014

СТРУКТУРА И АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАБЛЮДЕНИЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ РЕФЕРЕНЦ-СЕТЕЙ

Харьес Каюмович Ямбаев

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, тел. +7(499)763-34-35, e-mail: yambaev@miigaik.ru

Юрий Исидорович Маркузе

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, г. Москва, Гороховский пер. 4, профессор кафедры геодезии, доктор технических наук, тел. 8916-703-28-31, e-mail: yumarkuze@mail.ru

В настоящее время все шире развиваются региональные спутниковые координатно-навигационные системы хозяйственного назначения для обеспечения крупномасштабных топографических съемок, для решения задач землепользования (кадастров различного назначения, разбивочных работ и исполнительных съемок в строительстве, навигации и т.п.). Как правило, такие референц-системы представляют собой совокупность значительного количества постоянно действующих ГЛОНАСС/GPS геодезических пунктов.

Ключевые слова: анализ движения земной коры, спутниковые референц-сети, деформационный мониторинг, геодинамический мониторинг.

STRUCTURE AND ALGORITHM OF EARTH CRUST MOVEMENT ANALYSIS BY OBSERVATION RESULTS OF REGIONAL SATELLITE REFERENCE NETWORKS

Kharyes K. Yambayev

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 105064, Russia, Moscow, 4 Gorokhovskiy Per., Ph.D., Prof., Vice-rector for Research, tel. +7(499)763-34-35, e-mail: yambaev@miigaik.ru

Yury I. Markuze

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 105064, Russia, Moscow, 4 Gorokhovskiy Per., Prof., Department of Geodesy, tel. 8916-703-28-31, e-mail: yumarkuze@mail.ru

Regional satellite economy-oriented coordinate navigation systems are now widely used for large-scale topographic surveying and land-use activities (multipurpose cadaster, laying-out works, and as-built surveys for construction and navigation, etc.). As a rule, these reference systems comprise a complex of a considerable number of stationary GLONASS/GPS geodetic points.

Key words: crust movement analysis, satellite reference networks, deformation monitoring, geodynamic monitoring.

В настоящее время все шире развиваются региональные спутниковые координатно-навигационные системы хозяйственного назначения для обеспечения крупномасштабных топографических съемок, для решения задач землепользования (кадастров различного назначения, разбивочных работ и исполни-

тельных съемок в строительстве, навигации и т.п.). Как правило, такие референц - системы представляют собой совокупность значительного количества постоянно действующих ГЛОНАСС/GPS геодезических пунктов.

При надлежащем расположении и закреплении пунктов референц - сетей в городах и на территориях регионов путём построения дополнительного блока деформационного мониторинга и некоторых других, доступных по стоимости обременений такие региональные референц - системы (PPC) могут быть одним из реальных путей геодинамического мониторинга, особенно в сейсмоактивных регионах.

Таким образом, при надлежащей заинтересованности органов государственного управления регион может получить возможность организации геодинамического мониторинга с минимальными финансовыми вложениями. Разработку такого геодинамического блока, обязательного в составе региональной референц - системы, возможно осуществить на примере действующих PPC (по г. Москве, Новосибирской области или др. регионов).

С целью повышения точности, результатов анализа деформаций пунктов, в геодинамических сетях предлагается алгоритм с последовательным объединением измерений во всех циклах, с контролем возможных грубых ошибок спутниковых измерений. При этом в каждом цикле выполняется уравнивание пространственных сетей с вычислением корреляционных матриц неизвестных пространственных координат.

Основное внимание в докладе уделено сетям со спутниковыми измерениями, которыми являются базисные векторы (Base Line). Деформации устанавливаются как недопустимые разности одноимённых координат пунктов с применением необходимого статистического критерия. Их вычисления выполняются как в пространственной системе координат на эллипсоиде WGS-84, так и на плоскости на эллипсоиде Красовского в проекции Гаусса-Крюгера.

В случае отсутствия реальных измерений, но имея предполагаемый проект сети, целесообразно выполнить их моделирование, в каждом цикле, установить, какой минимальной величины можно определить деформации на каждом пункте, выполнить все необходимые вычисления и сравнить заданные деформации с полученными.

Для решения всех этих задач разработан необходимый Пакет компьютерных программ.

Приведенная в докладе модель была составлена при выполнении НИОКР по созданию проекта геодинамического мониторинга в Сочи - Краснополянском районе на территории Олимпиады (Сочи-2014).

Излагаемый алгоритм был опробован также на реальной Московской геодинамической сети в 1998 г.

© Х. К. Ямбаев, Ю. И. Маркузе, 2014

СИСТЕМНО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Татьяна Юрьевна Бугакова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой прикладной информатики, тел. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Игорь Георгиевич Вовк

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной информатики, тел. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Решение проблемы оценки риска техногенных систем основано на принципах системно-целевого подхода и осуществляется в результате решения алгоритма, состоящего из взаимосвязанных задач: 1) определение пространственно-временных состояний объектов для оценки техногенных рисков; 2) моделирование пространственно-временного состояния техногенных систем по геодезическим данным; 3) оценка риска в техногенных системах по результатам моделирования изменения их пространственно-временного состояния.

Ключевые слова: модель, пространственно-временное состояние, техногенная система, риск.

SYSTEM-TARGETED APPROACH TO THE ANALYSIS OF SPATIAL-TEMPORAL STATES TECHNOGENIC SYSTEMS

Tatiana Y. Bugakova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Ph. D., Assoc Prof, Head of the Department of Applied Computer Science, tel. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Igor G. Vovk

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Applied Computer Science, tel. (383)343-18-53, e-mail: kaf.pi@ssga.ru

Addressing risk assessment of man-made systems, based on the principles of a system-oriented approach and implemented by solving algorithm, consisting of interrelated tasks: 1) determining the spatio-temporal states of objects to assess technological risks, 2) modeling of space-time state of man-made systems for geodetic data, 3) risk assessment in man-made systems, simulation results change their spatial-temporal state.

Key words: model, space-time status, a technological system risk.

Техногенная система (ТГС) – это сложная, искусственно созданная человеком система, которая работает в контакте с природной окружающей средой как единое целое на основе определенного типа обмена веществом, энергией, информацией.

Проблемы риска и производственной безопасности техногенных систем в настоящее время имеют большое значение. Особую актуальность они приобретают в связи с возникновением техногенных катастроф при строительстве и эксплуатации крупных инженерных сооружений, например, в атомной энергетике, химической промышленности, машиностроении, на транспорте и других отраслях хозяйственной деятельности. Причинами катастроф в основном являются неправильная эксплуатация человеко-машинных систем и различные геодинамические процессы и явления.

Обеспечение безопасности ТГС связано с решением совокупности задач относящихся к различным областям знаний. К ним относятся задачи политического, социально-экономического, управленческого, технологического характера и т.д. Далеко не последнюю роль в этом списке занимает задача обеспечения безопасности техногенных систем геодезическими методами, решение которой дает информацию о пространственно-временном состоянии (ПВС) техногенных систем.

Как известно абсолютную безопасность техногенной деятельности гарантировать в принципе невозможно и поэтому проявляется необходимость оценивать меру этой опасности, т. е. оценивать риск опасных последствий техногенной деятельности. Этим обосновывается актуальность темы исследований.

Основным противоречием обеспечения безопасности ТГС по геодезическим данным является следующее.

С одной стороны, имеется современное высокоточное геодезическое оборудование, способное выполнить геопространственные измерения в любой момент времени. С другой стороны нет формальной методологии выявления причинно-следственных связей между результатами геодезических измерений и изменением пространственно-временного состояния техногенной системы в целом. В результате отсутствует достаточная информация для оценки риска ТГС, обусловленного изменением ее пространственно-временного состояния, и моделирования сценариев изменения ПВС.

Следовательно, главной проблемой обеспечения безопасности ТГС по геодезическим данным, является отсутствие формальной модели, увязывающей в единую систему определение ПВС ТГС по геодезическим данным, оценку риска и определение сценариев изменения ПВС для своевременного принятия решений и предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Поэтому главной целью исследования проблемы оценки риска техногенных систем, является не определение повреждения объекта как уже свершившегося факта, а предупреждение опасной ситуации, поиск управления ПВС объекта, обеспечивающее снижение риска до приемлемого уровня [1].

Изложенные обстоятельства свидетельствуют, что сформулированная цель работы является многовариантной, многошаговой (многоходовой) и многокритериальной. Её решение, основано на принципах системно-целевого подхода и осуществляется в результате решения алгоритма, состоящего из взаимосвязанных задач [2, 3].

1. Анализ проблемы определения пространственно-временных состояний объектов для оценки техногенных рисков [1, 4, 5].

В настоящее время появились новые технические возможности проведения геодезического контроля ПВС объектов, например, лазерное сканирование, также в последнее время активно развивается и применяется спутниковая технология на основе глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Новые технологии имеют очевидные преимущества перед классическими, основанными на применении традиционных измерительных средств, в том числе тахеометров, нивелиров, дальномеров:

1) отображение объекта в виде множества (облака) точек в пространстве с координатами X, Y, Z , например, лазерное сканирование;

2) обеспечение непрерывного (независимо от времени суток, погодных и климатических условий) потока информации, например, со спутниковых датчиков, установленных в контрольных точках;

3) высокий уровень автоматизации, слежения за геометрическими параметрами сооружений и т. д.

В связи с появлением новых возможностей получения пространственной информации об объектах (ТГС), основанных на использовании современных технологий, стало возможным определять, и как следствие, анализировать изменение пространственного положения объекта в целом, используя формальные процедуры системного анализа, а не выводить суждение об изменении ПВС объекта по отдельным контрольным точкам.

Моделирование целостной картины изменения пространственно-временного состояния ТГС, основанное на формальных методах и процедурах, является новым, актуальным и востребованным научным направлением в настоящее время.

2. Моделирование пространственно-временного состояния техногенных систем по геодезическим данным [5–9].

Исходными данными для моделирования служат временные ряды координат $X(t), Y(t), Z(t)$ множества (облака) точек исследуемого объекта.

Для контроля пространственно-временного состояния (ПВС) техногенных систем необходимы данные об их геометрических свойствах, как функциях времени. К ним относятся форма, размеры и положение объекта (ТГС) в пространстве. Выполнить непосредственное измерение таких свойств даже современными техническими средствами чаще всего не удаётся и поэтому для определения целостной картины изменения пространственно-временного состояния ТГС необходимо применить методы математического моделирования.

Например, для определения ориентации системы в пространстве необходимо найти плоскость S , наилучшим образом аппроксимирующую зависимость $Z_i = (X_i, Y_i)$ такой, что сумма квадратов расстояний точек облака от нее минимальна [13]. Ориентация плоскости в пространстве полностью определяется нормалью \bar{N} к этой плоскости (рис. 1).

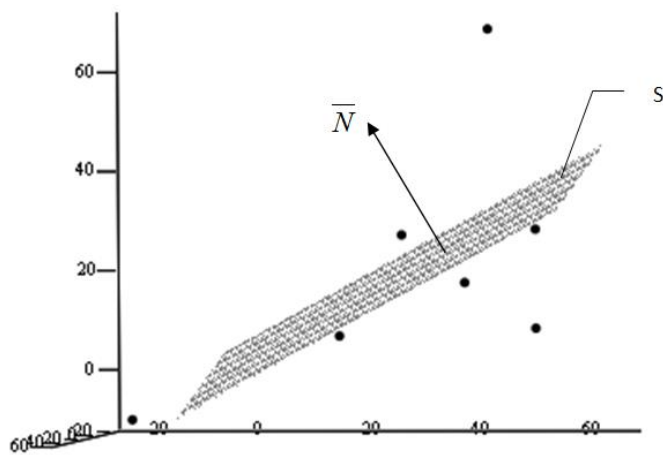


Рис. 1. Моделирование пространственно-временного состояния плоскостью

Изменение положения нормали, проведенной к плоскости, будет характеризовать ориентацию облака точек в пространстве.

Для определения изменения поверхности облака точек нужно аппроксимировать его сферой A . Изменение размеров этого облака (расширение, сжатие), а так же изменение расстояний точек от поверхности сферы будут характеризовать локальные деформации поверхности. Изменение положения облака точек в пространстве и времени позволяет выводить суждение о движении объекта. Движение D

объекта традиционно представляют в виде композиции поступательного (D_p), вращательного (D_w) и относительного (D_o) движений.

$$D = D_p + D_w + D_o \quad (1)$$

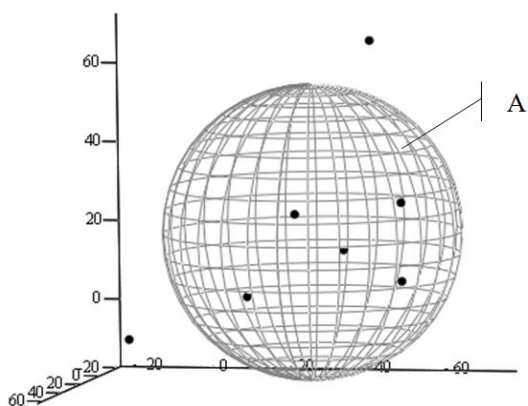


Рис. 2. Сферическая модель объекта

Результат декомпозиции позволит выявить причинно-следственные связи изменения пространственно-временного состояния ТГС для оценки риска ПВС.

С точки зрения системно-целевого подхода каждый из приведенных примеров представляет собой конструирование агрегата по элементарным данным (точкам). Если имеются физические или конструктивные предпосылки того, что облако может быть представ-

лено в виде нескольких частей, то эту работу нужно делать для каждой части. Полученные результаты являются основой для прогнозирования изменения ПВС (эволюции) и оценки риска возникновения опасной ситуации.

3. Оценка риска в техногенных системах по результатам моделирования изменения их пространственно-временного состояния.

Для оценки техногенного риска необходимо знать не только состояние системы, но и возможные сценарии её эволюции, а также распределение вероятностей сценариев эволюции.

Определение будущего ПВС ТГС всегда основано на некоторых правдоподобных гипотезах, достоверность которых, как правило, неизвестна. Для уменьшения меры неопределённости при выборе наиболее полезного решения вводится понятие риска, которое характеризуется величиной ущерба из-за вы-

бора решения и вероятностью выбора этого решения. Следовательно, риск, как случайная величина, в полной мере характеризуется своей функцией распределения.

На рис. 3 приведен пример оценки техногенного риска методом экспоненциального сглаживания [10,11].

В рассматриваемом примере интервал прогнозирования представлен состоящим из трёх шагов одинаковой длительности. На каждом шаге рассмотрено четыре сценария эволюции, соответствующие четырём значениям постоянной сглаживания $\alpha = 0.1, 0.4, 0.7, 0.9$. Предполагается, что на каждом шаге значение α принимает одно из четырёх значений. После трёх шагов получим 64 прогнозных состояния системы и соответствующие им значения вероятностей. Зная эмпирическую функцию техногенного риска, нетрудно найти вероятность того, что величина техногенного ущерба на интервале исследования не превзойдёт заданной величины или установить интервал, в котором величина техногенного ущерба будет находиться с заданной вероятностью.

Приведенные математические методы определения ПВС ТГС и оценки техногенного риска предлагается использовать в комплексе с автоматизированными системами мониторинга (АСМ) для повышения уровня безопасности ТГС, раннего предупреждения и своевременного устранения причин, влекущих за собой аварии и чрезвычайные ситуации. АСМ в комплексе с мощным алгоритмом оценки и управления риском – это одна из актуальных научных задач, которая должна быть отнесена к разряду обязательных мер на уровне МЧС России по обеспечению безопасности и являться основополагающей по предупреждению чрезвычайных ситуаций [12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вовк И. Г. Бугакова Т. Ю. Теория определения техногенного геодинимического риска пространственно-временного состояния технических систем // ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. Т. 1, ч. 2. – С. 21–24.
2. Вовк И. Г. Системно-целевой подход в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 115–124.

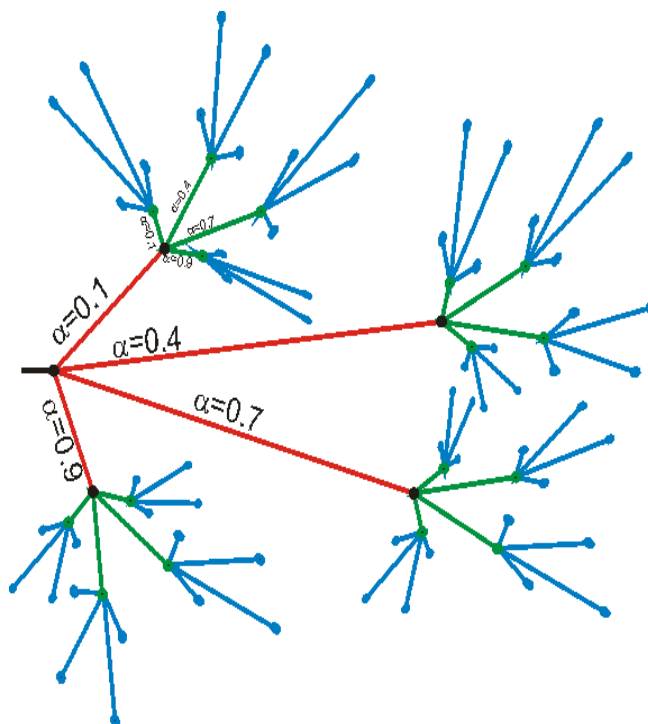


Рис. 3. Пример оценки техногенного риска методом экспоненциального сглаживания

3. Вовк И. Г. Математическое моделирование в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 94–103.
4. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем // Материалы V Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства». – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012. – Т.2. – С. 100–105.
5. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 3. – С. 26–31.
6. Вовк И. Г. Моделирование в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 1 (14). – С. 69–75.
7. Вовк И. Г. Методика преобразования рельефа в прикладной геоинформатике // Интеграция образовательного пространства с реальным сектором экономики: сб. материалов Междунар. научно-метод. конф., 27 февр. – 2 марта 2012 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2012. Ч. 4. – С. 39–41.
8. Вовк И. Г. Определение геометрических инвариантов пространственной кривой в прикладной геоинформатике // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 3 (19). – С. 52–61.
9. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Определение вращательного движения объекта по результатам многократных геодезических измерений // Интерэкспо Гео-Сибирь-2013: IX Междунар. науч. конгр., Междунар. научн. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных и чрезвычайных ситуациях: предпринимаемые шаги и их реализация с помощью картографии, геоинформации, GPS и дистанционного зондирования». (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. – С. 88–92.
10. Бугакова Т. Ю., Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам и оценка техногенного риска методом экспоненциального сглаживания // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 47–58.
11. T. Bugakova Mathematical simulation of systems time-space condition by geodetic data for technogenic risk assessment. European Science and Technology [Text] : materials of the V international research and practice conference, Vol. I, Munich, October 3rd – 4th, 2013 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany, С.350–354.
12. Бугакова Т. Ю. К вопросу оценки риска геотехнических систем по геодезическим данным // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 151–157.

© Т. Ю. Бугакова, И. Г. Вовк, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>А. В. Полянский, Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, Ю. А. Пупков, Л. Е. Сердаков.</i> Исследования зависимости погрешностей геодезических измерений в продольном и поперечном направлениях относительно визирного луча API Tracker3 от расстояния	3
2. <i>Г. Г. Китаев, В. Г. Сальников, Н. М. Рябова, Е. Л. Соболева.</i> Методика развития ПВО с использованием элементов строительных конструкций	7
3. <i>С. С. Титов, А. И. Вдовин, П. П. Мурзинцев.</i> Опыт развития сетей ВГС и СГС-1 в Эвенкийском районе Красноярского края	14
4. <i>Г. А. Уставич, С. А. Бабасов.</i> Некоторые вопросы технологии выполнения высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами	17
5. <i>А. Г. Барлиани, М. В. Ковальчук, Д. А. Пятков.</i> Коррелятная версия уравнивания и оценка точности геодезических сетей на основе итерационного алгоритма.....	23
6. <i>А. А. Ершова.</i> Построение продольного профиля линии электропередачи для ее реконструкции в части подвески грозозащитного троса.....	29
7. <i>А. Г. Моисеев.</i> Технологическая схема передачи координат на монтажные горизонты.....	35
8. <i>Л. С. Любимая.</i> Проектирование объектов инфраструктуры в среде MapInfo.....	39
9. <i>В. А. Падве.</i> Учёт средних квадратических погрешностей опорных координат и приближённых значений параметров при уравнивании результатов измерений	42
10. <i>А. Г. Моисеев.</i> Технологическая схема разбивочных работ при строительстве высотных сооружений	46
11. <i>Г. А. Уставич, А. В. Никонов, С. А. Бабасов.</i> Методика выполнения обратного тригонометрического нивелирования	51
12. <i>А. М. Яковенко, Г. А. Уставич.</i> Создание планово-высотного обоснования для топографо-геодезических работ в условиях радиационного загрязнения территории Семипалатинского испытательного полигона	57
13. <i>А. В. Никонов, И. Н. Чешева, Г. В. Лифашина.</i> Исследование влияния стабильности положения исходной геодезической основы на точность обратной линейно-угловой засечки	63
14. <i>А. В. Никонов, А. А. Скворцов.</i> Исследование влияния вертикальной рефракции на результаты тригонометрического нивелирования короткими лучами в зимних условиях.....	70

15. <i>А. В. Никонов.</i> Технологические схемы при проложении ходов тригонометрического нивелирования	77
16. <i>В. А. Скрипников, М. А. Скрипникова.</i> Создание высокоточных малых линейно-угловых сетей с применением электронных тахеометров	83
17. <i>В. А. Скрипников, М. А. Скрипникова.</i> Исследование точности определения отметок марок при определении осадок фундаментов технологического оборудования	87
18. <i>Т. А. Хлебникова, О. Б. Архипова.</i> Комбинированный способ создания цифровых топографических планов для инженерно-геодезических изысканий инженерных сооружений. Сложности и пути решения	92
19. <i>А. Г. Гольцев, Т. Т. Ипалаков, Д. В. Большаков.</i> Способ выверки строительных конструкций лазерным прибором в вертикальной плоскости при монтаже	98
20. <i>Е. Л. Соболева, Н. М. Рябова, С. А. Бабасов.</i> Влияние оседания штатива, изменения угла i и вертикальной рефракции на нивелирование I класса.....	104
21. <i>В. А. Кошелев, К. С. Карлин, А. П. Чахлова.</i> Инженерно-геодезическое сопровождение строительства канатных дорог	110
22. <i>А. П. Чахлова.</i> Вертикальные топографические планы	116
23. <i>Н. Б. Хахулина, Ю. А. Курдюкова.</i> Особенности геодезических работ при установлении охранной зоны высоковольтных линий электропередачи.....	121
24. <i>М. Л. Юрьев, Ю. В. Васильев, О. С. Мартынов.</i> Наблюдения за деформациями земной поверхности на Губкинском нефтегазовом месторождении	128
25. <i>С. Г. Ожигин, Ф. К. Низаметдинов, С. Б. Ожигина, Д. С. Ожигин.</i> Инновационные методы мониторинга состояния устойчивости горных пород и земной поверхности.....	134
26. <i>С. Г. Ожигин, С. Б. Ожигина, Д. С. Ожигин, А. В. Гапий.</i> Исследование состояния устойчивости карьерных откосов в районе выходов угольных пластов под наносы	140
27. <i>И. Е. Дорогова.</i> Исследование блоковой структуры земной поверхности по результатам повторных геодезических наблюдений.....	146
28. <i>Н. Н. Кобелева, И. Е. Дорогова.</i> Изучение вертикальных движений земной коры по результатам геодезических данных с использованием метода конечных элементов	151
29. <i>В. С. Хорошилов, О. Г. Павловская.</i> Математическое моделирование оползневых процессов по геодезическим данным в условиях проведения взрывных работ и вывоза грунта	156
30. <i>Б. А. Харченко.</i> Анализ значений аномалий силы тяжести с использованием данных, полученных из наземных измерений, и современных моделей глобального гравитационного поля Земли.....	162

31. <i>Б. Т. Мазуров.</i> Теоретические основы моделирования динамики вантовых мостов по геодезическим наблюдениям.....	169
32. <i>Ф. Х. Зарзура, Б. Т. Мазуров.</i> Мониторинг мостов с использованием ГНСС	175
33. <i>Ф. Х. Зарзура, Б. Т. Мазуров.</i> Динамика мостов по результатам геодезического мониторинга с использованием ГНСС-технологий в условиях влияния ветра и транспортного движения.....	181
34. <i>Б. Т. Мазуров, П. А. Медведев.</i> Леонард Эйлер – вклад для астрономии, небесной механики, геодезии, картографии, геодинамики	186
35. <i>В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин.</i> Использование космических технологий для выявления связи гравитационного поля с внутренним строением Земли на акватории Арктического бассейна.....	192
36. <i>В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, Б. А. Харченко.</i> Сравнение и анализ аномалий силы тяжести, полученных по данным глобальной модели EGM2008 и гравиметрических измерений на локальных участках земной поверхности.....	197
37. <i>М. Л. Синянская.</i> Геном геодезии и факторы предопределенности.....	203
38. <i>В. Н. Бородкин, А. Р. Курчиков.</i> Предложения по уточнению схемы литолого-фациального районирования нижнемеловых отложений в пределах Гыданской нефтегазоносной области Западной Сибири	208
39. <i>Ю. В. Дементьев, А. И. Каленицкий, А. В. Мареев.</i> Влияние движения полюса Земли на значение нормального ускорения силы тяжести.....	213
40. <i>А. В. Владыкина, А. В. Далидович, Т. Б. Жеребцова.</i> Ведение дежурного топографического плана масштаба 1 : 500 на территорию городского округа Барнаул.....	218
41. <i>Х. К. Ямбаев, Ю. И. Маркузе.</i> Структура и алгоритм анализа движений земной коры по результатам наблюдений региональных спутниковых референц-сетей.....	223
42. <i>Т. Ю. Бугакова, И. Г. Вовк.</i> Системно-целевой подход к анализу пространственно-временного состояния техногенных систем	225

CONTENTS

1. <i>A. V. Polyansky, D. B. Burenkov, P. P. Murzintsev, Yu. A. Pupkov, L. E. Serdakov.</i> Research of geodetic measurements errors dependence in longitudinal and cross-cut directions relatively to a sight beam API Tracker3 on the distance.....	3
2. <i>G. G. Kitaev, V. G. Salnikov, N. M. Ryabova, E. L. Soboleva.</i> Techniques for horizontal and vertical control establishment using building structures elements.....	7
3. <i>S. S. Titov, A. I. Vdovin, P. P. Murzintsev.</i> Experience of high-accuracy geodetic networks and satellite networks-1 development in Evenk district of Krasnoyarsk region.....	14
4. <i>G. A. Ustavich, S. A. Babayev.</i> Some techniques for high-precision digital leveling.....	17
5. <i>A. G. Barliani, M. V. Kovalchuk, D. A. Pyatkov.</i> Correlated adjustment and network accuracy evaluation on the basis of iterative algorithm.....	23
6. <i>A. A. Yershova.</i> Drawing of a longitudinal profile of a reconstructed power line regarding a suspension bracket of a lightning-protective cable.....	29
7. <i>A. G. Moiseev.</i> Technological scheme of transfer of coordinates on assembling horizons.....	35
8. <i>L. S. Lyubivaya.</i> Infrastructure projects designing in MapInfo environment.....	39
9. <i>V. A. Padve.</i> Computation of root-sum-square uncertainties of data and of approximate values of parameters in adjustment of measurement results.....	42
10. <i>A. G. Moiseev.</i> Technological scheme stakeout work at construction of high-rise structures.....	46
11. <i>G. A. Ustavich, A. V. Nikonov, S. A. Babasov.</i> Methods of inverse trigonometric leveling.....	51
12. <i>A. M. Yakovenko, G. A. Ustavich.</i> Horizontal and vertical control for topographic and geodetic works under conditions of radioactive contamination of Semipalatinsk nuclear testing area.....	57
13. <i>A. V. Nikonov, I. N. Chesheva, G. V. Lifashina.</i> The analysis accuracy of resection under instability geodetic base.....	63
14. <i>A. V. Nikonov, A. A. Skvortsov.</i> The analysis of vertical refraction influence on the results of trigonometric leveling with short lengths of sight in winter conditions.....	70
15. <i>A. V. Nikonov.</i> Technological techniques of trigonometric height traversing.....	77
16. <i>V. A. Skripnikov, M. A. Skripnikova.</i> Establishment of high-accuracy minor linear-angular networks using total station.....	83

17. V. A. Skripnikov, M. A. Skripnikova. Determination of process equipment foundation settlement: study of control points positions accuracy	87
18. T. A. Khlebnikova, O. B. Arkhipova. Combined method of creating digital topographic plans for engineering and geodesic survey of engineering constructions. Complexity and solutions	92
19. A. G. Goltsev, T. T. Ipalakov, D. V. Bolshakov. Building structures verification techniques by laser leveling tool in vertical plane while assemblage	98
20. E. L. Soboleva, N. M. Ryabova, S. A. Babasov. Effect of support settlement, angle i change and vertical refraction on first-order leveling.....	104
21. V. A. Koshelev, K. S. Karlin, A. P. Chahlova. Engineering-geodetic support of construction ropeways	110
22. A. P. Chahlova. Vertical topographical plans.....	116
23. N. B. Hahulina, Ju. A. Kurdukova. Features survey work in the establishment of protection zones high voltage power lines	121
24. M. L. Yur'ev, Y. V. Vasil'ev, O. S. Martinov. Observations of surface deformation on Gubkinskoye oil and gas fields	128
25. S. G. Ozhigin, F. K. Nizametdinov, S. B. Ozhigina, D. S. Ozhigin. Innovative methods of monitoring of the condition of stability of rocks and terrestrial surface	134
26. S. G. Ozhigin, S. B. Ozhigina, D. S. Ozhigin, A. V. Gapiy. Research of the condition of stability of open pits slopes in the region of coal outbreak under sediments	140
27. I. E. Dorogova. Research Earth's crust parts block structure by results of geodetic measurements.....	146
28. N. N. Kobeleva, I. E. Dorogova. Study of vertical crustal movements on survey results data using the finite element method.....	151
29. V. S. Khoroshilov, O. G. Pavlovskaya. Mathematical modelling of landslide processes according to geodetic data in the conditions of carrying out explosive works and soil export.....	156
30. B. A. Kharchenko. Analysis of the significance of gravity anomalies using data obtained from ground measurements and contemporary global models Earth's gravitational field	162
31. B. T. Mazurov. Theoretical basis of modeling dynamics of bridges using geodetic observations.....	169
32. F. H. Zarzoura, B. T. Mazurov. Monitoring bridges using GNSS	175
33. F. H. Zarzoura, B. T. Mazurov. Performance of bridges movements under wind and the influence of transportation movements by using geodetic monitoring GNSS technology.....	181
34. B. T. Mazurov, P. A. Medvedev. Leonhard Euler – his work has been very important for the development of astronomy, cartography, geodesy	186
35. V. F. Kanushin, I. G. Ganagina, D. N. Goldobin. Space technologies application for determining relationship between gravitational field and internal structure of the Earth in Arctic basin	192

36. <i>V. F. Kanushin, I. G. Ganagina, D. N. Goldobin, B. A. Kharchenko.</i> Comparison and analysis of gravity anomalies derived from the data global models and EGM2008 gravimetric measurements on the local areas of the Earth.....	197
37. <i>M. L. Sinyanskaya.</i> The genome of geodesy and factors predetermination.....	203
38. <i>V. N. Borodkin, A. R. Kurchikov.</i> Proposals for adjusting of lithofacies regionalization plan of lower cretaceous deposits within the limits of Gydan petroleum area in West Siberia.....	208
39. <i>Yu. V. Dement'ev, A. I. Kalenitsky, A. V. Mareev.</i> Polar motion influence on value of normal acceleration of gravity	213
40. <i>A. V. Vladykina, A. V. Dalidovich, T. B. Zherebtsova.</i> Advance topographic plan (1 : 500) for Barnaul urban district	218
41. <i>Kh. K. Yambayev, Yu. I. Markuze.</i> Structure and algorithm of Earth crust movement analysis by observation results of regional satellite reference networks	223
42. <i>T. Y. Bugakova, I. G. Vovk.</i> System-targeted approach to the analysis of spatial-temporal states technogenic systems	225

Научное издание

X Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2014

Международная научная конференция

**ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ**

Т. 1

Сборник материалов

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *Н. Ю. Леоновой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 27.03.2014. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 13,78. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел СГГА
630108, Новосибирск, 108, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГГА
630108, Новосибирск, 108, ул. Плахотного, 8.