

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

IX Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2013

Международная научная конференция

**ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ**

Т. 1

Сборник материалов

Новосибирск
СГГА
2013

УДК 528:528.9:622.1

С26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой картографии
и геоинформатики СГГА, Новосибирск

Д.В. Лисицкий

Кандидат технических наук, директор института геодезии и менеджмента СГГА, Новосибирск

С.В. Середович

Доктор технических наук, зав. кафедрой высшей геодезии СГГА, Новосибирск

В.С. Хорошилов

Председатель Рабочей группы МКА «Картография для раннего предупреждения
и управления кризисными ситуациями», вице-президент Международного общества
«Цифровая Земля», президент Объединенного исследовательского центра
Международной академии наук Евразии, доктор наук, Чешская Республика

Милан Конечны

Кандидат технических наук, генеральный директор ФГУП центр «Сибгеоинформ», Новосибирск

В.И. Обиденко

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 университета им. академика Е.А. Букетова, Караганда

Ф.К. Низаметдинов

Кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики СГГА, Новосибирск

Е.В. Комиссарова

Кандидат технических наук, зав. лабораторией,
кафедра картографии и геоинформатики СГГА, Новосибирск

В.С. Писарев

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апреля
2013 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика,
картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. Т. 1. – Новосибирск :
СГГА, 2013. – 239 с.

ISBN 978-5-87693-621-9 (т. 1)

ISBN 978-5-87693-620-2

ISBN 978-5-87693-610-3

В сборнике опубликованы материалы IX Международного научного конгресса «Ин-
терэкспо ГЕО-Сибирь-2013», 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 978-5-87693-621-9 (т. 1)

ISBN 978-5-87693-620-2

ISBN 978-5-87693-610-3

© ФГБОУ ВПО «СГГА», 2013

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ГЕОДЕЗИИ

Оюунцэцэг Даш

Монгольский государственный университет науки и технологии, Горно-инженерный институт, кафедра геодезии и маркшейдерии, Монголия, Улаанбаатар, Бага тойруу, 2-ой корпус МонГУНиТ, зав. кафедрой геодезии и маркшейдерии, профессор, кандидат технических наук, тел. +976-11-452485, моб: +976-11-99172910, e-mail: daoyunaa@yahoo.com, daoyunaa@must.edu.mn

Алимаа Жаргалсайхан

Монгольский государственный университет науки и технологии, Горно-инженерный институт, кафедра горной технологии, Монголия, Улаанбаатар, Бага тойруу, 2-ой корпус МонГУНиТ, старший преподаватель, магистр технических наук, тел. +976-11-312485, моб: +976-11-99051803, e-mail: alimaaj@yahoo.com

В геодезии автоматизация необходима в первую очередь, потому что позволяет решать практические задачи самого различного характера с большей эффективностью и производительностью, а также увеличивает скорость выполнения и себестоимость работ по камеральной обработке результатов съемок. Средства автоматизации делятся на два различных класса – первые (специализированные ГИС) позволяют решать широкий круг часто встречающихся практических задач. Вторые же являют собой средства разработки программных продуктов, какими в сущности, являются электронные таблицы, и позволяют создавать средства автоматизации для решения практически любых задач, не имея для этого особых программистских навыков.

В статье рассматривается вопрос об использовании языка программирования Visual Basic в курсе изучения предмета геодезии для студентов МонГУНиТ.

Выполнена работа по исследованию программного метода для 1, 2 и 3D преобразования для преобразования из одной системы в другую, в глобальной системе позиционирования. Также рассмотрен вопрос о возможности применения объектно-ориентированного языка программирования Visual Basic, который интегрирован практически во все продукты серии Microsoft Office. Для большинства студентов-геодезистов изучение языка программирования – Visual Basic шло легко, так как этот язык легок для специалистов непрограммистов.

Ключевые слова: преобразование координат, язык программирования, высота эллипсоида, ортометрическая высота, глобальная система позиционирования.

THE USING PROGRAMMING IN FIELD OF GEODESY

Oyuntsetseg Dash

Mongolian University of Science and Technology, School of Mining Engineering, Department of Geodesy and Mine Surveying, Mongolia, Ulaanbaatar, Baga toiryu, 2nd campus of MUST, Head of the Department of Geodesy and Mine Surveying, Professor, Doctor (Ph.D), tel: +976-11-452485, mob: +976-11-99172910, e-mail: daoyunaa@yahoo.com, daoyunaa@must.edu.mn

Alimaa Jargalsaikhan

Mongolian University of Science and Technology, School of Mining Engineering, Department of Mining Engineering, Ulaanbaatar, Baga toiryu, 2nd campus of MUST, Senior lecturer, Master, tel: +976-11-312485, mob: +976-11-99172910, e-mail: alimaaj@yahoo.com

This paper examines the application of Visual Basic Programming Language to geodetic branch, the merit of Visual Basic as a Programming Language and the difficulties faced when processing geodetic data or by a coordinate transformation process, position of points with known coordinates in one coordinate system is transformed into a different coordinate system, this research paper encourage the uses of Computer Programming methods for the processing of data from GPS and equipment of geodesy and finally style out and develop a reliable solution using Visual Basic programming language to write a program for processing some selected problems of geodesy.

Key words: Coordinate transformations, programming language, ellipsoid height, orthometric height, global positioning system.

Problems to processing of geodetic data

Coordinate transformation is widely used in geodetic application. By a coordinate transformation process, position of points with known coordinates in one coordinate system is transformed into a different coordinate system. The orthometric heights are used for heights in the mapping and engineering projects. The determined heights with GPS are ellipsoidal heights. Therefore, the ellipsoidal heights to orthometric heights conversion problem has emerged.

Nowadays, global positioning system (GPS) is widely used in geodetic studies. Latitude, longitude and ellipsoidal height of points at a global geocentric coordinate system are determined with GPS. In map making and engineering works, however, orthometric heights of points have to be used. In order to directly transform Ellipsoid heights obtained by GPS into orthometric height, it is necessary to know geoid undulations with adequate accuracy. The process of finding provisions of point coordinates in another coordinate system that were given or calculated in a coordinate system is called "coordinate transformation". As a result of the transformations, there won't be any changes in the physical places of the points but only the coordinates of the points will be converted from one system into another. The places where the coordinate transformation can be applied are given below:

- The maps that are made in a different coordinate system and re-drawn according to a newly selected system.
- Wrong determination of a selected axis system and related determination of the equivalents in an appropriate system
 - In the search of deformation
 - In eliminating the differences in Datum
 - In Photogrammetry; Coordinate transformation is applied in transition from tool coordinates to image coordinates, from the image coordinates to terrain coordinates or from the pixel coordinates to photo coordinate system

Materials and methods

In this study, will explore programming method for 1, 2 and 3D transformation. In 1D transformation the calculations of geoid undulations will make by using orthogonal polynomials in interpolation with polynomial surface. Polynomial interpolation with the surface is explained by many workers. In 2D transformation coordinates

in x, y system (1st system) are transformed into the XY system (2nd system) by using the transformational parameters calculated by using the known coordinates or enough conjugate point coordinates. Programming of similarity transformation, affine and projective transformations methods were performed in 2D transformation studies which were explained in many studies. Scale factor is considered as a constant for all directions in 7-parameter similarity transformation in 3D. Similarity transformation is preferred because it needs fewer calculations and its mathematical model appears to be more easily applicable.

Selecting the programming language

Most office software has some functions for calculation mathematical formula, but too restricted for processing geodetic data. To demonstrate data import, data management, reclassification, displaying and querying we need a more flexible tool. The most flexible one is a programming language, usable for all problems.

Selecting a language is not a key issue, since quite a few are used by geographers: Visual Basic. The most important aspect of choosing the language is that students should be familiar with it.

Visual Basic is very adapted for our goal, it is easy to learn, and most students of geodesy learned it at undergraduate level. Students, who later can develop and adapts source code, not specialize in informatics or programming will be familiar only with this language.

The advantages of Visual Basic programming language

Visual basic is the most widely use RAD language, (Rapid Application Development (RAD) is the process of rapidly creating an application.

Quite a number of programming languages are text based and text based languages which do not allow user to work directly with graphics but visual basic is a graphical based language which allows user to work directly with graphic.

Graphical based language can be used to develop windows program quickly. Basic gives a disciplined approach to writing programs that are clearer than unstructured programs, easier to test, debug and can be easily modify.

It allows for the creation of powerful and professional looking application with less time and coding. It allows for strong typing i.e. has wide variety of input data types and support Rapid Application Development (RAD).It has a complete edifying and debugging facilities and has the ability to generate a Dynamic Link Libraries (DLL`S), it allows for easier management of document and it is easy to learn.

Visual Basic is a complete form of package for building user interface. Visual Basic is easy to learn for non-programmers specialists.

Conclusion

1. Having stated the transformation method to be used in the geodetic data processing for selected methods, a program written in Visual Basic version 6.0 lan-

guages will successfully run in a PC system, with this package, one can slot in any value provided the value falls within the validity of the simulation model of the program.

2. The program will the capability to accept, run, perform, execute and give the final answers to all method adopted for transformation data.

3. A program for transformations method can use for real research, project, and industry also in learning process.

References

1. Edwards C.H. and David E.P. Calculus and Geometry // 1990. - 3rd ed. Prentice-Hall. - Englewood Cliffs. – NJ. - USA.

2. Damdinsuren.A, Altantsetseg.J, Ragchaa.B. Geodesy // 2000. – Ulaanbaatar. – Mongolia.

3. Ronald J.H.; and James, J.R. Calculus with Applications, // 1990. - D.C. Health and Company. - Canada.

4. Lou Tylee. Microsoft Visual Basic. //1998. - Fac. Eng. Arch. - Fourth, revised edition

5. Liddle D. Orthometric height determination by GPS, Surveying Mapping // 1989. – 49. - N1. - 5-16.

© Оюунцэцэг Даш, Алимаа Жаргалсайхан, 2013

ТЕХНОЛОГИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ ГАУССА – КРЮГЕРА В СК НСО

Константин Федорович Афонин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей геодезии, тел. (383)343-29-11

Федор Константинович Афонин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, заместитель начальника методического отдела

Рассмотрены возможные технологии преобразования плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера из различных местных систем в СК НСО. На примере одного из административных районов Новосибирской области выполнено исследование применения различных математических моделей и технологий преобразования координат и сделано сравнение полученных результатов. Даны практические рекомендации по применению разработанных авторами технологий.

Ключевые слова: система координат, местная система координат, МСК-54, СК НСО.

TECHNIQUES FOR RECTANGULAR PLANE GAUSS-KRUGER COORDINATES TRANSFORMATION IN COORINATE SYSTEM OF NOVOSIBIRSK REGION

Konstantin F. Afonin

Siberian, State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo st., Ph.D., Prof., department of Advanced Geodesy, phone: (383)343-29-11

Fyodor K. Afonin

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo st.

Some techniques for converting rectangular plane Gauss-Kruger coordinates of different local systems in Novosibirsk region coordinate system. By the example of one of the Novosibirsk region administrative districts the investigation was conducted as concerns application of different mathematical models, and coordinate transformation techniques. The obtained results were compared. Practical recommendations on applying the techniques developed by the authors are given.

Key words: coordinate system, the local coordinate system, MSK-54.

В настоящее время на территории различных объектов (административных районов, населенных пунктов и др.) Новосибирской области используется более 270 местных систем плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера. Они были введены в разное время и различными способами, которые описаны в [2]. Примерами таких систем координат являются СК-63 и ее модификация МСК-54. Объединяет эти системы координат одно – все они опираются на старую государственную систему координат СК-42, которая в настоящее время не рекомендована для практического использования различными ведомствами

и службами РФ. Вместо нее на территории России с 2002 года введена новая государственная система координат, названная СК-95.

Поэтому, на наш взгляд, логичным выглядит требование о том, чтобы новая единая областная система плоских прямоугольных координат опиралась на новую государственную систему СК-95. Такая система координат была введена постановлением губернатора НСО в 2009 году и названа СК НСО [1]. Конечно, координаты всех объектов в старых местных системах и в новой будут различаться. Эти различия будут такого же порядка, как разности плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера пунктов государственной геодезической сети (ГГС) в СК-42 и СК-95. Например, для НСО различия в координатах точек между МСК-54 и СК НСО могут достигать 2.5-3 метров по оси абсцисс и 1.5-2 метра по оси ординат. Эти расхождения конечно небольшие, но не пренебрегаемо малые. Поэтому возникает необходимость в разработке путей, способов, технологий преобразования координат из различных старых местных систем в СК НСО.

Нужно сразу отметить, что есть строгий и приближенный пути решения задачи. Строгий путь заключается в переуровнивании всех ведомственных геодезических сетей, опирающихся на пункты ГГС. Конечно, координаты пунктов ГГС должны быть взяты в СК НСО. Такой путь не будет вносить никаких дополнительных искажений в координаты объектов. Однако для его реализации необходимо иметь результаты ранее выполненных полевых измерений. А это не всегда осуществимо потому, что результаты измерений не были сохранены.

Поэтому для большинства организаций и служб, выполняющих геодезические, кадастровые, землеустроительные, проектные, строительные работы реальным является только приближенный путь – путь трансформирования плоских прямоугольных координат в СК НСО. Конечно, для этой цели можно использовать многие программные продукты (АРМИГ, Credo и др.). Однако нам хотелось разработать технологию, позволяющую трансформировать координаты объектов в СК НСО в автоматизированном режиме на территориях административных районов области.

В общем случае технология перехода от различных местных систем координат к СК НСО должна содержать, на наш взгляд, два этапа. На первом этапе необходимо выполнить переход от различных локальных местных систем координат к МСК-54, а затем на втором этапе трансформировать плоские прямоугольные координаты объектов из МСК-54 в СК НСО. В свою очередь первый этап должен содержать следующие преобразования координат:

1. Вычисление геодезических широт и долгот в системе СК-42 по плоским прямоугольным координатам в локальных местных системах. Для таких переходов необходимо знать значения ключей преобразования координат, которые были установлены разработчиками местных систем координат [2]. И здесь также возникает два варианта решения. Если значения ключей преобразования координат известны, то такой переход будет выполняться строго. Однако на территории НСО имеется несколько десятков объектов, для которых эти ключи не известны.

В этом случае необходимо выполнить дополнительные полевые измерения с целью определения координат точек объекта в СК-42. Из сопоставления координат одноименных опорных точек (их должно быть не менее трех) в локальных МСК и СК-42 можно получить параметры математической модели трансформирования плоских прямоугольных координат в СК-42. А затем можно использовать эти математические модели для преобразования координат всех точек объекта. Такой переход будет не строгим. Погрешности трансформирования координат будут зависеть от многих факторов: площади объекта, класса точности полевых работ, выполненных для вычисления координат опорных точек, взаимного расположения этих точек, погрешностей их опознавания на местности. После получения плоских прямоугольных координат всех точек объекта в СК-42 необходимо вычислить их геодезические широты и долготы в СК-42.

2. Вычисление плоских прямоугольных координат в МСК-54 по геодезическим координатам в системе СК-42 с использованием соответствующих ключей преобразования. Такой переход также будет выполняться строго по формулам, приведенным в [1,2].

Ключевым в технологической цепочке является второй этап – этап трансформирования плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера из МСК-54 в СК НСО. Здесь, по нашему мнению, возможны два пути решения: графический и аналитический. Для реализаций этих путей на территории административных районов НСО необходимо иметь сеть опорных пунктов, в качестве которых должны выступать пункты государственной геодезической сети (ГГС) 1-4 классов. Для этих пунктов должны быть вычислены плоские прямоугольные координаты в системах МСК-54 и СК НСО, а также разности координат (конечно, координаты должны быть взяты в одной зоне):

$$\Delta x = x_{НСО} - x_{МСК}, \quad (1)$$

$$\Delta y = y_{НСО} - y_{МСК}. \quad (2)$$

Графический путь решения предполагает построение карт изолиний разностей координат Δx , Δy на административный район субъекта федерации. Одна карта для изолиний, соединяющих точки с одинаковыми значениями Δx , а другая - Δy . Если на таких картах показать линии километровой сетки, то по координатам точки в МСК-54 можно показать ее положение. Затем можно путем линейной интерполяции между изолиниями определить разности координат для данной точки и вычислить ее координаты в СК НСО по формулам:

$$x_{НСО} = x_{МСК} + \Delta x, \quad (3)$$

$$y_{НСО} = y_{МСК} + \Delta y. \quad (4)$$

Такие карты были построены для Карасукского района Новосибирской области. Для рисовки изолиний были использованы разности координат на 120 пунктах ГГС. Опыт практического применения карт изолиний показал, что они позволяют преобразовать координаты в СК НСО очень оперативно с погрешностью, не превышающей 1-2 сантиметра. Недостатком такого графического пути решения является невозможность автоматизации процесса трансформирования координат Гаусса-Крюгера.

Аналитический путь решения предполагает использование каких-то математических моделей преобразования координат. В качестве математических моделей авторы использовали интерполирующие полиномы следующего вида:

$$\Delta x = a_1x + a_2y + a_3, \quad (5)$$

$$\Delta y = b_1x + b_2y + b_3, \quad (6)$$

$$\Delta x = a_1x + a_2y + a_3xy + a_4, \quad (7)$$

$$\Delta y = b_1x + b_2y + b_3xy + b_4, \quad (8)$$

$$\Delta x = a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6, \quad (9)$$

$$\Delta y = b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 + b_6. \quad (10)$$

Технологическая схема реализации аналитического пути трансформирования координат предполагает наличие двух этапов. На первом интерполирующие полиномы вида (5)-(6), (7)-(8), (9)-(10) применяются для опорных пунктов ГГС, у которых разности координат Гаусса-Крюгера в системах МСК-54 и СК НСО считаются известными. Для полиномов первого вида необходимо не менее трех опорных пунктов, второго – четырех, а третьего – шести. Из решения систем уравнений, составленных для опорных пунктов, можно получить коэффициенты a_i, b_i .

На втором этапе полиномы с известными коэффициентами используются для вычисления приращений координат, а затем и координат определяемых пунктов в СК НСО по формулам (3), (4). Для исследования влияния степени полиномов на точность трансформирования координат роль определяемых пунктов в Карасукском районе также играли пункты ГГС, которые становились контрольными. На территории района было выбрано 20 контрольных пунктов. Разности вычисленных таким и строгим способами координат в СК НСО являлись точностными критериями качества трансформирования.

К сожалению, увеличение степени полиномов, количества опорных пунктов или изменения их местоположения не приводили к существенному улучшению точностных характеристик. И если в среднем разности координат составляли 2-3 сантиметра, то у половины контрольных пунктов они доходили до 9 и более сантиметров.

Поэтому авторами была предложена и опробована технология, которая заключается в следующем. Для каждого административного района области должна быть создана база координат пунктов ГГС в МСК-54 и СК НСО. Для каждого определяемого пункта необходимо организовать автоматический поиск из базы данных 3 ближайших пунктов ГГС. Трансформирование координат определяемых пунктов нужно выполнять относительно этих пунктов ГГС, используя полиномы (5), (6). Это позволяет существенно уменьшить расстояния между определяемым и опорными пунктами. Такая технология была опробована на контрольных пунктах Карасукского района. Погрешность трансформирования координат составила 1-2 сантиметра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А.П. Система региональных плоских прямоугольных координат Новосибирской области / А.П. Карпик, К.Ф. Афонин, Н.А. Телеганов, П.К. Шитиков, Д.Н. Ветошкин, С.В. Кужелев, В.А. Тимонов // Сб. материалов IV Международного научного конгресса «Гео-Сибирь-2008», т.1, ч.1, С. 20-31.

2. Афонин К.Ф. Высшая геодезия. Системы координат и преобразования между ними. Учебно-методическое пособие /К.Ф. Афонин // Новосибирск: СГГА, 2011, 56 с.

© К.Ф. Афонин, Ф.К. Афонин, 2013

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕФРАКЦИИ НА ЦИФРОВЫЕ НИВЕЛИРЫ

Надежда Михайловна Рябова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии информационных систем, тел. 8-923-227-27-76, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

Валерий Геннадьевич Сальников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-913-932-62-20, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

В статье рассмотрена методика исследования влияния вертикальной рефракции на цифровые нивелиры. Результаты исследований показывают, что при выполнении высокоточного нивелирования с применением цифровых нивелиров влияние вертикальной рефракции на отсчеты по рейкам меньше, чем при выполнении нивелирования нивелиром с визуальным отсчитыванием. Установлено, что влияние вертикальной рефракции в зимнее время на результаты нивелирования цифровыми нивелирами отлично от влияния ее в летний период.

Ключевые слова: цифровой нивелир, вертикальная рефракция.

REFRACTION EFFECT ON DIGITAL LEVELS: RESEARCH TECHNIQUES

Nadezhda M. Ryabova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, tel. 89232272776, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

Valery G. Salnikov

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, tel. 8-913-932-62-20, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

The techniques for the research of vertical refraction effect on digital levels are considered. According to the results produced by the author, in precision digital leveling vertical refraction effect on the rod reading is less than in case with visual reading level. It is stated that vertical refraction effect on digital leveling results in winter differs from that in summer.

Key words: digital level, vertical refraction.

Известно, что принцип взятия отсчета цифровым нивелиром по штрих-кодовой рейке происходит в угловом секторе, где необходимая линейная величина изображения штрих-кода должна быть не менее 300 мм. Это означает, что общий отсчет по штрих-кодовой рейке состоит из суммарного отчета каждого из кодовых штрихов. В свою очередь отчет каждого из штрихов зависит от его

положения на рейке. И, наконец, на положение каждого из штрихов будет по-разному влиять влияние вертикальной рефракции.

Искажение результатов геодезических измерений, в том числе и геометрического нивелирования, возникает из-за неоднородности приземного слоя атмосферы[1].

Турбулентное движение слоев воздуха определяется как совокупность большого числа переносимых ветром вихрей различного размера [1]. Это означает, что при выполнении нивелирования одиночный визирный луч, попадая в оптически неоднородную среду, изменяет показатель преломления от точки к точке, и это приводит к изменению его направления; тем самым при каждом изменении направления визирного луча получается новый отсчет по рейке. В связи с этим возникает необходимость в разработке методики исследования влияния рефракции на цифровые нивелиры. Сущность исследований заключалась в определении величины изменения отсчёта по рейке на нивелирной станции.

Исследования проводились при положительных (в солнечную погоду, при переменной облачности, в пасмурную погоду иногда при небольших кратковременных дождях) и отрицательных температурах. Визирный луч проходил над следующими видами подстилающих поверхностей: травяной покров высотой 5-10см, твёрдое покрытие (в виде смеси песка и щебня) и снежный покров, высота которого составляла 20-30 см.

Перед началом исследований ножки штатива устанавливались на бетонное основание или надёжно углублялись в подстилающую поверхность, в результате чего влияния перемещения наблюдателя на положение системы «цифровой нивелир - штрих-кодовая рейка» практически не было. При выполнении исследований вдоль шоссе дорожки штатив с нивелиром устанавливались на её обочине. Во время выполнения измерений применялся геодезический зонт. Для исключения попадания засветок от лучей Солнца в объектив нивелира (особенно во время его восхода или захода) рейки устанавливались по направлению север-юг. Измерения начинали производить спустя 15-20 минут после восхода Солнца. Для выполнения измерений применялись нивелиры типа Dini 12 [2].

При исследованиях, в условиях положительных температур, определялось влияние рефракции на изменения отсчёта по штрих-кодовой рейке в течение всего дня при расстоянии до неё 15, 30 и 50м. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью для каждого из этих расстояний 50 и 70 см. Температура воздуха находилась (изменялась) в пределах $+6^{\circ}\text{C} \div +28^{\circ}\text{C}$; резкие порывы ветра отсутствовали. Профиль подстилающей поверхности был равнинный, а также имеющий уклон (подъём в сторону рейки). В солнечную погоду, при переменной облачности общий период выполнения измерений составил 18 дней (10 дней травяной покров и 8 дней твёрдое покрытие), в пасмурную погоду 12 дней (7 дней травяной покров и 5 дней твёрдое покрытие). Ежедневно, перед началом измерений и по их окончании определялось значение угла i . Отсчёт по рейке состоял из трёх последовательных отсчётов с последующим их осредне-

нием, интервал между получением осреднённых отсчётов был равен 6-7мин. Первый осреднённый отсчёт принимался за исходный.

Результаты исследований в солнечную погоду следующие:

1. На равнинном участке, на расстоянии 15 м (превышения между нивелиром и рейкой были в пределах 0,2-0,3м) для обоих типов подстилающей поверхности при высоте визирного луча 50 см после восхода Солнца в течение 1,0-1,5 часа наблюдается увеличение отсчётов по рейке на 0,04-0,15мм. Затем увеличение отсчётов прекращается и в дальнейшем в течение дня наблюдаются изменение отсчётов практически симметрично относительно среднего положения. Перед заходом Солнца наблюдается уменьшение отсчётов практически на такую же величину. При высоте визирного луча 70 см для обоих типов подстилающей поверхности увеличения отсчётов по рейке не превышало 0,12мм. Затем также в течение дня наблюдаются изменение отсчётов практически симметрично относительно среднего положения. Перед заходом Солнца также наблюдается уменьшение отсчётов практически на такую же величину.

На наклонном участке (превышения между нивелиром и рейкой были в пределах 1,2-1,4м) изменения отсчётов по рейке были практически такими же.

2. На расстоянии 30 м для травяного покрова на равнинном участке увеличение (в дальнейшем и уменьшение) отсчётов по рейке в периоды восхода и захода Солнца было в пределах 0,18-0,26мм, а для твёрдого покрытия 0,24-0,32мм. Для наклонного участка в утренние и вечерние часы наблюдалось изменение отсчётов примерно на 20-30% больше, чем на равнинном участке. В течение дня также наблюдалось практически симметричное изменение отсчётов по рейке относительно среднего положения. Увеличение высоты визирования до 70 см практически не приводит к изменению характера и величины изменения отсчётов.

3. На расстоянии 50 м для травяного покрова и для твёрдого покрытия на равнинном участке увеличение (уменьшение) отсчётов по рейке в периоды восхода и захода Солнца было в пределах 0,46-0,68мм, а на наклонном участке 0,52-0,76мм. Также в течение дня наблюдалось практически симметричное изменение отсчётов по рейке относительно среднего положения. Увеличение высоты визирования до 70 см также практически не приводит к изменению характера и величины изменения отсчётов.

Влияние вертикальной рефракции на цифровое нивелирование представлено на рис. 1.

Результаты исследований при пасмурной погоде следующие:

1. На равнинном и наклонном участках на расстоянии 15 м, а также для двух высот визирования изменение отсчётов в утренние и вечерние периоды были незначительными и находились в пределах 0,05-0,08мм. В течение дня изменение отсчётов по рейке относительно среднего положения было небольшим и симметричным.

2. Увеличение расстояния до рейки для равнинного и наклонного участков до 30 м приводит к увеличению изменения отсчётов по рейке для обеих высот

визирования в среднем на 0,08-0,22 мм. Изменение отсчётов в течение дня было также небольшим и симметричным.

3. На расстоянии 50 м для указанных выше условиях выполнения измерений отсчёты увеличиваются на 0,22-0,35 мм и их изменение небольшое и симметричное.

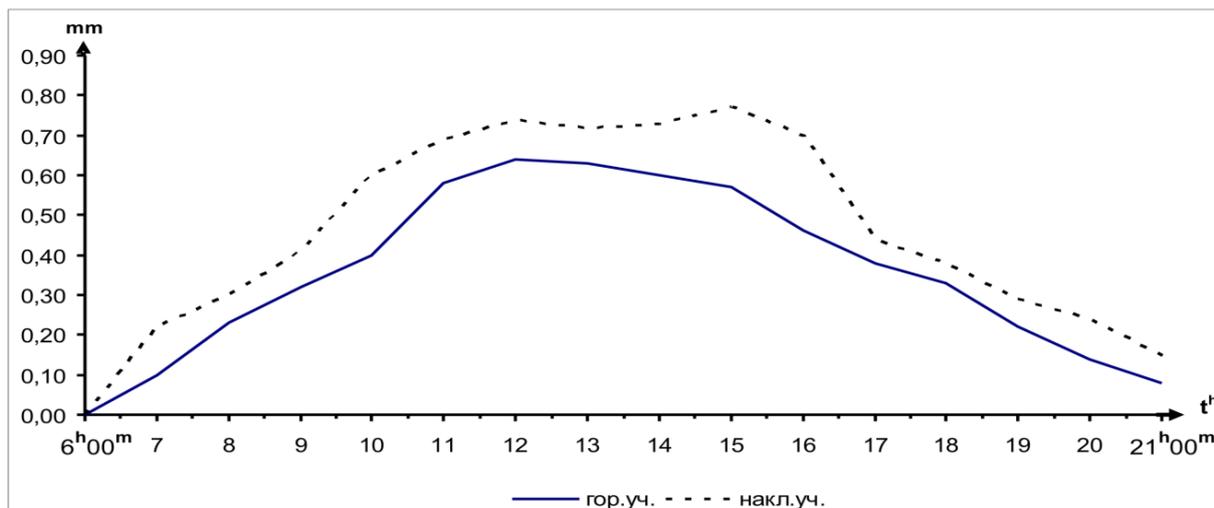


Рис. 1. Влияние вертикальной рефракции на цифровое нивелирование при положительных температурах

Экспериментальные исследования в условиях отрицательных температур при наличии снежного покрова выполнялись на промплощадке строящейся тепловой электростанции Няганьской ГРЭС [3].

Наблюдения проводились при температуре воздуха -14°C . Резкие порывы ветра в течение всего дня отсутствовали. Профиль подстилающей поверхности был практически равнинный. Для выполнения измерений применялся высокоточный цифровой нивелир серии Trimble Dini 12 и штрих-кодовая рейка.

Исследования выполнялись по следующей программе. На исследуемом участке устанавливался штатив. Ножки штатива углублялись в снежный покров до соприкосновения с землей. Так как штатив устанавливался на мёрзлую землю, влияния перемещения наблюдателя на положение системы «цифровой нивелир - штрих-кодовая рейка» практически не было. Для того чтобы от нагрева солнечными лучами под ножками штатива не было таяния снега их концы были укрыты снегом. Перед началом измерений нивелир был вынесен из теплого помещения на улицу и установлен на штатив. Спустя 10-12 мин нивелир принимал температуру окружающего воздуха, после чего начинались производиться измерения. На расстоянии 25 и 50 м от нивелира устанавливалась штрих-кодовая рейка. Для обеспечения надежной фиксации на точке при установке штрих-кодовой рейки применялся металлический башмак. Высота визирного луча над подстилающей поверхностью составляла 40-50 см.

Исследования выполнялись следующим образом. Перед началом исследований на станции производилось взятие отсчётов по рейке 15 раз для каждого расстояния. После чего находился средний отсчёт для данного дня. Полученный отсчёт принимался за исходный. Затем в течение всего дня с интервалом 5 мин отсчёты производились снова. Каждое последующее снятие отсчёта по рейке сопровождалось трехкратным измерением. После чего из них находилось среднее. Исследования заканчивались перед заходом Солнца или сразу после его захода. Исследования выполнялись в течение трёх дней. Величина и характер влияния вертикальной рефракции оценивалась по изменению средних отсчётов, полученных в течение всего дня.

Результаты исследований показали следующее:

- на равнинном участке, где расстояние до рейки составляет 25м, при двух высотах визирования изменение отсчётов в утренние и вечерние периоды наблюдений находится в пределах 0,05-0,09мм. Такое изменение отсчётов по рейке является незначительным. В течение всего дня изменение отсчёта относительно исходного составляет 0,10-0,20мм и является существенным. В близ полуденное, полуденное и после полуденное время изменение отсчётов по рейке составляет от 0,25-0,35 мм. Такое изменение отсчётов по рейке является значительным, и оно влияет на измеренное превышение.

- при увеличении расстояния до максимального 50 м в утреннее, полуденное и после полуденное время влияние рефракции приводит к изменению характера колебаний значений отсчётов для обеих высот визирования на 0,35-0,45 мм. Такие колебания значений отсчётов является существенными и, следовательно, будет влиять на результаты измеренных превышений.

Из выше приведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. При отрицательных температурах изменение отсчётов по рейке также имеет место, что приводит к влиянию вертикальной рефракции на высокоточное нивелирование. Это влияние, также как и при нивелировании при плюсовых температурах, максимально в полуденное время.

2. При увеличении длины расстояния до максимального вертикальная рефракция, также как и при плюсовых температурах, оказывает наибольшее влияние на результаты измерения, особенно в близ полуденное, полуденное и после полуденное время.

3. Влияние вертикальной рефракции в зимнее время на результаты нивелирования цифровыми нивелирами отлично влиянию в летний период времени.

4. Влияние вертикальной рефракции на изменение отсчётов по штрих-кодовой рейке цифровым нивелиром меньше чем при отсчитывании оптическим нивелиром по штриховой рейке даже при высоте визирного луча над подстилающей поверхностью 50 см.

5. В связи с этим считаем необходимым при выполнении нивелирования I и II классов максимальной длиной луча уменьшить высоту визирного луча над пяткой рейки, соответственно, до 0,5 и 0,4 м. Это будет способствовать увеличению продвига выполнения нивелирования без потери точности измерений.

6. Также увеличению продвига нивелирования будет способствовать увеличение допуска на разность плеч на нивелирной станции и увеличение величины накопления этих неравенств по секции. Это предложение обосновывается следующими двумя факторами. Влияние рефракции на результаты измерения превышения на станции при длине плеч 50 м носит случайный характер и тем более это влияние является случайным при длине плеч 3-5м. Также это влияние является случайным при разности плеч на станции. Другим фактором является то, что зрительные трубы цифровых нивелиров имеют увеличение до 30, и в этом случае глубина резкости изображения будет больше, чем при увеличении 40, требуемого нормативным документом для оптических нивелиров с плоскопараллельной пластинкой. Следовательно, выполнять дополнительное перефокусирование зрительной трубы на станции при визировании на заднюю рейку, а затем и на переднюю (и, наоборот) при увеличении разности плеч не придётся. Тем самым на результаты измерения превышения на станции не будет оказывать влияние ход фокусирующей линзы. В связи с этим считаем необходимым при выполнении нивелирования I класса увеличить допуск на разность плеч на нивелирной станции до 2,0 м и накопление этих неравенств по секции до 3,0 м, а при выполнении нивелирования II класса этот допуск необходимо довести, соответственно, до 4,0 и 5,0 м [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение // Учебное пособие для вузов.- Изд.2-е. - М.: Академический Проект, 2008.- 591 с.
2. Уставич Г.А., Соболева Е.Л., Рябова Н.М., Сальников В.Г. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами // Геодезия и картография. - 2011. - № 5. - С. 3-9
3. Соболева Е.Л., Сальников В.Г., Рябова Н.М. Исследование влияние рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами при отрицательной температуре // СГГА, Новосибирск, Т.1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия Ч.1: сб. матер. VIII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2012», С. 81-84.

© Н.М. Рябова, В.Г. Сальников, 2013

ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ФУНДАМЕНТА ТУРБОАГРЕГАТА МОЩНОСТЬЮ 420 МВт

Валерий Геннадьевич Сальников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-913-932-62-20, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

Для обеспечения строительства геометрических параметров инженерных сооружений необходимо провести целый комплекс инженерно-геодезических измерений. В последние годы возобновилось строительство ГРЭС, и все чаще стали использовать для выработки электроэнергии парогазовую установку ПГУ. В связи с этим, возникает необходимость в совершенствовании существующей технологии производства геодезических измерений. В данной статье разработана, и внедрена в производство, технологическая схема геодезических работ при монтаже фундамента турбоагрегата мощностью 420 МВт на строительстве Няганской ГРЭС.

Ключевые слова: фундамент, турбоагрегат, электронный тахеометр, точность.

GEODETTIC WORKS TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTING TURBO-UNIT (420 MW) FOUNDATION

Valery G. Salnikov

post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., tel. 8-913-932-62-20, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

To provide geometric parameters for engineering structures construction the whole complex of engineering and geodetic measurements should be carried-out. The construction of hydroelectric power plants has been resumed lately with steam-gas plants being used for power generation. Thus the existing technologies of geodetic measurements need to be improved. The authors present the manufacturing scheme, which was developed and introduced in production for mounting the foundation of the steam-gas plant (420MW) at Nyagan hydroelectric power plant construction.

Key words: foundation, turbo-unit, total station, accuracy.

В настоящее время к числу мероприятий, направленных на повышение экономичности тепловых электростанций, следует отнести развитие работ в области комбинированных циклов, в первую очередь парогазовых установок, позволяющих получать более экологически чистый вид электроэнергии и повысить к.п.д. цикла.

Парогазовая установка — электрогенерирующая станция, служащая для производства электроэнергии. ПГУ состоит из двух отдельных установок: паросиловой и газотурбинной. Схема ПГУ мощностью 420 МВт изображена на рис. 1.



Рис. 1. Схема ПГУ мощностью 420 МВт:

1. Дымовая труба. 2. Горизонтальный котел-утилизатор. 3. Диффузор. 4. Газовая турбина. 5. Турбогенератор. 6. Полумуфта. 7. Газовая турбина. 8. Конденсатор

Для возведения фундамента под парогазовую установку необходимо производство геодезических измерений. Для этого нами разработана технологическая схема геодезических работ при монтаже фундамента турбоагрегата мощностью 420 МВт (рис. 2).

Конструктивно фундамент главного здания ПГУ-420 представляет монолитную железобетонную плиту, состоящую из нижней и верхней плиты единой конструкции.

На фундаменте нижнего строения турбоагрегата разбивочные работы выполняют с точек разбивочной сети, вынесенных на дно котлована методом створной засечки или полярным способом в координатном режиме. Высотное положение подбетонного основания плиты выносят и контролируют геометрическим нивелированием от реперов, закрепленных на дне котлована. Отклонение фактических отметок от проектных не должны превышать 2 см.

Монтаж опалубки производится предварительно собранными крупногабаритными металлическими блоками (коробами). Короба устанавливают горизонтально на подкладках таким образом, чтобы нижняя часть щитов была на 2-3 см выше самой высокой отметки фундамента. Наивысшую отметку получают из предварительного нивелирования фундаментной плиты. В процессе монтажа опалубки контролируется смещение установочных осей опалубки относительно разбивочных осей, вынесенных на дно котлована.

Контроль смещения производится методом створов с помощью тахеометра или лазерного геодезического прибора. После монтажа щитов опалубки на них устанавливают и закрепляют домкратные рамы, обеспечивая при этом вертикальность рам и места их посадки.



Рис. 2. Технологическая схема геодезических работ при монтаже фундамента турбоагрегата мощностью 420 МВт

Контроль установки производится предварительно с помощью отвеса и окончательно тахеометром. Уменьшение внутреннего размера опалубки не допускается, а его увеличение не должно превышать 5 мм. Отклонение от вертикали допускаются не более 5 мм на 1 м высоты, но не более 20 мм на всю высоту [3]. За установленной опалубкой в процессе бетонирования ведут непрерывные наблюдения. Если опалубка деформируется, то бетонирование приостанавливают и выполняют повторные измерения с целью корректировки установки опалубки в проектное положение. По окончании бетонирования опалубку снимают и выполняют исполнительную съемку фундаментов в плане и по высоте. Нивелирование фундаментов выполняется в местах пересечения осей и по всей их длине с шагом не более 3-х метров[2]. После бетонирования отклонение фактической отметки фундаментной плиты от проектной не должно превышать 10 мм. На бетонную подготовку выносят все строительные оси здания, которые закрепляют керном на металлических пластинах, заложенных в бетон. Затем с использованием этих осей производят детальную разбивку фундамента. Оси на фундамент выносят при помощи тахеометра. Контроль выноса осей на фундамент необходимо осуществить линейным промером между рисками. Окончательное закрепление осей сооружений выполняется способом редуцирования.

Фундамент верхнего строения турбоагрегата (рис. 3) состоит из девяти узлов монолитного каркаса. Возведение может быть последовательным, параллельным и последовательно-параллельным. Выбор способа возведения зависит от количества рабочего персонала и срокам возведения фундамента. Высота и геометрические параметры каждого узла индивидуальны и поэтому разбивка армокаркаса, опалубки и закладных деталей происходит согласно разбивочного чертежа.

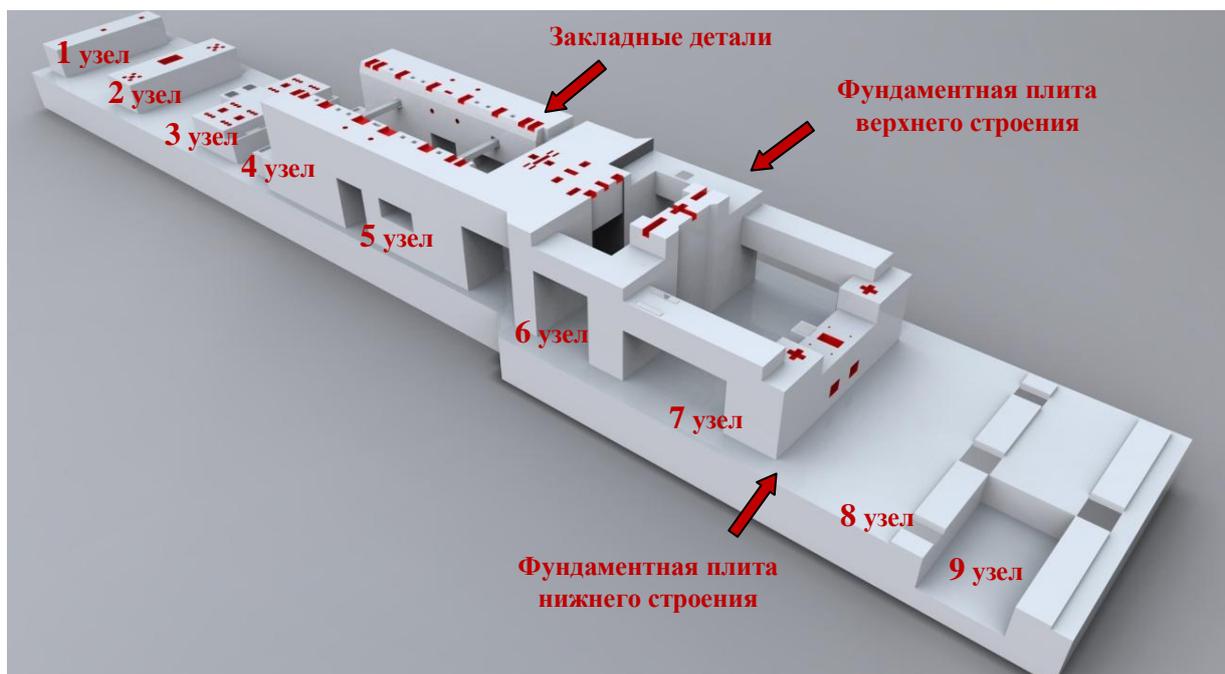


Рис. 3. Фундамент турбоагрегата мощностью 420 МВт

Положение точек элементов опалубки и армокаркаса закрепляются рисками с окраской на бетонной подготовке. За пределами бетонной подготовки точки закрепляются рисками на оголовках металлических штырей, а при большом количестве точек в одном месте рисками с окраской на инвентарной обноске.

В процессе монтажа опалубки контролируется смещение установочных осей опалубки относительно разбивочных осей. Контроль смещения производится с помощью тахеометра способом створов с ошибкой не более 2-3 мм. Положение элементов опалубки определяется координатным способом тахеометром или теодолитом с применением стальной рулетки. Правильность разбивки контролируется путём измерения расстояния между полученной точкой и второй осью, которое должно быть равно отложенной вдоль оси координате. На опалубку после контроля её планового положения выносится проектная отметка верха фундамента и она закрепляется горизонтальной риской с окраской.

Производство геодезических измерений необходимо выполнять с главных, основных или детальных осей, а также с точек их пересечения. Если выполнять измерения с этих точек невозможно, то они выполняются со «свободной станции», координаты которой предварительно определяются. Определение высотного положения фундаментов (или опалубки) производится с рабочих реперов, расположенных в пределах одной нивелирной станции.

Разбивка фундаментной плиты верхнего строения, её опалубки, армокаркаса и закладных деталей производится согласно плана расположения осей фундамента, а так же плана расположения опалубки с точек пересечения главных и основных осей способом полярных и прямоугольных координат; применяется также створная линейная засечка.

Целесообразно установку закладных деталей в планово-высотном положении производить от нулевой высоты и по мере подъема опалубочных щитов до самого верха возводимого строения. Закладные детали имеют различную геометрическую форму и толщину. Они, согласно нормативных документов [1], должны быть установлены с ошибкой, не превышающей ± 5 мм в плане и от -3 мм, до $+6$ мм по высоте. Вынос осуществляется высокоточным тахеометром от пунктов геодезического обоснования способом обратно угловой засечки. Для этого тахеометром с трех – четырех пунктов с известными координатами с ошибкой не больше 1 - 2 мм в плане и по высоте определяют координаты свободной станции. Далее, зная проектные координаты каждой закладной детали по технологической схеме разбивки очередности закладных деталей, происходит вынос и закрепление их в натуре.

Сначала вынос производится на узлах № 1, 2, 3, 4, 8, 9. Так как их высота не превышает $+1.500$ мм, то место стояния тахеометра может быть на нулевом уровне. Далее происходит вынос остальных закладных деталей узлов № 5, 6, 7. Для этого по мере повышения высоты монтируются две площадки на высоте $+5.000$ мм: одна в начале возводимого верхнего строения, вторая в конце. Это обусловлено тем, что из-за геометрических особенностей фундамента невозможно производить геодезические работы с одной станции.

После установки всех конструктивных элементов. Перед началом бетонирования производится планово-высотная съёмка всех конструктивных элементов опалубки, её характерных точек, углов, краёв, положение анкерных болтов и закладных деталей. Во время бетонирования также контролируется положение указанных элементов.

По завершении бетонирования верхнего строения фундаментной плиты производится исполнительная съёмка выполненных работ, а затем детальная разбивка буквенных и цифровых осей.

После набора прочности бетона идет сгущение геодезической сети от опорных геодезических пунктов, путем переноса обоснования на фундамент турбоагрегата. Закрепление пунктов производится металлическими штырями диаметром не менее 20 мм. Точность их положения должна быть в пределах 0.5 - 1.5 мм в плане и 1 - 1.5 мм и по высоте. Таких пунктов целесообразно иметь в количестве 10-15 штук т.к. при дальнейшем этапе строительства видимость между ними будет закрываться оборудованием.

После бетонирования на скобы фундамента выносятся положение осей и производится исполнительная съёмка готовых монолитных фундаментов.

После набора прочности бетона, при положительной температуре это занимает порядка 48 часов, производится шлифовка неровностей бетона, очистка закладных деталей и осадочных марок. Далее выполняется тахеометрическая съёмка с последующим выводом графической информации на исполнительную схему.

По результатам проведения исполнительной съёмки производится анализ и уточнение результатов возведения фундамента со строительной организацией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции – М.: Госстрой СССР, 1987. – 90 с;
2. Ашраф А. Бешр, Рябова Н.М., Сальников В. Г., Теплых А. Н., Рахымбердина М.Р. Исследование влияния вибрации на точность измерений цифровыми нивелирами и электронными тахеометрами // Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2012. - №3. - С.123-126;
3. Соболева Е.Л., Рябова Н.М., Сальников В.Г. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами // СГГА, Новосибирск Т.1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия Ч.1: сб.матер. VII Междунар. научн. конгресс «ГЕО-Сибирь-2011», с.32-36.

© В.Г. Сальников, 2013

ВЛИЯНИЯ РОЗЫ ВЕТРОВ НА ХОЗЯЙСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НА ЗЕМЛЯХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К СЕМИПАЛАТИНСКОМУ ИСПЫТАТЕЛЬНОМУ ПОЛИГОНУ

Айтбек Калиевич Какимов

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, Казахстан, г. Семипалатинск, ул. Глинки, 20 а, д.т.н., профессор, декан факультета «Информационно-коммуникационных технологий», тел. (87772) 42-57-92

Ярослава Георгиевна Пошивайло

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, к.т.н, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: yaroslava_po@mail.ru

Болат Жумагалиевич Ахметов

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, Казахстан, г. Семипалатинск, ул. Глинки, 20 а, старший преподаватель кафедры "Дизайн и геодезия", тел. (87753) 69-64-17, Zunami89@mail.ru

Назира Адамбековна Кудеринова

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, Казахстан, г. Семипалатинск, ул. Глинки, 20 а, к.т.н. доцент, зав. кафедрой "Дизайн и геодезия", тел. (87779)97-36-31, e-mail: Kudnazira@mail.ru

Мария Александровна Минаева

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, Казахстан, г. Семипалатинск, ул. Глинки, 20 а, преподаватель кафедры "Дизайн и геодезия", тел. (87054)67-10-63, e-mail: Minaeva_m@mail.ru

В статье рассматривается влияние розы ветров на характер и уровень загрязнения радионуклидами земель, прилегающих к территории, которые ранее занимал Семипалатинский испытательный полигон. Эти данные необходимы для проведения межевания земель сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: роза ветров, радионуклиды, вторичный перенос, межевание земель.

WIND ROSE EFFECT ON THE ECONOMIC ACTIVITIES OF TERRITORIES ADJACENT TO SEMIPALATINSK NUCLEAR TESTING GROUND

Aitbek K. Kakimov

Ph.D., Prof., Dean of Information-communication Technologies faculty , Shakarim Semipalatinsk State University, 20 Glinki St., Semipalatinsk, Kazakhstan, phone: (87772)42-57-92

Yaroslava G. Poshivailo

Ph.D., Assoc. Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., phone: (383)36106352, e-mail: yaroslava_po@mail.ru

Bolat Zh. Akhmetov

Senior lecturer, Department of Geodesy and Design, Shakarim Semipalatinsk State University, 20 Glinki St., Semipalatinsk, Kazakhstan, phone: (87753) 69-64-17, e-mail: Zunami89@mail.ru

Nazira A. Kuderimova

Ph.D., Assoc.Prof., head of Geodesy and Design Department, Shakarim Semipalatinsk State University, 20 Glinki St., Semipalatinsk, Kazakhstan, phone: (87779)97-36-31, e-mail: Kudnazira@mail.ru

Maria A. Minayeva

Teacher, Department of Geodesy and Design, Shakarim Semipalatinsk State University, 20 Glinki St., Semipalatinsk, Kazakhstan, phone: (87054)67-10-63, e-mail: Minaeva_m@mail.ru

The wind rose effect on radionuclide contamination level and character, concerning the lands adjacent to the former Semipalatinsk nuclear testing ground is shown. The data are needed for agricultural lands surveying.

Key words: wind rose, radionuclide, land surveying, secondary transfer.

Семипалатинский испытательный ядерный полигон был одним из основных полигонов, который использовался для испытаний ядерного оружия на протяжении 40 лет [1]. Общая площадь территории, подвергшейся влиянию испытаний на полигоне, составляет около 304 000 кв.км. Территориально полигон расположен на территории трех областей: Восточно-Казахстанской, Павлодарской и Карагандинской.

Испытания ядерных зарядов и боеприпасов проводились в воздухе, на поверхности земли и под землей. Территория полигона и прилегающие к нему районы подвергались многократному радиоактивному загрязнению, которое происходило, в основном, в результате атмосферных и наземных испытаний.

Последнее испытание было проведено 19 октября 1989 г. Полигон был закрыт указом президента Казахской ССР 29 августа 1991 г. После закрытия полигона прекратилась охрана его границ, что привело к свободному доступу населения практически на всю территорию полигона и прилегающих к нему территорий.

В связи с этим радиоактивное загрязнение прилегающей территории формировалось в результате выпадений из радиоактивных облаков продуктов ядерных взрывов, а также загрязненных частиц грунта, которые перемещались воздушными потоками в различных направлениях. Следы от таких взрывов имели ширину до 15 км и длину свыше 100 км. Радиоактивное загрязнение в пределах этих следов носит неравномерный характер и по уровню загрязнения различается в нескольких раз. Этот след в зависимости от климата и розы ветров (рис. 1) распространялся на территории Казахстана и России. Роза ветров зависит от климатических условий региона.

Климат северных территорий Казахстана и прилегающих к ним территорий России обусловлен аэросиноптическими процессами, основными из которых являются западное, северо-западное и северное вторжение воздушных масс.

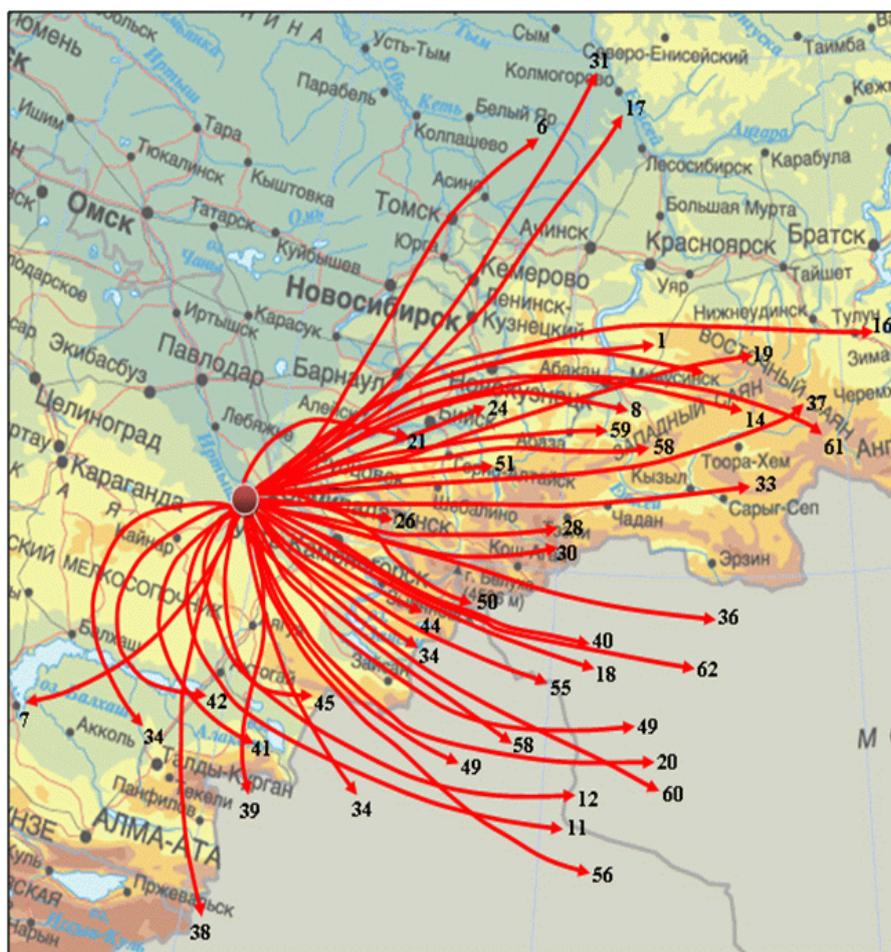


Рис. 1. Траектория движения радиоактивных облаков после ядерных испытаний

Западное вторжение характеризуется перемещением полярного воздуха на территорию Казахстана с запада, и оно сопровождается сплошной облачностью, осадками, сильным ветром. При северо-западном вторжении арктические воздушные массы, ограничиваемые холодными фронтами, проникают на территорию Казахстана с северо-запада, принося с собой ухудшение погоды. Эти вторжения приводили к выпадению радионуклидов вместе с осадками в течение всего года.

При северном вторжении происходит проникновением очень холодного бедного влагой воздуха на территорию Казахстана с севера и северо-востока. При прохождении этого фронта происходит весьма значительное понижение температуры воздуха за холодным фронтом и осадков выпадает в незначительном количестве.

В зимний период года во время установления сибирского антициклона, потоки воздушных масс, распространяясь на территорию России и Казахстана, приносит устойчивую морозную погоду с минимальным выпадением осадков.

В летний период открытость района с юга-запада способствует свободному проникновению сухого тропического воздуха пустынь Средней Азии, что

вызывает большую сухость воздуха, жаркую погоду и длительные периоды без дождя. Такая погода приводит к вторичному переносу ветровому переносу радионуклидов с загрязненных участков на чистые территории. Исследования показали, что содержание радионуклидов, участвующих в ветровом переносе приземного слоя атмосферы, приводит к вторичному перераспределению радионуклидов за счет горизонтальной миграции. Кроме того, имеет место дополнительное радиоактивное загрязнение этого слоя, обусловленное естественным и техногенным пылеобразованием. Значительное техногенное пылеобразование вызывается движением автомобилей в сухую погоду, а также степными пожарами.

Радиоактивные продукты ядерных взрывов после переноса их воздушным путем в дальнейшем перемещаются по биологической цепочке «почва–растительный покров–животный мир–человек».

Почва. Прилегающая к полигону территория занимает северо-восточную часть Казахского мелкосопочника и часть предсопочной равнины. Ландшафты территории представлены низкогорными массивами, отдельными горными грядами, сопками и межсопочными равнинами, и опустыненными степями на каштановых и светло-каштановых почвах, которые имеют наиболее широкое распространение. Сложно расчлененный рельеф ограничивает распашку и поэтому растениеводство (земледелие) в пределах исследуемой территории незначительно.

Растительный покров. Флора прилегающей территории насчитывает около 400 видов растений, но основными составляющими является травостой, который располагается на склонах сопки и в поймах ручьев. В незначительных объемах в южной части исследуемой территории проводятся работы и по заготовке грубых кормов. Заготовка сочных кормов (силос, сенаж, корнеплоды и т.д.) вообще не производится.

Основным видом производимых грубых кормов является сено, которое используется как дополнительный корм в зимний период и является важнейшим компонентом рациона для обеспечения полноценного кормления скота. Уровни накопления в растительности радионуклидов зависят от плотности их выпадений и условиям произрастания растений на конкретном типе почв. На размеры поступления радиоактивных веществ в растения значительное влияние оказывают также различные агротехнические мероприятия, проводимые с целью повышения урожайности.

Животный мир. Фауна позвоночных и беспозвоночных животных исследуемой территории достаточно богата и разнообразна. Это обусловлено низким антропогенным фактором, практически заповедным режимом непосредственно прилегающих к полигону территорий, наличием стабильной кормовой базы и значительных по площади угодий, благоприятных для обитания и размножения различных видов животных.

Основными пищевыми продуктами местного производства является молоко и мясо животных. Концентрация радиоактивности в продуктах питания напрямую зависит от загрязнения растительности радионуклидами

Для оценки возможных концентраций радионуклидов в сельскохозяйственной продукции при ее производстве на исследуемой территории, в первую очередь, проводится работа по выявлению и учету всех объектов (животноводческих хозяйств, зимовок, летников), производящих сельскохозяйственную продукцию, расположенных в прилегающих территориях СИП. Проведенными исследованиями установлено, что на данной территории имеется 9 зимовок, которые функционируют и ведут сельскохозяйственную деятельность.

Человек. Для человека продукты питания с находящимися в них радионуклидами в конечном итоге оказывает влияние на здоровье. В связи с этим для обеспечения безопасной хозяйственной деятельности необходимо на территории проводить исследования остаточного влияния от выпавших радиоактивных осадков.

С учетом сказанного остро встает вопрос о проведении межевания прилегающих к полигону территорий. При межевании должны учитываться результаты радиоактивного загрязнения продуктов растениеводства и питания. Кроме этого, необходимо составлять почвенные карты, на которых должны отражаться следующие антропогенные факторы [2, 3, 4]:

- территории, где запрещается любая хозяйственная сельскохозяйственная и промышленная деятельность;
- территория, где разрешается проезд транспорта и при этом, желательно, в дождливую погоду с целью исключения вторичного переноса радионуклидов;
- территория, где разрешается только выпас скота;
- территория, где разрешается проживание и любая хозяйственная сельскохозяйственная и промышленная деятельность.

При проведении кадастровых и картографических работ для указанных целей обязательно должна учитываться также и роза ветров, с целью прогнозирования возможного вторичного переноса (пылеобразованием или степными пожарами) радионуклидов с загрязненных территорий, как полигона, так и непосредственно прилегающих к нему земельных участков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукашенко С.Н., Стрельчук Ю.Г., Субботин С.Б. и др. Семипалатинский испытательный полигон. Курчатов: Дом печати, 2011 г.
2. Уставич Г.А., Пошивайло Я.Г., Каретина И.П. Реконструкция почвенной карты антропогенно-преобразованных ландшафтов // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». –№2/1. –2012. С.72–76
3. Уставич Г.А., Аврунев Е.И. Совершенствование структуры топографических планов для целей государственного кадастра недвижимости // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка» –№2/1. –2012. С.136–139.
4. Пошивайло Я.Г. Применение цифровых неметрических камер для целей крупномасштабного картографирования // Материалы научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», Том 4 «Геоинформатика», Новосибирск.– 2005.–С. 125–129.

© А.К. Какимов, Я.Г. Пошивайло, Б.Ж. Ахметов, Н.А. Кудеринова, М.А. Минаева, 2013

ВОПРОСЫ МЕЖЕВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Ярослава Георгиевна Пошивайло

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-352, e-mail: yaroslava_po@mail.ru

Юлия Юрьевна Яковенко

ДГП "Институт радиационной безопасности и экологии" РГП НЯЦ РК, 071100, Казахстан, ВКО, г. Курчатов, ул. Красноармейская 2, Руководитель группы геоинформационных систем (ГИС) лаборатории геоинформационных технологий, тел. 8 (72251)25863, доб. 234, e-mail: Yakovenko_Yu@nnc.kz

Алексей Михайлович Яковенко

РГП "Институт геофизических исследований" ААЭ РК, 071100, Казахстан, ВКО, г. Курчатов, площадка Меридиан, Начальник группы топографо-геодезического обеспечения (ГТГО) лаборатории комплексных геоэкологических процессов, тел. 8(72251)23146, доб. 111, e-mail: Yakovenko@igr.kz

В статье рассматриваются особенности межевания загрязненных радионуклидами земель бывшего Семипалатинского испытательного полигона. Указывается, что перевод земель государственного запаса в сельскохозяйственный оборот зависит от степени загрязненности их тяжелыми металлами и радионуклидами. Эти данные необходимы для перевода земель государственного запаса в сельскохозяйственный оборот.

Ключевые слова: радионуклиды, земли государственного запаса, межевание земель.

PROBLEMS OF SEMIPALATINSK NUCLEAR TESTING LAND SURVEYING

Yaroslava G. Poshivailo

Ph.D., assoc. Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., phone: (383)36106352, e-mail: yaroslava_po@mail.ru

Yulia Yu. Yakovenko

Head of GIS Group, Laboratory of GIS technologies, Institute of Radiation Safety, 2 Krasnoarmeyskaya St., Kurchatov, Kazakhstan, phone. 8(72251)25863 ext. 234, e-mail: Yakovenko_Yu@nnc.kz

Alexey M. Yakovenko

Head of the Group of Topographic and Geodetic Dataware, Laboratory of Complex Geoecological Processes, Institute for Geophysical Research, Meridian site, Kurchatov, 071100, Kazakhstan, phone: 8(72251)23146, ext. 111, e-mail: Yakovenko@igr.kz

The problems of surveying the lands of the former Semipalatinsk nuclear testing ground contaminated with radionuclide are considered. It is shown that the possibility of the state reserve lands

being used as agricultural depends on the degree of their contamination with radionuclide and heavy metals. The data are needed for the state reserve lands transfer to agricultural assets.

Key words: radionuclide, state reserve lands, land surveying.

Семипалатинский испытательный ядерный полигон (СИП) территориально расположен на территории трех областей (рис. 1): Восточно-Казахстанской, Павлодарской и Карагандинской. На площади в 18 500 кв. км (площадь полигона) с 1949 по 1989 год на полигоне было проведено 456 ядерных испытаний. Общая площадь территории, подвергшейся влиянию испытаний на полигоне, составляет около 304 000 кв. км [1]. На территории полигона выделено 8 основных участков, на которых непосредственно проводились ядерные испытания. Испытания ядерных зарядов и боеприпасов проводились в воздухе, на поверхности земли и под землей.

Загрязнению атмосферными и наземными испытаниями подвергались воздушный бассейн, дневная поверхность земли и подземная геологическая среда. Радиационная обстановка на территории полигона в настоящее время определяется различными факторами и для ее оценки необходим комплексный подход, включающий в себя и проведение соответствующих топографо-геодезических и картографических работ [2, 3].

Основной задачей радиационного контроля является предупреждение вредного воздействия радиации на организм человека и животных, а также на различные объекты природной среды. При этом определяются допустимые уровни содержания радиоактивных веществ в объектах природной среды и организме человека, а также пределов доз облучения для отдельных лиц и всего населения. С учетом радиационной обстановки на территории полигона и прилегающей к нему территории и решается вопрос о передаче земель запаса в собственность или землепользование для нужд сельского хозяйства, промышленности и иных целей.

Землями запаса являются все земли, на которых проводились испытания ядерного оружия. В собственность или землепользование часть земель запаса передаются в порядке и на условиях, установленных земельным кодексом РК.

Не передаются в собственность или землепользование (временное или постоянное):

- земельные участки, подвергшиеся сверхнормативному радиоактивному загрязнению;

- земельные участки, подвергшиеся радиоактивному загрязнению, на которых не обеспечивается получение продукции, соответствующей санитарным нормам.

Передача таких земельных участков производится только после проведения всех мероприятий по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия и комплексного экологического исследования, после которого будет дано положительное заключение соответствующих государственных органов.

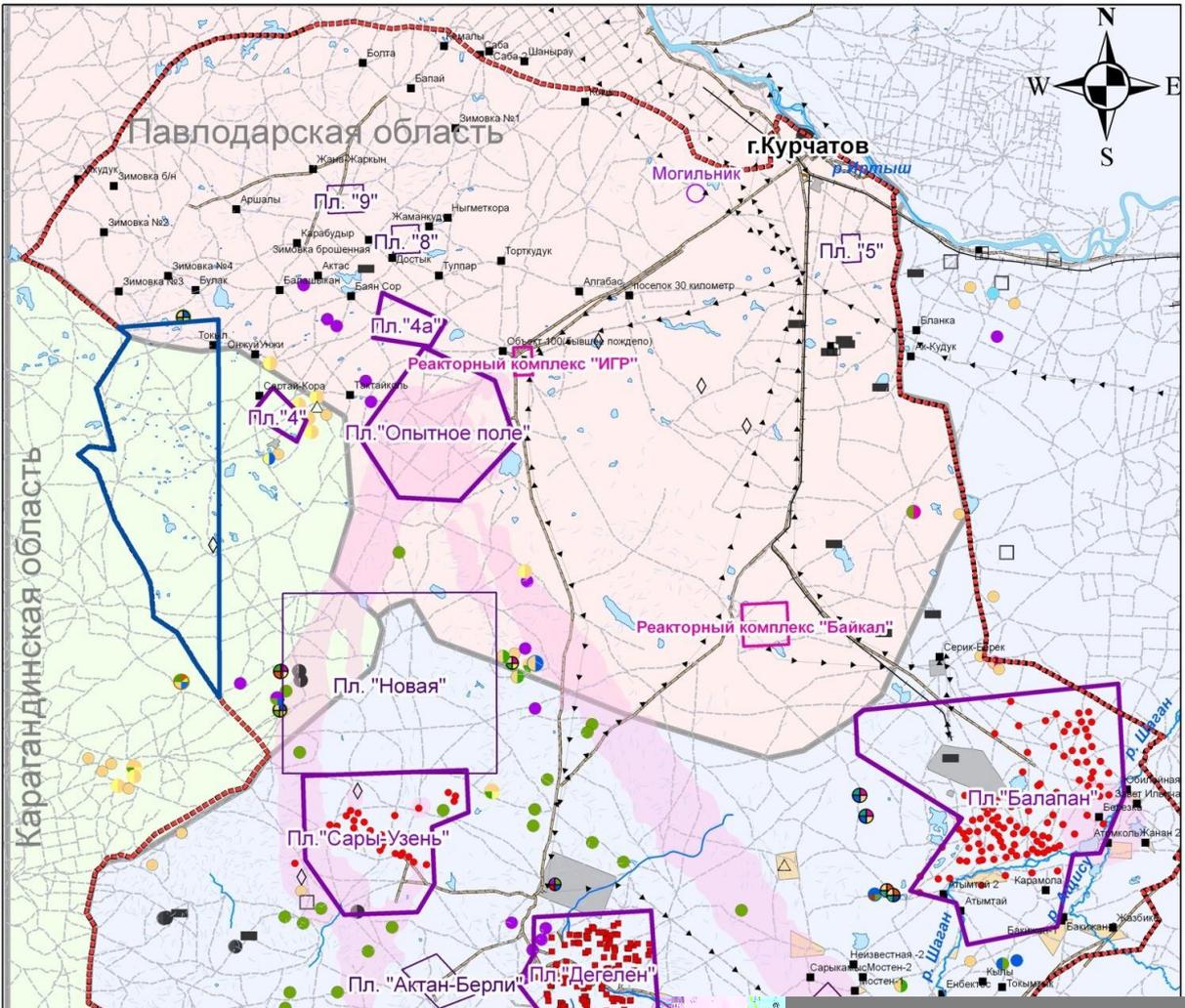


Рис. 1. Территория Семипалатинского испытательного полигона

Выше нами отмечалось, что одним из сдерживающих факторов, влияющим на освоение полигона и прилегающих к нему территорий, является отрицательный имидж земельных угодий. Поэтому при проведении работ по межеванию земель необходимо учитывать психологический фактор будущих землепользователей. С учетом этого межевание земель должно проводиться по следующим направлениям:

1. Межевание земель, где запрещена любая хозяйственная деятельность. Эти законсервированные земли запаса должны быть отмечены на местности специальными знаками, которые должны быть указаны также на топографических картах. Создаваемые топографические карты рекомендуется дополнять цифровыми неметрическими снимками [3, 4]: наиболее опасных участков (выходов штолен, скважин, инженерных сооружений и коммуникаций). Для ограничения доступа домашних и диких животных к наиболее загрязненным участкам должно производиться их ограждение колючей проволокой и рвом.

2. Межевание земель, где разрешается добыча полезных ископаемых (на территории полигона обнаружены запасы вольфрама, бериллия, каменного угля). В этом случае на картах (схемах) должны быть указаны маршруты движения транспорта, при использовании которых не будет вызываться значительное техногенное пылеобразование с наличием в пыли радионуклидов.

3. Межевание земель, где разрешается выпас скота. В настоящее время на территории полигона имеется около 80 зимовок, где ведется хозяйственная деятельность, в основном овцеводство, скотоводство, коневодство и кормопроизводство. На территории полигона содержится более 30 000 овец, 4 000 голов крупного рогатого скота и 3 000 голов лошадей. При межевании должны быть отмечены наиболее увлажненные участки со значительной биомассой луговой растительности, а также выходы грунтовых вод, которые могут иметь загрязненные участки с максимально допустимым или превышающим уровнем загрязнения.

4. Межевание земель полигона и прилегающих к нему территорий, где разрешается производство сельскохозяйственной продукции в полном объеме. В настоящее время на территориях, прилегающих к полигону, ведется традиционная хозяйственная деятельность. При решении данного вопроса межевания в этих районах необходимо учитывать определенные закономерности накопления радионуклидов в различных ландшафтах и особенности их распределения по глубине почвенного покрова. Исследованиями установлено, что если источником увлажнения верхнего слоя почвы являются только атмосферные осадки, то вертикальные перемещения радионуклидов в почве незначительно. При наличии загрязненных подземных вод верхний слой почвы будет чистым, но на определенной глубине в земле будут находиться радионуклиды. В связи с этим будет иметь место своеобразное межевание земель по горизонтам почвенного профиля. В этом случае границы чистых и загрязненных земель не будут совпадать. Следовательно, при межевании земель необходимо ставить вопрос об их предназначении. Например, если верхний слой земли будет использоваться только для выпаса скота или прокладки дорог, то наличие в нижних слоях

радионуклидов не представляется опасным. Если же на этом участке предполагается пробурить скважину для отбора воды, то это решение не является приемлемым.

И, наконец, при проведении межевания чистых земель, расположенных вблизи загрязненных участков, необходимо учитывать вероятность вторичного загрязнения верхнего слоя почвы этих земель ветровым переносом (также необходим учет розы ветров), техногенным пылеобразованием, а также степными пожарами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукашенко С.Н., Стрельчук Ю.Г., Субботин С.Б. и др. Семипалатинский испытательный полигон. Курчатов, «Дом печати». –2011.

2. Уставич Г.А., Аврунев Е.И. Совершенствование структуры топографических планов для целей государственного кадастра недвижимости // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка» –№2/1. –2012. – С.136–139.

3. Пошивайло Я.Г., Радченко А.В., Чахлова А.П. Повышение информативности топографических планов путем применения растровых баз данных // Гео-Сибирь-2010, Т.1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч.1: сб. материалов VI междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19-29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА.– 2010. – С. 63–68.

4. Пошивайло Я.Г. Применение цифровых неметрических камер для целей крупномасштабного картографирования // Материалы научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», Том 4 «Геоинформатика», Новосибирск.– 2005.–С. 125–129.

© Я.Г. Пошивайло, Ю.Ю. Яковенко, А.М. Яковенко, 2013

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СОЗДАНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЦИФРОВОЙ ВЕКТОРНОЙ КАРТЫ МАСШТАБА 1:10 000

Георгий Афанасьевич Уставич

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, к.т.н, 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, директор, 050028, г. Алматы, пр. Достык, 85, тел. 8(727) 272-39-79, e-mail: babasov@mail.ru

Дженискуль Жумахановна Бастаубаева

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 050038, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71, к.т.н, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. +7 (727) 377-33-43, внут. 1224, e-mail: kzjenis@mail.ru

В статье рассматриваются особенности производства геодезических работ в условиях высокогорной местности, приводится технологическая схема создания цифровой карты масштаба 1:10 000. Эта карта применяется при разработке перспективного плана развития и районирования г. Алматы а также для обеспечения проведения кадастровых работ.

Ключевые слова: цифровая карта, топографическая съемка, генеральный план развития города.

MANUFACTURING SCHEME FOR DIGITAL VECTOR MAP (SCALE 1: 10,000) CREATION AND QUALITY ASSESSMENT

Georgy A. Ustavitch

Ph.D., Prof., Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., phone: (383)3432955, e-mail: ystavich@mail.ru

Saduakhas A. Babasov

Director, Technological Information Centre Akimata, 85 Dostyk Pr., Alma-Ata, 050028, phone: 8(727)272-39-79, e-mail: babasov@mail.ru

Dzhenikul Zh. Bastubayeva

Ph.D., Assoc. Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, Al-Faraby Kazakh National University, 71, Al-Farabi Pr., Alma-Ata, 050038, phone: +7 (727)377-33-43, house phone: 1224, e-mail: kzjenis@mail.ru

Features of geodetic works on mountain terrain are considered. The manufacturing scheme for digital map- (scale 1:10,000) making is presented. The map is applied for developing the long-term plan of Alma-Ata development and zoning as well as for cadastral works.

Key words: digital map, topographic survey, general plan of city development.

Рельеф земной поверхности согласно своей природе формирования характеризуется сложным комплексом сочетания и сопряжения природных, искусственных, эксплуатационных, информационных элементов, взаимосвязанных между собой, что следует из высокой степени изменчивости геометрии реального рельефа, носящей природно-случайный характер.

Главным структурообразующим признаком, определяющим формы топографической поверхности и геометрии рельефа земной поверхности, служит поле высот характерных точек рельефа, т.е. высота рельефа, дисперсия которой зависит от изменчивости микроформ рельефа и ошибок измерений.

Топографический план как базовая модель местности предназначен для статистического, а не динамического представления местности. В настоящее время широко распространена задача преобразования информации, содержащейся в модели местности, в другую, эффективную информацию, и ее применения при решении научно-производственных задач с использованием математических методов и компьютерной технологии. Такая модель, получаемая за счет преобразования базовой информации в новую, содержащую информацию об информации, заключенной в этой базовой модели [3].

Традиционно карты создавались для осуществления двух основных функций. Первая функция это хранение информации. Создание карты это способ зафиксировать информацию о местоположении пространственного объекта. Вторая функция состоит в том, чтобы через изображение донести пространственную информацию до пользователя.

В инженерной практике, в том числе в сфере топографии и картографии местности, более существенными являются семантический и прагматический подходы к определению количества информации. Семантический подход к изучению знаковой системы как средство выражения смысла, определенного содержания, т.е. смысловой стороны языка (знака), находится в развитии. Прагматический подход к определению количества информации направлен на ее изучение с точки зрения полезности, ценности, целесообразности для достижения поставленных задач. Этот подход в условиях моделирования местности очень важен для оценки достоверности, надежности и точности используемой информации и результатов моделирования. Поскольку семантические оценки характеризуют смысл, содержательность информации (сообщений), то прагматическая их ценность, полезность показывает, что они, в сущности, взаимно сливаются. Для расчета количества информации используются специальные меры и оценки из теории информации. Некоторые авторы [1,2] считают возможным осуществлять оценку прагматических свойств информации по критерию максимума ее ценности. Количественная оценка семантических свойств информации об объекте пока не решена.

Предлагаемые теми или иными авторами меры информативности основаны на понятии количества информации по Шеннону, но различаются своей конструкцией, описывающей отношение частот сопоставляемых классов объектов, а также тем, как используются сами эти отношения или логарифмы.

Количество информации по Шеннону определяется уравнением

$$I = \sum_{s=1}^k \frac{m_s}{m_s + (N_1/N_2)n_s},$$

где k – число значений признака; N_i – объем i -ой выборки, $i = 1, 2$.

Для количественной оценки значимости используемых при определении и прогнозировании параметров съемки некоторых главенствующих параметров регулирования топографических планов и карт земной поверхности возникает первостепенная необходимость выявить степень информативности того или иного изучаемого показателя-параметра.

В работе [1] в качестве показателя информативности рекомендуется использовать ряд аналитических характеристик, которые служат информационными характеристиками полноты отображения местности, т.е. степени насыщенности плана объекта местности, необходимой при данном масштабе и высоте сечения рельефа.

Данные утверждения справедливы и при создании цифровых карт и планов. Рассмотрим опыт создания их на примере результатов топографической съемки г. Алматы.

Цифровая карта масштаба 1:10 000 выполнялась на базе электронно-цифровой топографической съемки в масштабе 1:500.

Электронно-цифровая версия инженерных сетей – это электронный формат старой топографической съёмки г. Алматы, которая до сегодняшнего времени хранилась на растровых сканированных материалах или на бумажных носителях, которые обновлялись корректировкой и новой топографической съемкой. Качество сканированных материалов, а также бумажных носителей достаточно низкое, что уменьшало ее информативность и увеличивало вероятность ошибок при проектировании. Выполненная в программе CREDOTOПОПЛАН, новая электронно-цифровая версия топографической съёмки инженерных сетей обладает высоким качеством и точностью изображения. Электронно-цифровая версия топографической съёмки инженерных сетей позволяет быстро визуально получать необходимую информацию. Разработанная по слоям она позволяет отключать ненужную информацию и наоборот, мы можем подключать все слои, чтобы иметь при необходимости полную картину изучаемого участка. Это обстоятельство важно в условиях горной местности.

Электронно-цифровая версия топографической съёмки инженерных сетей выполнена в координатах. Работа в координатах значительно повышает точность выполнения проекта, исключает случаи наложения проектируемых объектов друг на друга, позволяет накапливать и вести мониторинг выполненных проектов и учитывать их в последующих проектных работах.

В настоящее время электронно-цифровая версия топографической съёмки инженерных сетей активно используется в работе по созданию Государственного градостроительного кадастра инженерных сетей [4], где она является ба-

зой для графического отображения характерных участков всех видов инженерных сетей и специальных сооружений на них. Выполненная в программе MAPInfo, ArcGIS по слоям цифровая версия значительно облегчает поиск и регистрацию инженерных коммуникации. Кроме того, часть необходимой атрибутивной информации считывается и регистрируется непосредственно с электронно-цифровой версии, другие основные характеристики сетей и спецустановок предоставляются Заказчиком от городских инженерных служб.

Области применения цифровой карты масштаба 1:10 000 для города Алматы.

1. Мониторинг при реализации Генерального плана города Алматы.
2. Корректировка Генерального плана города Алматы.
3. Составление схемы размещения проектируемого района в системе города или системе расселения.
4. Составление схемы современного использования территории города Алматы (опорный план).
5. Составление схемы развития города Алматы.
6. Составление схемы сейсмического микрорайонирования города Алматы.

Например, мониторинг при реализации генерального плана города Алматы необходим для развития и застройки территорий города Алматы

Развитие и застройка территорий города Алматы осуществляется на основании утвержденного в установленном порядке генерального плана. Генеральный план города Алматы является основным градостроительным документом, определяющим комплексное планирование развития города. Генеральный план разрабатывается в соответствии с утвержденной генеральной схемой организации территории и комплексной схемой градостроительного планирования региона.

Генеральным планом определены основные направления развития территории города Алматы, включая социальную, рекреационную, производственную, транспортную и инженерную инфраструктуры, с учетом природно-климатических, сложившихся и прогнозируемых демографических и социально-экономических условий.

Для мониторинга и своевременной реализации всех направлений Генерального плана города Алматы необходима электронно-цифровая карта масштаба 1:10 000, согласно «Инструкции о составе, порядке разработки, согласования и утверждения градостроительных проектов в Республике Казахстан» СНиП РК 3.01-07-2007*.

Топографическая съемка масштаба 1:10 000 должна быть выполнена и она выполняется посредством компьютерной технологии ведения топографических работ с созданием цифровой модели местности города 1:10 000 в ГИС системе CREDOTOПОПЛАН, MAPInfo. Топографическая съемка масштаба 1:10 000 города Алматы в электронно-цифровой версии соответствует этим требованиям.

На опорном плане показывается существующее функциональное использование территории города, т.е. жилая, общественная, промышленно-

производственная и коммунальная застройка, улично-дорожная сеть, озеленение, гидрографическая сеть, территории транспортных и инженерных сооружений.

Все эти требования учтены при составлении топографической съемки масштаба 1:10 000, выполненной посредством компьютерной технологии в электронно-цифровой версии. Так как в систему CREDOTOПОПЛАН включена библиотека условных знаков для топографического плана масштаба 1:10 000. В библиотеку включены условные знаки геодезических пунктов, строений, зданий и их частей, железных дорог и сооружений при них, автомобильных и грунтовых дорог, инженерных коммуникаций, гидрографии, мостов, путепроводов и переправ, рельефа, растительности, сельскохозяйственных угодий, болот и солончаков.

На основе топографической съемки масштаба 1:10 000 в электронно-цифровой версии могут создаваться многочисленные схемы города Алматы, необходимые в работе как проектировщиков, так и различных служб города. Это дает возможность их использования и мониторинга в соответствии с современной сложившейся ситуацией, которая в значительной степени обусловлена предгорной и горной местностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Неумывакин Ю.К. Обоснование точности топографических съемок для проектирования. – М.: Недра, 1976. –152 с.
2. Сухов В.И. Информационная емкость карты. Энтропия //Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка.–1967. Вып. 5.–С. 53–63.
3. Тумар А. К вопросу выбора высоты сечения для проектирования осушения закрытым дренажем. Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. –№2. –1983.–С.50–53.
4. Уставич Г.А., Аврунев Е.И. Совершенствование структуры топографических планов для целей государственного кадастра недвижимости // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка» –№2/1. –2012. – С.136–139.

© Г.А. Уставич, С.А. Бабасов, Д.Ж. Бастаубаева, 2013

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УЧЕТА ДЕФОРМАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ СКАНИРОВАНИЯ

Любовь Семеновна Любивая

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, доцент, кандидат технических наук, кафедра геодезии, тел. (383)361-09-48, e-mail: lubls@mail.ru

В статье рассмотрена технология учета деформации картографического материала, используемого в процессе сканирования. Предложено использование полинома для устранения систематических искажений.

Ключевые слова: цифрование карт, деформации картографического материала, сканирование, полином, систематические искажения.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES FOR DETECTING DEFORMATION OF MAP MATERIAL USED FOR SCANNING

Lyubov S. Lyubivaya

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

Technologies for detecting deformation of map material used for scanning are considered. The polynomial application is offered for systematic distortion elimination.

Key words: maps digitization, cartographic material deformation, scanning, polynom, systematic distortions.

При контроле качества исходного картографического материала проверяется точность математической основы (размеры сторон и диагоналей для топографических карт не должны превышать 0,2 мм и 0,3 мм от теоретических, для обзорно-географических карт и планов городов – 0,3 и 0,4 мм от теоретических). Для исходных материалов, имеющих отклонения от указанных требований, принимаются отдельные редакционные решения, которые записываются в формуляры цифровых и электронных карт.

Полнота и качество сканирования проверяются методом визуального сравнения растрового изображения на экране монитора с исходным картографическим материалом. На растровом изображении должны быть все элементы ИКМ, а само изображение не должно иметь разрывов, смазов и посторонних пятен (шумов). Контроль качества сканирования включает контроль точности и полноты результатов сканирования, а также оценку качества растрового изображения. Точность сканирования контролируется измерением рамки и диагоналей растрового изображения картографического материала. Отклонения не должны превышать 0,2 мм от фактических размеров.

Ошибка определения координат точек в процессе сканирования включает в себя ошибку сканирования и ошибку плана. Чтобы точность координат зависела только от масштаба плана, современные технологии процесса сканирования должны учитывать деформацию используемого картографического материала. Удобно это сделать с помощью полинома, описывающего систематические искажения данного листа карты.

Выбор подходящей модели для описания искажений δx и δy обычно опирается на следующие критерии. Во-первых, физические основания, то есть подбор математического описания, действительно отображающего физическую природу систематических искажений картографического материала. Во-вторых, простейшая форма модели (наименьшее число параметров модели, простота выражений, описывающих искажения). В-третьих, минимальная сумма квадратов поправок из уравнивания; минимальная дисперсия и другие.

С учетом этих критериев подбирается форма многочлена, описывающего систематические искажения картографического материала.

Для определения параметров искажений картографического материала можно использовать модель, предложенную D. Brown [1, 2] для самокалибровки аэрофотоснимков, которая включает 29 параметров и преобразованная нами имеет вид:

$$\begin{aligned} \delta x = \varphi_x(C_1, C_2, \dots, C_{29}) = & C_1x + C_2y + C_3x^2 + C_4xy + C_5y^2 + C_6x^2y + C_7xy^2 + \\ & + x(C_{15}x^2 + C_{16}xy + C_{17}y^2 + C_{18}x^3 + C_{19}x^2y + C_{20}xy^2 + C_{21}y^3)/f + x(C_{22}r^2 \\ & + C_{23}r^4 + C_{24}r^6) + C_{25}(y^2 + 3x^2) + 2C_{26}xy + C_{27} + xC_{29}/f ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta y = \varphi_y(C_1, C_2, \dots, C_{29}) = & C_8x + C_9y + C_{10}x^2 + C_{11}xy + C_{12}y^2 + C_{13}x^2y + C_{14}xy^2 + \\ & + y(C_{15}x^2 + C_{16}xy + C_{17}y^2 + C_{18}x^3 + C_{19}x^2y + C_{20}xy^2 + C_{21}y^3)/f + \\ & + y(C_{22}r^2 + C_{23}r^4 + C_{24}r^6) + 2C_{25}xy + C_{26}(x^2 + 3y^2) + C_{28} + yC_{29}/f . \end{aligned}$$

В этой модели коэффициенты C_i определены на основании практических исследований. Одни из них представляют собой комбинацию, предназначенную для компенсации независимой вдоль осей $x(C_1, C_2, \dots, C_7)$ и $y(C_8, C_9, \dots, C_{14})$ деформаций картографического материала, а коэффициенты $C_{15}, C_{16}, \dots, C_{21}$ — некоторых сложных несимметричных радиальных деформаций. Следующая группа коэффициентов (C_{22}, C_{23}, C_{24}) выражает симметричную радиальную деформацию, а C_{25} и C_{26} — тангенциальную. Последние коэффициенты C_{27}, C_{28}, C_{29} определяют искажения положения центра карты.

Проблема выбора параметров, описывающих систематические искажения, включает несколько аспектов. На решение уравнений оказывают влияние параметры, коррелированные между собой. Корреляция между параметрами может возникнуть либо из-за некорректности формул, описывающих систематические искажения картографического материала, либо вследствие неудачного расположения точек на карте. Какое именно расположение является неудачным, предсказать трудно, но предусмотреть такую возможность нужно.

Следовательно, единственно верным будет путь выбора модели ошибок для каждого конкретного листа картографического материала, используемого для сканирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Brown D.C. The Bundle Adjustment-Progress and Prospects. Invited Paper of Commision III, ISP Congress, Helsinki, 1976, p.33.
2. Любивая Л.С. Об определении систематических искажений изображений при самокалибровке снимков. –Геодезия и картография, 1984, № 1, с.34-38.

© Л.С. Любивая, 2013

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ОТСЧЕТЫ ПО РЕЙКЕ

Надежда Михайловна Рябова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии информационных систем, тел. 8-923-227-27-76, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

При выполнении наблюдений за деформациями инженерных сооружений возникают ситуации, при которых выполнение измерений производится в условиях плохой видимости или при недостаточном освещении штрих-кодовой рейки. В связи с этим возникает необходимость в проведении исследования влияния различной освещенности на отсчет по рейке. В статье приводятся результаты исследований влияния различной освещенности реек на точность измерения расстояния и превышения.

Ключевые слова: цифровой нивелир, штрих-кодová рейка, освещенность.

RESEARCH OF ILLUMINATION EFFECT ON ROD READING

Nadezhda M. Ryabova

Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., phone: 89232272776, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

In process of observing engineering structures deformations measurements are likely to be made under low visibility conditions or with poorly illuminated bar-code rod. The research of the illumination effect on the rod reading has to be conducted. The dependence of distance and height measurement accuracy on the rod illumination intensity is shown.

Key words: digital level, bar-code rod, illumination.

При выполнении наблюдений за деформациями инженерных сооружений на величину ошибки взгляда влияет изменение емкости батарей питания нивелира [1]. Однако, иногда возникает необходимость в выполнении измерений в условиях плохой видимости или при недостаточном освещении штрих-кодовой рейки. В настоящее время, существует целый ряд систем, позволяющих генерировать свет прямо на рейку [2]. Поэтому при выполнении оценки надежности и точности измерений деформаций инженерных сооружений важен выбор способа освещения штрих-кодových реек.

С учетом этого нами предлагается методика исследования влияния различной освещенности на результаты нивелирования цифровыми нивелирами. Сущность данной методики состоит в определении изменения отсчетов по штрих-кодовой рейке в зависимости интенсивности её освещения.

Исследования проводились в лабораторных условиях. Температура воздуха в помещении составляла + 23°C. При выполнении измерений применялся цифровой нивелир Trimble Dini 0.7 и штрих-кодová рейка.

Исследования выполнялись при различной степени освещенности помещения. Взятие отсчета по штрих-кодовой рейки производилось при полном освещении помещения (включенном свете) и при полном его отсутствии (выключенном свете), но при этом для подсвечивания штрих-кодовой рейки применялся аккумуляторный фонарик с галогенной лампочкой.

Измерения производились на пяти станциях. Перед началом измерений на штатив устанавливался нивелир, а штрих-кодová рейка устанавливалась на бетонный пол на расстоянии 10 м, 15 м, 20 м, 26 м и 41 м от цифрового нивелира.

Исследования включали в себя две программы наблюдений.

Первая программа наблюдений выполнялась при установлении штрих-кодовой рейки на расстоянии 10 м, 15 м, 20 м и 26 м от цифрового нивелира. Условия наблюдения на этих расстояниях были одинаковы. Порядок измерений на станции был следующий. Первые два измерения выполнялись при полном освещении помещения (включенном свете). Дальнейшие измерения выполнялись при полном отсутствии освещения в помещении (выключенном свете), но при этом штрих-кодová рейка подсвечивалась аккумуляторным фонариком с галогенной лампочкой. Аккумуляторный фонарик устанавливался на расстоянии 2-3 м от нивелирной рейки таким образом, чтобы в отсчетном угловом секторе α поле зрения зрительной трубы цифрового нивелира находился участок рейки длиной не менее 400 мм. Измерения проводились с интервалом в одну минуту в течение часа. Таким образом, по штрих-кодовой рейке было выполнено 48 отсчетов.

Вторая программа наблюдений выполнялась при установлении штрих-кодовой рейки на расстоянии 41 м от цифрового нивелира. Измерения проводились в 3 этапа. Первый этап заключался во взятии отсчета по штрих-кодовой рейке при полном освещении помещения (включенном свете). Вторым этапом проводился взятие отсчета по штрих-кодовой рейке при полном освещении помещения (включенном свете) и при подсвечивании штрих-кодовой рейки аккумуляторным фонариком с галогенной лампочкой. Аккумуляторный фонарик так же устанавливался на расстоянии 2-3 м от нивелирной рейки. Третьим этапом заключался во взятии отсчета по штрих-кодовой рейке при полном отсутствии освещения в помещении (выключенном свете) и при свете аккумуляторного фонарика. Порядок измерений на станции был следующий. Для каждого из вышеперечисленного этапа наблюдений снималось по 50 отсчетов по штрих-кодовой рейке.

По результатам выполненных измерений были построены графики изменения отсчетов по штрих-кодовой рейке в зависимости от интенсивности её освещения для расстояний 10 м, 26 м и 41 м (рис. 1).

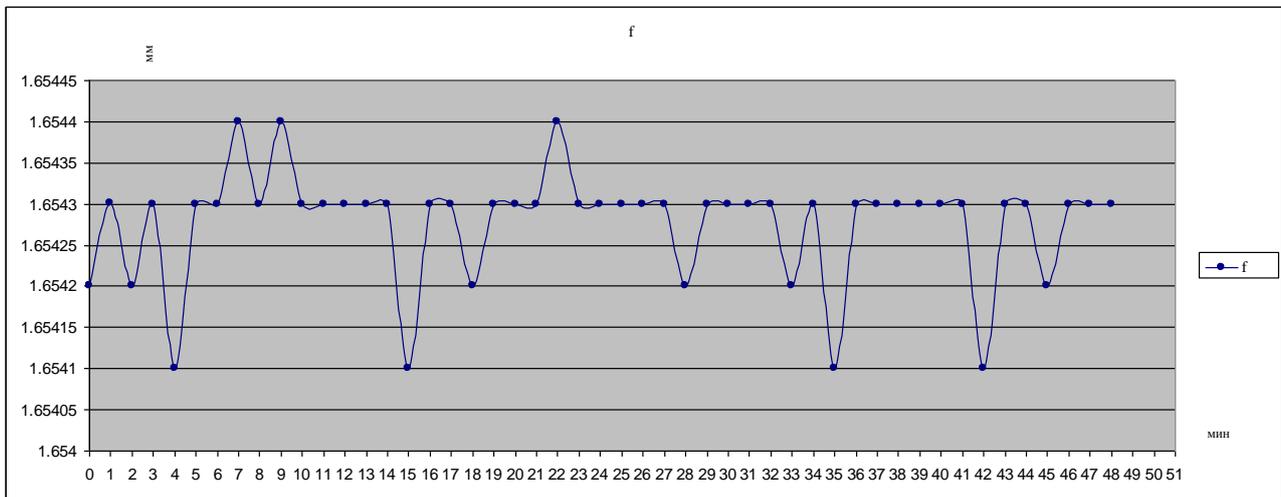


Рис. 1. Влияние различной степени освещенности на изменение отчетов по рейке при установлении её на расстоянии 10 м, 26 м и 41 м от цифрового нивелира

На основе выполненных сравнений полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Частота колебания отсчетов по штрих-кодовой рейке максимальна на расстоянии 26 м при полном отсутствии освещения в помещении и при подсвечивании штрих-кодовой рейки аккумуляторным фонариком. Отсюда, с увеличением длины визирного луча частота изменения отсчетов по штрих-кодовой рейке возрастает.

2. Наименьшая частота колебания отсчетов по штрих-кодовой рейке происходит на расстоянии 41 м при полном отсутствии освещения в помещении (выключенном свете), при подсвечивании штрих-кодовой рейки аккумуляторным фонариком.

3. Наибольшая частота колебания отсчетов по штрих-кодовой рейке происходит на расстоянии 41 м при полном освещении помещения (включенном свете) и при подсвечивании штрих-кодовой рейки аккумуляторным фонариком.

Применение фонарика с галогенной лампочкой вызывает неравномерное освещение штрих-кодовой рейки, которое является источником ошибок взятия отсчетов, особенно при прецизионных измерениях автоматическим нивелиром [1].

Таким образом, в результате сильно яркого освещения происходит засвечивание штрих-кодовой рейки, что приводит к максимальному изменению отсчетов по рейке, равному при $S=41$ м:

- при полном освещении – 0,1 мм;
- при полном освещении и свете фонаря – 0,2 мм;
- при свете фонаря – 0,07 мм.

Из этого следует, что при выполнении нивелирования цифровым нивелиром необходимо выполнять нивелирование или при естественном освещении, или при искусственном.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование влияния емкости батареи геодезических приборов на ошибку измерения превышения и расстояния./ Ашраф, А. Бешр, Рябова Н.М., Кочетков А.В. // СГГА, Новосибирск, Т.1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия Ч.1: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», с. 197-201

2. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение / В.Е. Дементьев // Учебное пособие для вузов. - Изд.2-е. - М.: Академический Проект, 2008.- 591 с.

© Н.М. Рябова, 2013

ПРИМЕНЕНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ ФОТОПАНОРАМ ПРИ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

Александр Иванович Вдовин

ОАО «ВЕРХНЕЕНИСЕЙСКОЕ АГП», Красноярский край, г. Минусинск, ул. Тувинская 22, ведущий специалист, e-mail: sasha_vdovin@mail.ru

Сергей Сергеевич Титов

ОАО «ВЕРХНЕЕНИСЕЙСКОЕ АГП», Красноярский край, г. Минусинск, ул. Тувинская 22, заместитель директора, e-mail: s_titov@ngs.ru

Петр Павлович Мурзинцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, к.т.н, доцент кафедры инженерной геодезии и информационных систем, e-mail: petermur329@inbox.ru

В статье рассмотрена возможность комбинирования тахеометрической съемки и применения сферической панорамной фотосъемки.

Ключевые слова: тахеометрическая съемка, панорамная фотосъемка, сферическая панорама.

SPERICAL PANORAMIC PHOTOGRAPHS FOR SURVEYING

Alexander I. Vdovin

Leading Specialist of "Verhneeniseyskoe Aerogeodesic Enterprise", Minusinsk, st. Tuvinskaya 22, e-mail: sasha_vdovin@mail.ru

Sergei S. Titov

Deputy Director of "Verhneeniseyskoe Aerogeodesic Enterprise", Minusinsk, st. Tuvinskaya 22, e-mail: s_titov@ngs.ru

Peter P. Murzintsev

The Siberian state geodetic academy, 630108, Russia, the city of Novosibirsk, street Plahotnogo 10, Cand. Tech. Sci., the senior lecturer of chair of an engineering geodesy and information systems, tel. (383)343-27-09, e-mail: petermur329@inbox.ru

Article describes methods using spherical panoramic photographs as extension for total station surveying.

Key words: surveying, panoramic photograph, spherical panorama.

В условиях современного ценообразования на рынке геодезических работ, когда низкая цена для заказчика часто является основным параметром, при выборе исполнителя работ, как никогда остро стоит задача снижения стоимости геодезического производства без потери точности с одновременным сокращением временных затрат. Ввиду того, что наиболее затратной частью топографических работ являются полевые работы, практически всегда возникает во-

прос о возможностях сокращения времени пребывания бригады непосредственно на объекте и переноса максимально возможного количества производственных процессов в камеральные работы.

Одним из методов, позволяющих сократить время, на выполнение тахеометрической съемки, с повышением ее детальности, может служить технология, основанная на применении так называемых «сферических панорам».

Сферическая панорама (виртуальная панорама, 3D панорама) — один из видов панорамной фотографии. Предназначена в первую очередь для интерпретации данных на компьютере (при помощи специального программного обеспечения). В основе сферической панорамы лежит собранное из множества отдельных кадров изображение в сферической или кубической проекции. Характерной чертой сферических панорам является максимально возможный угол обзора пространства (360x180 градусов).

У наблюдателя создаётся иллюзия присутствия внутри сферы, на внутреннюю поверхность которой «натянута» изображение окружающего пространства. При этом оптические искажения (сферические аберрации) не видны. К тому же, как правило, сферические панорамы наделяются инструментами управления просмотром, позволяющими изменять направление просмотра (вверх-вниз, вправо-влево), а также приближать или отдалять изображение. Благодаря этому при камеральной обработке данных оператор на экране монитора компьютера видит место, где производилась тахеометрическая съёмка так, как если бы находился там сам в момент ее выполнения [1].

Для съемки сферической панорамы кроме собственно фотоаппарата и штатива требуются широкоугольный объектив, позволяющий делать меньшее количество кадров для одной панорамы и тем самым экономить время и специализированная панорамная штативная головка, изображенная на рис. 1. Последняя, позволяет вращать камеру вокруг нодальной точки объектива во время съемки, избегая тем самым воздействия эффекта параллакса.



Рис. 1. Специализированная панорамная штативная головка с установленным фотоаппаратом

В отношении интеграции тахеометрической съемки и панорамной фотосъемки идея заключается в том, чтобы дополнять инструментальные наблюдения на каждой станции, фотографированием сферической панорамы, установив специальную штативную головку, на место тахеометра. При этом важно обеспечить совпадение осей вращения тахеометра с осями вращения панорамной головки таким образом, чтобы центр сферической фотопанорамы, совпадал с центром собственной азимутальной системы координат тахеометра.

Подобное сочетание несет в себе ряд преимуществ, для максимальной реализации которых требуется создание специализированного программного обеспечения, позволяющего совместить сферическое фотоизображение и геодезические наблюдения для каждой отдельной станции, взятых из памяти тахеометра.

Таким образом, реализуется возможность при помощи компьютера просматривать панораму и определять, какому объекту на фотографии соответствует тот или иной пикет тахеометрической съемки.

Следовательно, можно говорить о минимизации ведения абрисов в процессе тахеометрической съемки. Так же, используя комбинацию сферической панорамы и данных геодезических наблюдений полученных тахеометром, допустимо решение несложных геодезических задач.

Например, выполнение комбинированной угловой засечки, при условии, когда один и тот же объект виден на фотографиях с двух и более станций, но был по каким-то причинам упущен при выполнении тахеометрической съемки. Вполне вероятно и решение других задач, не кажущихся на данный момент очевидными [4].

Специалистами ОАО «Верхнеенсейское АГП» в настоящее время ведутся работы по созданию программно-аппаратного комплекса для автоматизации съемки и обработки сферических панорамных фотографий.

В состав прототипа геодезического комплекта аппаратуры входят: зеркальная фотокамера, позволяющая использовать специализированные сменные объективы высокого разрешения; панорамная штативная головка аналогичная изображенной на рисунке 1; объектив с фиксированным фокусным расстоянием 8мм типа «рыбий глаз». После завершения работ по созданию программного обеспечения, планируется разработка роботизированной панорамной головки, позволяющей максимально исключить возможность ошибки исполнителя при выполнении панорамной фотосъемки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/сферическая_панорама
2. <http://1panorama.ru/kak-sozdat-3d-panoramu-teoriya-i-fotosemka-2p>
3. http://www.takefoto.ru/articles/teoriya_fotografii/350_sfericheskie_panoramyi
4. Середович В.А., Комиссаров А.В. Д.В. Комиссаров и др. Наземное лазерное сканирование, Новосибирск, СГГА, 2009, -261.

© А.И. Вдовин, С.С. Титов, П.П. Мурзинцев, 2013

ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДЛИНЫ ТРАССЫ

Александр Петрович Карпик

Сибирская государственная геодезической академии, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, e-mail: rector@ssga.ru

Андрей Вячеславович Никитин

Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), 680021, Россия, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47, кандидат технических наук, доцент кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог», тел. (4212)407-608, e-mail: avnik1961@mail.ru

В статье рассмотрен способ определения пространственной длины трассы, позволяющий значительно повысить точность и качество проектных решений. Разработанный способ определения фактической длины трассы, отличается тем, что пространственную длину трассы определяют как сумму пространственных длин прямых участков, горизонтальных и вертикальных кривых. Для построения математической модели трассы приведены некоторые из возможных случаев использования различных геометрических кривых.

Ключевые слова: трасса, автомобильные дороги, пространственная длина, горизонтальные и вертикальные кривые.

THE THEORY OF MODELING SPATIAL LENGTH OF THE TRACK

Alexander P. Karpik

The rector of the Siberian state geodetic academy, the professor, 630108, Russia, Novosibirsk, Plahotnogo st., 10, e-mail: rector@ssga.ru

Andrei V. Nikitin

Far Eastern State Transport University (FESTU), 680021, Russia, 47 Serysheva st., Khabarovsk, associate professor of department «Survey and design of railways», e-mail: avnik1961@mail.ru

The article deals with the method of determination of spatial length of the track, allow providing significantly improve the accuracy and quality of the design solutions. Developed the method of determining the actual length of the track, differs in that space to the length of the route is determined as the sum of the spatial lengths straight, horizontal and vertical curves. For the construction of mathematical models of track are some of the possible use cases for the various geometric curves.

Key words: the track, motor roads, spatial length, horizontal and vertical curves.

В РФ будут вводиться нормы и правила для проектирования автомобильных дорог в соответствии с Европейским соглашением о международных автомагистралях (ЕЭК ООН) и Межправительственным соглашением по сети азиатских автомобильных дорог (ЭСКАТО ООН). В настоящее время назрела необходимость разработать новый способ определения фактической (пространственной) длины трассы, позволяющий получать качественные данные при проектировании автомобильных дорог, который должен быть включён в соответствующие нормативные документы.

Принципы и современные методы автоматизированного проектирования автомобильных дорог отражены в трудах учёных Бабкова В.Ф., Байкова В.Н., Величко Г.В., Пуркина В.И., Федотова Г.А. и др.

Проектирование плана и продольного профиля для автомобильных дорог осуществляется двумя методами [1]:

- полигональное трассирование (на основе тангенциального хода);
- сплайн трассирование.

Наибольшее распространение получили программные продукты «Credo – Дороги» и «IndorCAD/ROAD» [2, 3].

Проектирование продольного профиля является одной из важнейших проектных процедур, определяющих транспортно-эксплуатационные качества будущей автомобильной дороги.

В современных программных продуктах определяют пространственную длину автомобильных дорог с абсолютной для принятой математической модели и прямоугольной системы координат точностью. Однако естественно, что длина полилинии профиля практически всегда будет больше длины полилинии плана. Значит, при проектировании продольного профиля, в том числе и в 3D не корректно определяют пространственную длину трассы.

Авторами разработан значительно повышающий точность способ определения фактической длины трассы, отличающийся тем, что пространственную длину трассы определяют как сумму пространственных длин прямых участков, горизонтальных и вертикальных кривых [4]. Пространственную (фактическую) длину трассы находят так:

$$L_{\Phi} = \sum(D)_{ПУ} + \sum(GK)_{П} + \sum(BK)_{П}, \quad (1)$$

где L_{Φ} – фактическая (пространственная) длина трассы; $\sum D_{ПУ}$ – сумма пространственных длин прямых участков; $\sum (GK)_{П}$ – сумма пространственных длин горизонтальных кривых; $\sum (BK)_{П}$ – сумма пространственных длин вертикальных кривых.

Формула (1) предназначена для определения фактической длины трассы при проектировании автомобильных дорог. В настоящее время при автоматизированном проектировании плана и продольного профиля для автомобильных дорог применяются следующие виды кривых:

- а) план – круговая кривая, клотоида, сплайн, кривые Безье;
- б) профиль – параболы, клотоиды, сплайн, кривые Безье, дуги цепных реакций и др.

В случае применения простых алгебраических кривых их длины вычисляются по известным формулам, а в случаях применения каких-либо трансцендентных кривых – методами численного интегрирования.

Для построения математической модели длины трассы рассмотрим некоторые из возможных случаев использования различных геометрических кривых.

1) Вариант 1 – прямой участок + круговая кривая + вертикальная круговая кривая (как правило, такие построения применяют при проектировании нового участка автодороги на основе тангенциального хода):

$$L_{\Phi} = \sum d\sqrt{1+i^2} + \sum \left(\frac{\pi R \alpha}{180} \sqrt{1+i^2} \right)_{\Pi} + \sum (R_B \Delta i)_{\Pi}, \quad (2)$$

где d – горизонтальные проложения прямых участков; i – проектный продольный уклон трассы; R – радиус горизонтальной кривой; R_B – радиус вертикальной кривой; Δi – алгебраическая разность уклонов сопрягающихся кривых; α – угол поворота.

2) Вариант 2 – прямой участок + круговая, переходная кривая + вертикальная кривая (парабола):

$$L_{\Phi} = \sum d\sqrt{1+i^2} + \sum \left(\left(2L + \frac{\pi R(\alpha - 2\beta)}{180} \right) \sqrt{1+i^2} \right)_{\Pi} + \sum (BK)_{\Pi}, \quad (3)$$

где β – угол между касательной в конце переходной кривой и тангенсом; L – длина переходной кривой (клотоиды), имеющая параметр A .

После преобразований получим:

$$L_{\Phi} = \sum d\sqrt{1+i^2} + \sum \left(\left(2\left(\frac{A^2}{R}\right) + \frac{\pi R(\alpha - 2\beta)}{180} \right) \sqrt{1+i^2} \right)_{\Pi} + \sum \left(\int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{x}{R}\right)^2} \right)_{\Pi}. \quad (4)$$

3) Вариант 3 – прямой участок + сплайн + парабола:

В качестве сплайна используем кубический сплайн. Существует множество алгоритмов построения и расчета на ЭВМ кубических сплайнов, что обусловлено широким их использованием в решении технических задач, связанных с интерполяцией кривых и поверхностей, в том числе и при проектировании автомобильных дорог. Применение сплайнов позволяет проектировать пространственную длину трассы. Сплайн функция будет выглядеть следующим образом:

$$S_i(x) = a_i + b_i(x_i - x_{i-1}) + c_i(x_i - x_{i-1})^2 + d_i(x_i - x_{i-1})^3, \quad x_{i-1} \leq x \leq x_i, \quad (5)$$

где a, b, c, d – коэффициенты сплайна, определяемые из дополнительных условий.

В этом случае длину трассы определяют по формуле

$$L_{\Phi} = \sum d\sqrt{1+i^2} + \sum \left(a_i + b_i(x_i - x_{i-1}) + c_i(x_i - x_{i-1})^2 + d_i(x_i - x_{i-1})^3 \right)_{\Pi} \sqrt{1+i^2} + \sum \left(\int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{x}{R}\right)^2} \right)_{\Pi}. \quad (6)$$

4. Вариант – прямой участок + сплайн – кривая + круговая кривая, переходная кривая + парабола:

$$L_{\Phi} = \sum d\sqrt{1+i^2} + \sum \left(a_i + b_i(x_i - x_{i-1}) + c_i(x_i - x_{i-1})^2 + d_i(x_i - x_{i-1})^3 \right)_{\Pi} \sqrt{1+i^2} +$$

$$+ \sum \left(\left(2 \left(\frac{A^2}{R} \right) + \frac{\pi R (\alpha - 2\beta)}{180} \right) \sqrt{1+i^2} \right)_{\Pi} + \sum \left(\int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{x}{R} \right)^2} \right)_{\Pi} . \quad (7)$$

Для моделирования была взята трасса длиной 10 км с предельными продольными уклонами для соответствующих категорий автомобильных дорог, при этом на данном участке расположены три вертикальные кривые. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Определение пространственной длины трассы

Продольный уклон, ‰	Горизонтальная длина трассы, м	Пространственная длина трассы, м	Приращение пространственной длины трассы за счёт учёта вертикальных кривых, м	Итоговая пространственная длина трассы, м	Относительная погрешность
18	10 000	10 000,62	0,15	10 001,77	1/5 650
20	10 000	10 002,00	0,15	10 002,15	1/4 651
36	10 000	10 006,48	0,54	10 007,02	1/1 424
40	10 000	10 008,48	0,69	10 009,17	1/1 090
50	10 000	10 012,49	1,65	10 014,14	1/707
60	10 000	10 017,98	2,55	10 020,53	1/487
70	10 000	10 024,47	2,97	10 027,44	1/365

В представленной геометрической модели в качестве горизонтальных и вертикальных кривых приведены круговые кривые. При использовании парабол, клотоид, сплайнов, кривых Безье принцип предложенного способа не изменится. Так как длина круговой кривой меньше, чем длина параболы или клотоиды, то и разность между пространственной длиной трассы и горизонтальным проложением увеличится по сравнению с круговой кривой.

Авторами также были проанализированы производственные материалы (продольный профиль и план), разработанный ИркутскГипродорНИИ (г. Иркутск) по федеральной автодороге «Амур» на участке 459 – 469 км в Забайкальском крае. Для дорог III категории наибольшие продольные уклоны в соответствии с СНиП 2.05.02 – 85 составляют: основные – 50 ‰, в пересечённой местности – 60 ‰. На данном участке дороги продольные уклоны в основном находятся в пределах от 30 ‰ до 60 ‰, что обусловлено особенностями рельефа местности. При этом относительная погрешность не определения пространственной длины трассы находилась в интервале от $\frac{1}{860}$ до $\frac{1}{1514}$.

Из приведённых расчётов и примеров видно, что ошибки за не учёт фактической (пространственной) длины трассы существенно превышают

ошибки полевых геодезических измерений даже при существующих допусках на точность геодезических измерений при трассировании. При продольных уклонах более 50 % относительная погрешность 1/707 показывает, что данные проектирования не будут соответствовать существующим нормативным документам.

Принимая во внимание то обстоятельство, что в настоящее время применяются новые геодезические приборы и технологии, такие как электронные тахеометры, приёмники ГНСС, обеспечивающие точность измерения трассы не ниже 1/5000, становится очевидным необходимость определения фактической длины трассы на стадии составления продольного профиля.

Эти задачи находятся в компетенции руководства дорожной отрасли, определяющего приоритеты научно-технической политики ее инновационного развития и, в частности, процесса совершенствования норм проектирования. При этом, необходимо ориентироваться на передовые разработки в области геодезической науки, принимая во внимание, что в современных условиях геодезия является основой для создания единого геопространства территорий [4,5]. От своевременности решения этих задач во многом зависят безопасность и эффективность движения на дорогах и транспортных развязках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог: ч. II / – М.: Транспорт, 1979. – 149 с.
2. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD / Road) / – М.: Изд-во МАДИ, 2005. – 224 с.
3. Величко, Г.В. Обеспечение целостности моделей инфраструктурных объектов в интегрированных информационных технологиях / [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://corp.yandex.net/?text=%D.cf7d&keyno=0>.
4. Никитин А.В. Повышение точности измерения трассы // Мир транспорта. – 2006. – № 1. – С. 22–24.
5. Карпик А.П. Системная связь устойчивого развития территорий с его геодезическим информационным обеспечением//Вестник СГГА, выпуск 1(3), 2010.- С. 3-13.
6. Обиденко В.И. Технология определения метрических параметров территории Российской Федерации по геопространственным данным//Вестник СГГА.-2012, выпуск 3(19), С. 3-13.

© А.П. Карпик, А.В. Никитин, 2013

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСУДАРСТВЕННОЙ НИВЕЛИРНОЙ СЕТИ МОНГОЛИИ

Тумурбаатар Балжинням

Монгольский государственный сельскохозяйственный университет, Агробиологический институт, Зайсан-210153, г. Улан-Батор Монголия, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земельного кадастра и ландшафтной архитектуры, тел. 976-11-34-30-49, 99290324, e-mail: t_baljinnyam2005@yahoo.com

Балжинням Насанжаргал

Монгольский государственный университет науки и техники. Институт компьютерной техники и менеджмента, дом 37-13, 19-ый микрорайон, район Хан-Уул, г. Улан-Батор, магистрант, тел. 99002343, e-mail: nasaa_30@yahoo.com

В статье рассмотрен процесс развития государственной нивелирной сети Монголии. Приводится точность измерения нивелирной сети, некоторые технические показатели высотных сетей и результаты уравнивания повторного нивелирования II класса.

Ключевые слова: Нивелирная сеть, средняя квадратическая ошибка, полигон, линия, повторное нивелирование.

CHARACTERISTIC STATE NIVELIRNA OF THE NETWORK OF MONGOLIA

Tumurbaatar Baljinnyam

Mongolian state university of agriculture, Shool of Agrobiolgy, Zaisan-210153, BOX-10, Ulaanbaatar MONGOLIA, Doctor (Ph), Consulting engineer of Mongolia, Head of Department of Land cadastre and Landscape architecture

Baljinnyam Nasanjargal

Mongolian university of science and technology, School of computer science and management, Student of master

The development of national leveling networks of Mongolia is considered. Accuracy of leveling network measurements, some technical parameters of height system and results of II class re-leveling adjustment are given.

Key words: leveling networks, average square error, poligon, leveling line, re-leveling.

Первые работы по созданию государственной нивелирной сети II, III и IV классов в МНР были начаты в начале 40-х годов и продолжались более 10 лет. Государственная высотная опорная сеть Монголии создана нивелированием II класса в 1938-1952 годах Военно-топографической службой СССР. В то время опорная нивелирная сеть II класса состояла из 13 полигонов и 9 отдельных линий общей протяженностью 12,6 тыс. км. Периметры этих полигонов колеблются от 370 до 2300 км, в среднем длина полигонов составляют 1200 км. В качестве исходных, при построении высотной геодезической сети использованы шесть реперов государственной нивелирной сети СССР. При уравнивании отметки реперов получены в системе ортометрических высот относительно нуля

Балтийского футштока. Основным техническим руководством производства высокоточного нивелирования являлись: «Основные положения о построении государственной опорной геодезической сети в СССР», М., ГУГК, СНК СССР, 1939; «Инструкция по нивелированию I и II разрядов» М. ГУГСК, 1938; «Инструкция по нивелированию II класса», М. Геодезиздат, 1943, 1946 г.г.

Нивелирные линии закреплялись на местности в основном грунтовыми реперами через 6-12 км и фундаментальными реперами через 70-150 км. Глубина заложения реперов составляла 1,3 – 2,0 м.

В соответствии с нормативными документами, для нивелирования II класса устанавливались предельные значения случайных и систематических ошибок на 1 км хода: $\pm 2,0$ мм и 0,4 мм соответственно. В табл. 1 приведены сводные данные о средних квадратических ошибках нивелирования II класса.

Таблица 1

Точность измерения превышений в нивелировании II класса

№	Трассы	L тыс. км	Накопления $\sum d$ мм	η	δ
				мм /км	
1	Грунтовые дороги	7.1	-777.1	1.37	0.25
2	Тропы, берега рек	0.75	-157.8	1.94	0.17
3	Без дорог	4.8	-53.1	1.33	0.22
Сумма		12.65	-988.0	Среднее 1.55	0.21

Из таблицы видно, что средние значения случайной средней квадратической ошибки на 1 км нивелирного хода составляют $\eta = 1,55$ мм, а систематическая ошибка соответственно составляет $\delta = 0,21$ мм.

Отметим, что при построении государственной нивелирной сети в Монголии значения средних квадратических ошибок, вычисленных по стандартным формулам по невязкам в полигонах, примерно в 2-2,5 раза больше, чем при вычислении по разностям d превышений из прямого и обратного ходов. Из анализа приведенной таблицы видно, что точностные характеристики построенной нивелирной сети полностью удовлетворяют требованиям инструкций, действовавших в то время.

Анализ результатов полевых измерений показал, что накопление разностей d для ряда линий геометрического нивелирования оказалось весьма значительным. При этом для твердых и песчаных грунтов эти накопления имеют отрицательное значение, что, по нашему мнению, вызвано выпиранием штативов. Большие положительные накопления по отдельным линиям геометрического нивелирования указывают на влияние оседания нивелирных башмаков.

Выполнено уравнивание всех полигонов нивелирной сети II класса по методу наименьших квадратов с помощью ЭВМ двумя способами: коррелятным и параметрическим (второй способ использовался для контроля). Оба способа уравнивания привели практически к одинаковым результатам. Сравнение уравненных высот узловых реперов с приближенными высотами, которые приведе-

ны в государственных каталогах, показало, что максимальное их различие достигает 69 мм.

После уравнивания установлено, что средняя квадратическая ошибка нивелирования на 1 км хода составляет 3,80 мм, что фактически совпадает с ошибкой 3,29 мм, полученной по невязкам полигонов. Следовательно, на основании выполнения этого критерия можно отметить, что математическая обработка результатов геодезических измерений при построении высотной геодезической сети выполнена корректно.

Вместе с этим, можно отметить, что следующие, весьма, на наш взгляд, существенные недостатки нивелирной сети II класса:

1. Периметры нивелирных полигонов слишком велики (в среднем 1200 км) и колеблются в большом диапазоне от 370 до 1300 км.

2. Точностные характеристики не удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к нивелированию II класса.

3. Нивелирные линии закреплялись реперами, конструкция которых не предусматривает максимальных глубин промерзания и протаивания грунтов на территории страны.

4. Из-за отсутствий гравиметрических определений вдоль линий нивелирования результаты измерений не приведены к системе нормальных высот.

5. Не выполнено совместное уравнивание всех полигонов нивелирной сети II класса по методу наименьших квадратов.

Для устранения этих недостатков высотной сети и в целях изучения современных движений земной коры с 1974 по 1990 гг. было выполнено повторное нивелирование II класса. В настоящее время опорная нивелирная сеть II класса Монголии состоит из 17 полигонов и 51 отдельной линии общей протяженностью 14,0 тыс. км. А также для надежного закрепления на местности линий нивелирования была выполнено заложение более 3000 реперов.

Расстояние между реперами составило 5-7 км, а между фундаментальными реперами - 40-50 км. Реперы были заложены на глубину в среднем 3,5 метров с учетом геологического строения и неотектоники.

В результате оценки точности результатов повторного геометрического нивелирования были получены следующие средние квадратические ошибки в 17 полигонах высотной геодезической сети:

- в допустимых пределах - 62,5 %
- в пределах от 2 до 10 см - 18,7 %
- в пределах от 20 до 30 см - 18,7 %

При уравнивании сети исходным пунктом был выбран гравиметрический пункт 0012, находящийся в центральной части страны, в городе Арвайхээр. Уравнивание выполнялось параметрическим способом по программе "Nivelir", разработанной монгольскими геодезистами. Высоты пунктов вычислялись в ортометрической системе высот. В процессе оценки точности уравнивания, были получены следующие средние квадратические ошибки нивелирования, которые приведены в табл. 2. Кроме этого в данной таблице приведены также параметры построенной с Монголии нивелирной сети II класса.

Некоторые технические показатели высотных сетей

№	Технические показатели	Высотная сеть, созданная в 1940-1950 гг.			Высотная сеть, созданная ГУГК МНР		
		II класс	III класс	IV класс	II класс	III класс	IV класс
1	Количество линий	49	82	68	52		156
2	Количество полигонов	19			22		
3	Длина (тыс. км)	12.2	13.0	18.0	13.6	3.6	9.6
4	Периметр полигонов (км)	370-2300			370		
5	Расстояние между грунтовыми реперами (км)	12	15	15	7	8	8
6	Расстояние между фундаментальными реперами (км)	70-150			40-50		
7	Случайная СКО измерения превышения между прямым и обратным ходом (мм)	2.60	5	10	1.55	2	5
8	СКО уравниваемого превышения на 1 км (мм)	5	12	20	2.1-3.8	5	10

Средняя квадратическая ошибка уравниваемого превышения на 1 км хода была вычислена по формулам (2) и (3) [1]:

- средняя квадратическая ошибка измерения на 1 км хода:

$$m = \frac{\mu}{\sqrt{c}}, \text{ при } P = \frac{c}{L} \text{ или } m = \frac{\mu}{\sqrt{c}} \cdot \sqrt{\frac{[n]}{[L]}}, \text{ при } P = \frac{c}{n}; \quad (1)$$

- средняя квадратическая ошибка единицы веса:

$$\mu = \sqrt{\frac{[PVV]}{z - u}}, \quad (2)$$

где: z -количество линии в нивелирной сети;

c - коэффициент, принятый в нашем случае равным 1;

L -длина нивелирного хода.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что уравниваемые отметки реперов высотной геодезической сети можно использовать при решении различного рода инженерных задач, обусловленных развитием экономики Монголии [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балжинням, Т. “Разработка и реализация координатного обеспечения земельного кадастра Монголии” диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, г. Новосибирск, 2007.-141с.

© Т. Балжинням, Б. Насанжаргал, 2013

САКРАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ГЕОДЕЗИЯ

Мария Леонидовна Синянская

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры высшей геодезии, тел. (383)343-29-11, e-mail: mariyateterina8888@mail.ru

Рассмотрено историческое время, условия зарождения и становления геодезического знания в соответствии с греческой терминологией. Функциональной основой геодезии древнего времени было землемерие (геометрия) и землеустройство (геодезия). Из этого следует что основными сферами формирования и развития геодезии было земледелие (землеустройство, кадастр) и строительство, которые, как и геодезия этого времени носили сакральный характер, сущность которого представлена в статье.

Ключевые слова: сакральная геометрия, египетский треугольник, прямой угол, землеустройство.

SACRED GEOMETRY AND GEODESY

Maria L. Sinyanskaya

Siberian State Geodetic Academy, 630108, Russia, Novosibirsk, ul. Plahotnogo, 10, post-graduate student of the Department of higher geodesy, tel. (383)343-29-11, e-mail: mariyateterina8888@mail.ru

Considered historical time, the conditions of the origin and formation of the geodesic knowledge in accordance with the Greek terminology. The functional basis of geodesy ancient time was lands measuring (geometry) and the land division (geodesy). From this it follows that the main spheres of formation and development of geodesy was agriculture (land management, cadastre) and construction, and geodesy this time were of a sacred nature, the essence of which is presented in the article.

Key words: sacred geometry, egyptian triangle, right angle, the land division.

Геометрия для древнего времени стала основой организации пространства и времени, основой землеустройства и строительства различных сложных сооружений. Еще греческие философы Платон и Пифагор утверждали, что геометрия лежит в основе организации нашего мира и Вселенной в целом. Известен тезис Иммануила Канта (1724-1804) «геометрия – форма чувственности». Внешняя форма чувственного созерцания – пространство. На нем основана геометрия. В древнее время геометрические знания такого рода вызывали священный трепет. Это составляло основы сакральной геометрии. Геометрия представляет собой историческую первооснову эволюции человечества. Она позволяет понять и использовать пространственно-временные свойства и особенности окружающего мира. Открытие этих свойств и представление их языком геометрии происходило эмпирически, возможно на интуитивном уровне с сакральным наполнением геометрических образов.

Процветающие и могущественные цивилизации Месопотамии, древнего Египта имели фундаментальную и основательную систему землеустройства, а в древнем Риме – знаменитый римский кадастр. При межевании, строительстве

городов, возведении храмов, дворцов и других сооружений, геометрические построения (фигуры прямоугольника, квадрата, треугольника) на поверхности Земли имели основополагающее значение, их важнейшим составным элементом был прямой угол. Он стал главной геометрической фигурой во всех видах строительства и землемерия, сформировал фундаментальное «прямоугольное» свойство всей вторичной среды.

В древнем Египте существовала легенда о мифическом фараоне Сизострисе, который повелел разделить все земли древнего Египта на квадраты, раздать их земледельцам и взимать соответствующие налоги. Все древние системы межевания представляли собой, как это отмечено в повелении Сизостриса, деление земельных угодий на организованную и упорядоченную систему квадратов. Оно было получено в результате размежевания земельных угодий по методу центуриации.

Но для построения квадрата был необходим прямой угол. В древнем мире разбивка земельных угодий производилась на квадраты – центурии. Кроме этого, прямой угол был важнейшей частью без которой было невозможно построить прямоугольные сооружения на земле. Строить прямой угол на земле можно было только с помощью какой-либо измерительной системы, инструмента [1, 3].

Сам прямой угол, считавшийся у древних греков фигурой (а не величиной), использовался повсеместно, в том числе при строительстве городов. В современном градостроительстве полагают, что прямоугольная застройка городов начинается с Гипподама Милетского. В V в. до н. э. он сделал планировку города прямоугольной застройки с сетью улиц, пересекающих друг друга под прямым углом и ориентированных по странам света. По его системе были построены греческие города Приена, Тимгад и др., а также г. Пальмира. Фигуры квадрата и прямоугольника стали повсеместно использоваться при строительстве городов, начиная с древней Греции. Система прямоугольной планировки городов встречалась также много ранее в Индии и Китае [1, 3].

Так в китайском трактате «Чжоу ли», содержащем сведения о городах XII–IX вв. до н.э., сообщается, что «столичный Лой (Лоян) был квадратным в плане, имел девять широтных и девять меридиональных улиц» (рис. 1) [1, 2].

Квадратные основания были также присущи древним сакральным сооружениям, в том числе трем великим Гизехским пирамидам (Хеопса, Хефрена и Микерина). В древнее время квадрат являлся в некоторой мере сакральной фигурой. Когда индусы собирались возвести какое-либо культовое сооружение, они сначала отмечали на земле простой геометрический чертеж, определяя должным образом направления на восток и запад и строя на их основании квадрат. Квадрат представлялся как базовая форма,местилище и основа проявленного мира, форма порядка и совершенства, опора геометрии пространства. Эта фигура символизировала стабильность. В индуизме квадрат характеризовал упорядоченную Вселенную. Квадрат связан с такими понятиями, как сакральное число 4, равенство, простота, прямота, порядок, мудрость, честь, земля. Квадрат служил моделью многих храмовых сооружений (зиккурат, пирамида, пагода, церковь), которые в свою очередь рассматривались как образ мира.

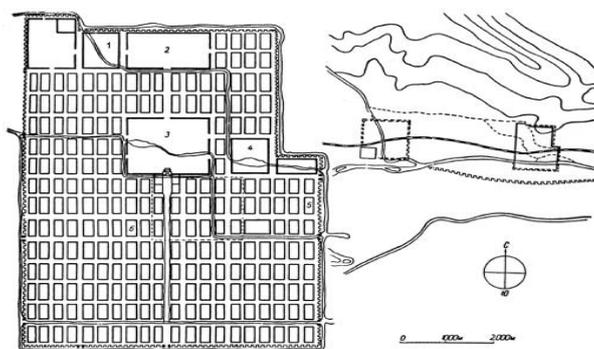


Рис. 1. План г. Лоян

Реализация размежевания земельных угодий и строительных площадок фигурами прямоугольной формы осуществлялась с помощью землемерных крестов (египетского креста – рис. 2 и римской громы – рис. 3) [1, 3].

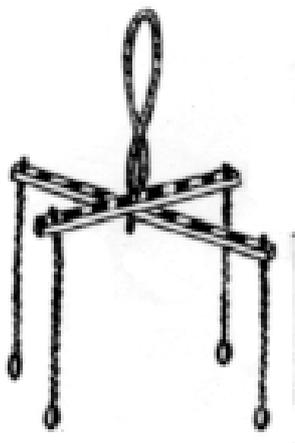


Рис. 2. Египетский крест



Рис. 3. Римская грома

С помощью этих приборов строились прямые углы при делении земельных угодий, проведении улиц под прямым углом, а также при строительстве дорожных систем (древний Рим), в которых углы поворота делались прямыми [1, 2].

В глубокой древности, в Египте, Месопотамии, Вавилоне жрецы владели секретами построения прямоугольного треугольника, стороны которого определялись соотношением 3: 4: 5. Спустя 2000 лет Пифагор нашел доказательство теоремы о соотношении сторон $a^2 + b^2 = c^2$ прямоугольного треугольника – знакомство с которым Пифагор имел, когда он был в Египте и общался с их жрецами и писцами. Пифагор также нашел формулу подсчета групп трех чисел, соответствующих сторонам треугольника. Но самое удивительное, что такого рода группы троек длин сторон священного треугольника египтяне могли подбирать, когда им нужно было проектировать храмы и пирамиды. Треугольник со сторонами 3, 4, 5 получил в Египте название «священного» треугольника, а

позже, начиная с греков – египетского. Сущность египетского треугольника, его смысл, нашел широкое применение в землеустройстве. Использовался для разбивки земельных угодий. На основе египетского треугольника создавался «веревочный шаблон» для построения прямого угла, т. е. на мерной веревке маркировались отрезки в 3, 4, 5 единиц длины. При вынесении прямого угла в местах маркировки выставлялись колышки, натягивавшие веревку, в результате получался египетский треугольник, а в точке, где соединялись 2 катета (3, 4) – прямой угол.

Квадрат и прямоугольный четырехугольник стали основой деления земельных угодий не только по простоте геометрической формы, но и по причине простоты формулы определения площади, соответственно как квадрата стороны или произведения его сторон $a*b$. При делении этих фигур диагональю получаются 2 равных прямоугольных треугольника, площади которых равны половине соответственно квадрата стороны или произведения двух сторон ($\frac{1}{2} a^2$ или $\frac{1}{2} a*b$). Из последнего вытекает, что площадь любого треугольника, в котором известна высота h , будет иметь вид $S = \frac{1}{2} a*h$. Это позволяло древним землемерам использовать при делении земельных угодий на участки не только квадраты, но и треугольники. Но при этом необходимо было в таких треугольниках проводить дополнительную линию (высоту h), чтобы иметь возможность определять площадь, в соответствии с которой можно было взимать налоги. Позже, в I в. н.э., Героном Александрийским была предложена формула определения площади треугольника по трем известным сторонам:

$$S^2 = p(p-a)(p-b)(p-c), \text{ где } p = \frac{1}{2} (a+b+c)$$

Таким образом, при использовании этой формулы, не было необходимости на земельных участках проводить дополнительные линии, чтобы определить площадь треугольника. Предполагают, что аналог формулы Герона был известен еще в Индии.

Помимо землеустройства, прямоугольный треугольник применялся при решении различных инженерно-технических задач, в том числе 17 перечисленных Героном Александрийским.

Геометрия древнего времени, позволявшая людям землеустраивать их угодия, формировать земельный кадастр, строить города, создавать сложные прекрасные сооружения, представлялась людям как божественный дар, как чудесное, порой необъяснимое знание, применение которого позволяло процветать государству. Эти знания наполнялись мистикой, мифами и т. п. Такую геометрию сейчас принято называть сакральной. В Древней Греции изучение сущности красоты, таинства прекрасного, основанного на определенных геометрических пропорциях, сформировалось в отдельную ветвь науки, неразрывно связанную с космологией. Древние греки воспринимали Вселенную как обширное пространство разнообразных взаимосвязанных элементов. Сакральная геометрия определяла законы бытия и доводила их до человека посредством языка чисел, углов, форм и отношений. Сакральные геометрические формы не являются

просто произведениями искусства. В большинстве сооружений древнего мира (дворцы, храмы и т.д.) были заложены различные геометрические пропорции, определявшие красоту этих сооружений. Одним из основных отношений являлась пропорция, которую у греков определяли как «деление в среднем и крайнем отношении». Позднее было установлено, что оно входит в ряд Фибоначчи (1180-1240), который стал именоваться как «золотой ряд», а данная пропорция получила название «золотой», а позднее «божественной». Подтверждение гармоничности микромира отмечено в этом геометрическом принципе - принципе золотого сечения. Это уникальный принцип, который может быть найден на всех уровнях бытия. Кеплер считал золотое сечение бесценным сокровищем. Божественная пропорция тщательно изучалась греческим скульптором Фидием, ее обозначили как «Фи» ($\phi = 1,618$). Если совместить 2 египетских треугольника по смежному отрезку в 3 единицы длины, то образуется равнобедренный треугольник, в котором выражено золотое сечение, божественная пропорция. Этот треугольник заложен в пирамиде Хеопса, в том числе, в расчете ее высоты. На основе египетского треугольника рассчитывался наклон граней в пирамиде Хефрена и другие параметры египетского треугольника [6]. Жители Мексики использовали закон ϕ при возведении пирамиды Солнца. В эпоху Возрождения на основании ϕ -пропорции воздвигались соборы и храмы. Все геометрические фигуры, встречавшиеся в научном познании об окружающем мире наполнялись сакральным смыслом. Сакральная геометрия обеспечивает средства для понимания «проявлений Бога и Его разнообразия в универсальном порядке вещей». Эта идея особенно прослеживается в исламе и индуизме. Следует отметить, что изначальные формы геометрической сакрализации Вселенной остались такими же: круг, треугольник, квадрат, прямоугольник и их комбинации. Поскольку без знания геометрии и высшей гармонии нельзя вообще что-либо построить, знание ее - ключ к тайнам Вселенной. Имея ввиду, что геометрия это землемерие, используя которое греки создали классическую геометрию, то можно отметить, что эти знания являлись, по существу, геодезическими. Именно это время (IV – III тыс. до н.э.) стало точкой отсчета эволюции геодезии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тетерин Г.Н. История геодезии (до XX в.). - Новосибирск:изд. ООО «Альянс-Регион». - 2008. - 300 с.
2. Тетерин Г.Н. История геодезии в градостроительстве и возведении сложных сооружений. – Новосибирск: Сибпринт, 2003. – 116 с.
3. Тетерин Г.Н. История межевания, землеустройства и земельного кадастра. Новосибирск: Сибпринт, 2007. – 99 с.
4. Тетерин Г.Н., Синянская М.Л. Биографический и хронологический справочник (Геодезия до XX в.). - Новосибирск: изд. Сибпринт, 2009. - 516 с.
5. Тетерин Г.Н. Феномен и проблемы геодезии. - Новосибирск: изд. СГГА, 2009. – 95 с.
6. Бабанин В.П. Тайна великих пирамид. - Санкт-Петербург: изд. Лань, 1999.

© М.Л. Синянская, 2013

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ИСХОДНОГО ОРИЕНТИРНОГО НАПРАВЛЕНИЯ СВОБОДНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Кайсар Билялович Хасенов

Восточно-казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070000, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева 19, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Геодезия, землеустройство и кадастр», тел. (7232)540-776, e-mail: hasenovkb@gmail.com

Анатолий Григорьевич Гольцев

Восточно-Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19, доцент, кандидат технических наук кафедры строительство зданий, сооружений и транспортных коммуникаций, тел. 8(7232)540-899, e-mail: AGoltsev@ektu.kz

Кульзина Мееркановна Калеева

Восточно-казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, 070000, г. Усть-Каменогорск, ул. Революционная 2А, старший преподаватель кафедры «Экология и география», тел. (7232)540-024, e-mail: hasenovkb@gmail.com

Жаксыбек Джакупбекович Байгулин

Казахский национальный технический университет им. К. Сатпаева, 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева 22, д.т.н., заведующий кафедрой «Маркшейдерское дело и геодезия»

В статье рассмотрен вопрос влияния исходного дирекционного угла на точность определения координат свободных инженерно-геодезических сетей.

Ключевые слова: ориентирование линий, дирекционный угол, геодезические сети.

THE CHOOSING START BACKSIGHT DIRECTION OF FREE ENGINEERING AND GEODETIC NETWORKS

Kajsar B. Hasenov

D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070000, Ust Kamenogorsk, 19 Serikbaev, Head of department, PhD, «Geodesy, Land Management and Cadastre», tel. 8(7232)540-776, e-mail: hasenovkb@gmail.com

Anatoly G. Goltsev

D.Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070000, Ust Kamenogorsk, 19 Serikbaev, docent, PhD, «Building of construction, construction and transport communications», tel. 8(7232)540-899, e-mail: AGoltsev@ektu.kz

Kulzina M. Kaleeva

S. Amanzholov East Kazakhstan State University 070000, Ust Kamenogorsk, 2A Revolution, head lector of “Environment and Geography”, tel. 8(7232)540-024, e-mail: hasenovkb@gmail.com

Dzhaksibek D. Baigurin

K. Satpaev Kazakh Nation Technical University, 050013, Almaty, 22 Satpaev, PhD, Head of department “Mining survey and Geodesy”

In the article, effect of start direction angle positioning accuracy of free engineering and geodetic networks, is considered.

Key words: orientation line, direction angle, free geodetic networks.

При развитии свободных инженерно – геодезических сетей, выполнении различных видов геодезических работ на строительной площадке выбирается исходная координата и исходное ориентирное направление. В практике развития инженерно – геодезического обоснования методом развития полигонометрических ходов, в ряде случаев, возможны конфигурации схем ходов вытянутых или замкнутых форм. Подобные геодезические построения часто используются при и выносе в натуру наиболее удобной геодезической основы – геодезической строительной сетки. Пункты геодезической строительной сетки должны обеспечивать крупномасштабную топографическую съемку масштаба 1: 500 и выполнение разбивочных работ по переносу проекта в натуру.

Как правило, оси объектов, сооружаемых на строительной площадке параллельны друг другу, что позволяет проектировать и закреплять пункты геодезической строительной сетки параллельно осям сооружений. Наиболее часто стороны сетки квадратов, в зависимости от размеров проектируемого сооружения, задают 100 – 400 м. Ориентирование сетки квадратов выполняется в условной системе координат, обычно параллельной осям симметрии или главным осям сооружений.

Переход от государственной системы координат к условной системе координат выполняется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} A &= (x - a)\cos \theta + (y - b)\sin \theta; \\ B &= -(x - a)\sin \theta + (y - b)\cos \theta. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Переход от системы координат строительной сетки к государственной системе производят по формулам:

$$\left. \begin{aligned} x &= a + A\cos \theta - B\sin \theta; \\ y &= b + A\sin \theta + B\cos \theta \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где x, y – координаты точки M в государственной системе координат;

A, B – координаты точки M в системе координат строительной сетки;

a, b – координаты начала строительной сетки в государственной системе координат;

θ – угол поворота строительной сетки.

После составления проекта геодезической строительной сетки, увязки его с генеральным планом строительной площадки, производят предварительную разбивку пунктов сетки с закреплением их временными знаками. Существуют несколько известных способов разбивки строительной сетки, в том числе способ редуцирования, когда вблизи временных вынесенных знаков строительной сетки прокладывается полигонометрический ход первого или второго разрядов.

На основе решения обратных геодезических задач между проектными координатами строительной сетки и координатами полигонометрического хода вычисляются проектные расстояния и разбивочные углы. Затем уточняется точное положение точки строительной сетки с помощью выполненной разбивочной схемы. Данная технология выноса в натуру геодезическую строительную сетку является одной из классических схем, используемых на производстве (3).

В таких ходах особое значение на точность определения координат полигонометрического хода имеет выбор исходного ориентирного направления и измеренных на пунктах полигонометрии горизонтальных углов, которые должны быть около 90 или 180° .

В геодезической терминологии часто используется понятие «неравноточность измерения и вычисления длин сторон, углов, координат». Так в сетях трилатерации данный термин применяется при вычислении углов по измеренным длинам сторон.

При выполнении исследований электронных тахеометров выполненных нами в лабораторных и полевых условиях, с применением специально разработанных стендов, были получены результаты, показывающие неравноточность определения координат при дирекционных углах близких к $0-180^\circ$ или $90-270^\circ$. При дирекционном угле около 45° , координаты вычисляются равномерно (1, 2).

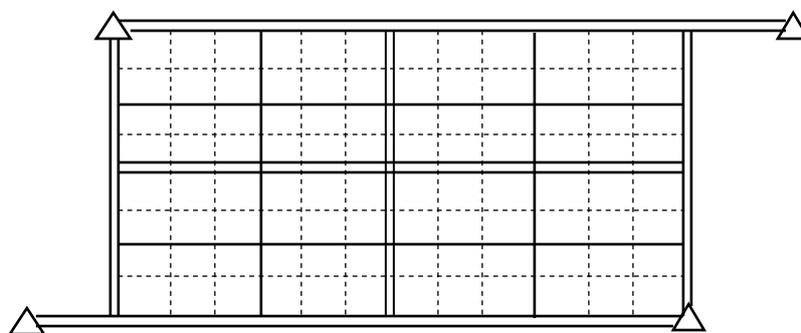


Рис. 1. Построение сетки полигонометрическим способом

- \triangle - Исходные пункты
- \equiv - Основные полигонометрические ходы
- --- - Заполняющие полигонометрические ходы
- + - Полигонометрические пункты 2 разряда

При выносе в натуру геодезическую строительную сетку с применением электронного тахеометра, стороны полигонометрического хода примерно будут параллельны сторонам сетки квадратов, то есть дирекционные углы полигонометрического хода будут близки к $0 - 180^\circ$ или $90 - 270^\circ$ (рис.1). В этом случае координаты полигонометрического хода вычисляются неравноточно, что в конечном итоге снизит точность разбивочных работ. Чем больше стороны сетки квадратов, тем больше снизится точность выполнения различных видов геоде-

зических работ на строительной площадке по выносу проекта сооружения на местность.

С целью повышения точности геодезических работ следует:

- ввести поправки в измеренные приращения координат по формулам:

$$m_{\Delta x} = m_s \times \cos \alpha - \frac{s \times \sin \alpha \times m_\alpha}{\rho}; \quad (3)$$

$$m_{\Delta y} = m_s \times \sin \alpha + \frac{s \times \cos \alpha \times m_\alpha}{\rho}. \quad (4)$$

- дирекционному углу исходной стороны придать значение 45° .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 . Kaisar B. Khasenov, Kyzlina M. Kaleeva, Janna A. Drannikova. The Calculation of Geodetic Network Point Coordinates Using Total Stations. International Workshop on “Innovative technologies for an efficient geospatial management of earth resources”, 04-08 September 2011, Proceedings, Ulaanbaatar, Mongolia 2011, С. 170 - 171

2. Хасенов. К.Б., Рахымбердина М.Е, Сыдыков К.У. Инновационные методы поверки электронных тахеометров. Материалы Международной конференции «Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами» ВКГТУ, 3 - 7 сентября 2010, С. 202 - 207

3. Я.А. Сундаков, Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий // Москва «Недра». – 1980. – С. 337

© К.Б. Хасенов, А.Г. Гольцев, К.М. Калеева, Ж.Д. Байгурин, 2013

ОБ ОДНОМ «ОСНОВНОМ» АЛГОРИТМЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Игорь Олегович Биндер

ОАО «СибНИИИПП», Россия, г. Тюмень, ул. Щербакова, 160, заместитель генерального директора, директор департамента инженерных изыскания, тел. 8(3452)48-33-94, e-mail: disi@sibniinp.ru

В статье изложена суть, так называемого «основного» алгоритма трассирования магистральных газопроводов. Показано, что наряду с главным достоинством алгоритма, позволяющего выбирать вариант трассы с минимальными стоимостными затратами в указанный интервал времени, он обладает и существенным недостатком. Поскольку ни один из критериев данного алгоритма не учитывает техногенных рисков. В статье предлагается кроме критериев оптимизации по стоимости и времени учитывать критерии, характеризующие насыщенность местности буграми пучения вечной мерзлоты, перепады высот, полноту коридора коммуникаций.

Ключевые слова: основной алгоритм трассирования магистральных газопроводов, бугры пучения вечной мерзлоты, критерии оптимальности инженерных изысканий.

ABOUT ONE «MAIN» ALGORITHM OF CHOICE OF OPTIMAL VARIANT OF GAS PIPELINE ROUTE

Igor O. Binder

Deputy Director General, Director of Department of engineering survey of «СибНИИИПП», Russia, Tyumen, St. Scherbakova, 160, tel. 8(3452)48-33-94, e-mail: disi@sibniinp.ru

The article describes the essence of the so-called «core» of the algorithm of trailing of the main gas pipelines. It is shown that along with the main advantage of the algorithm, which allows to choose the variant of the road with a minimum of cost of expenses in the specified interval of time, it has a significant disadvantage. Because none of the criteria of this algorithm does not take into account technological hazards. In article it is proposed in addition to the optimization criteria on cost and time take into account criteria that characterize the saturation of the countryside hills swelling of the permafrost, the elevation, the completeness of the corridor communications.

Key words: the basic algorithm of trailing of trunk gas pipelines, palsas eternal permafrost, optimality criteria of engineering-geodetic surveys.

Комплекс инженерно-геодезических изысканий для обустройства нефтегазовых месторождений приходится выполнять на территории Крайнего Севера. Главной особенностью ведения работ на этой местности является тот факт, что территория в целом, инженерные сооружения, расположенные на ней, действующие и будущие линейные коммуникации подвержены техногенным рискам. Последние, обусловлены, в том числе и наличием бугров пучения вечной мерзлоты. В этом случае качество инженерных изысканий зависит от успехов модернизации геодезического производства. Модернизация, требует активного

внедрения в производство технологий на базе новейших цифровых электронных приборов и программных продуктов. Процесс внедрения новых технологий затрудняется тем, что в действующей нормативной литературе отсутствуют рекомендации по применению технологий воздушного и наземного сканирования, георадарных обследований, на территориях инженерных изысканий для проектирования трасс трубопроводов и использовании многолучевых эхолотов на подводных переходах магистральных трубопроводов.

Цель данной статьи заключается в обосновании концепции, на базе которой могут быть разработаны рекомендации по выбору той или иной методики инженерно-геодезических изысканий с использованием различного парка геодезических приборов, для достижения требуемой точности, детальности топографических съемок, подробностей гидрографических съемок.

Существует ряд методик выбора оптимального варианта трассы, основанных на идее минимизации критериев для монотонно-убывающей функции. Так в [1, 2] предлагается методика оптимизации трассы магистрального газопровода с помощью минимизации траектории, как вектора пути по минимальной стоимости каждого этапа. Поиск оптимального варианта трассы осуществляется, так называемым «основным алгоритмом» по регулярной сетке в узлах которой указаны математические ожидания ($M(T_i)$) и дисперсия (D) с фиксированным временным интервалом t_0 .

$$1/X = \sqrt{\sum D\{T_i\}} / (t_0 - \sqrt{M(T_i)})$$

Оптимум достигается если $1/X = \min$; полагая, что $1/X$, - монотонно убывающая функция при выполнении условия;

$$\sqrt{M(T_i)} < t_0.$$

Главным недостатком, указанной выше методики трассирования магистральных газопроводов, как и методик, предназначенных для других линейных сооружений [4] является тот факт, что они ориентированы на достижение минимальных стоимостных и временных затрат без учета техногенных рисков. Однако, не учет последних может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций вплоть до катастрофических.

Поэтому необходимо разработать и исследовать коэффициент оптимального проектирования и размещения инженерных сооружений на нефтегазовых месторождениях с возможными техногенными рисками, обусловленными в том числе наличием бугров пучения вечной мерзлоты.

Пусть $K_{ст}$ – коэффициент сложности территории на которой выполняются инженерные изыскания. Коэффициент состоит из суммы коэффициентов таких как,

$$K_{ст} = K_h + K_p + K_k + K_{п.п.} + K_{с.с.}$$

K_h – коэффициент служащий для расчета расчлененности рельефа.

При обследовании подподных переходов трубопроводов для учета расчлененности рельефа дна, предлагается использовать метод, где коэффициент расчлененности k определяется как отношение длины ломаной линии, характеризующей изменение глубины, к длине проекции этой линии на плоскость. Для линейных изысканий на поверхности земли этот коэффициент характеризует перепад высот т. е. максимальное и минимальное превышение по оси трасса и на площади изысканий в целом.

В этом случае коэффициент может быть найден как отношение средней отметки по оси трассы к максимальному значению высоты на участке трассы.

K_p – коэффициент характеризующий плотность количества бугров пучения на 1 квадратный километр.

K_k – коэффициент характеризующий коридор коммуникаций, диаметр магистрального газопровода, мощность ЛЭП в коридоре, категорию дорог (шоссе, грунтовая, автозимник) , необходимость водовода и т.п.

$K_{п.п}$ – коэффициент, зависящий от количества подводных переходов на район изысканий.

$K_{с.с.}$ – коэффициент характеризующий сложность топографической съемки в зависимости от наличия многочисленных инженерных коммуникаций (действующие дожимные насосные станции, цеха заводов и т.п.).

На рисунке 1 для Муравленского, Суторминского и Сугмутского нефтегазовых месторождений показана насыщенность территорий месторождений буграми пучения вечной мерзлоты (приблизительно, в процентах от общей площади). Очевидно, что и точность производства угловых и линейных геодезических измерений, точность определения высот и превышений, площадей участков при выборе мест расположения коридоров коммуникаций на территориях с многочисленными буграми пучения должна отличаться от стандартных условий [3].

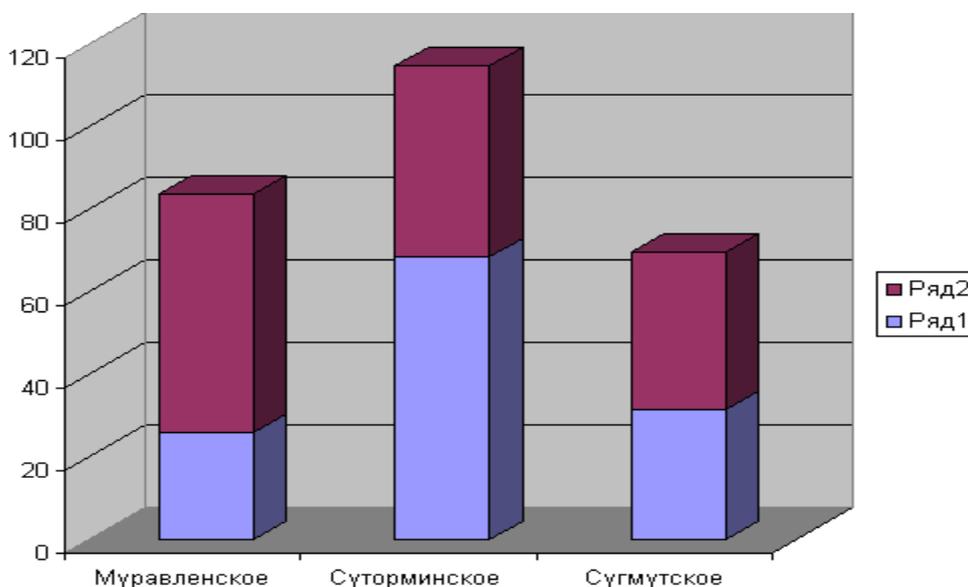


Рис. 1. Насыщенность территорий месторождений буграми пучения вечной мерзлоты

Для разработки алгоритма по выбору оптимального пути расположения коридора коммуникаций удобно, если максимальное значение каждого из вышеуказанных коэффициентов не будет превышать единицу. Предлагается для территории нефтегазовых месторождений с суммой коэффициентов 5 и более баллов для создания цифровых моделей местности, использовать весь спектр новейших цифровых геодезических технологий, включая воздушное и наземное лазерное сканирование, георадарные обследования. В случае, когда коэффициент сложности территории, на которой предстоит выполнять инженерные изыскания, в сумме, не превышает пяти баллов, очевидно и в технологию производства инженерно-геодезических изысканий могут не включаться некоторые процессы, например, многолучевое эхолотирование при обследовании подводных переходов или наземное лазерное сканирование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бородавкин П.П., Березин В.Л. Рудерман С.Ю. Выбор оптимальных трасс магистральных трубопроводов. [Текст]/ монография. – М. Недра, 1974-240 с.
2. Справочник по проектированию магистральных трубопроводов под редакцией Дерцакяна А.К. Ленинград, Недра, 1977, 519 с.
3. Биндер И.О., Мурзинцев П.П, О назначении точности инженерно-геодезических изысканий коридоров коммуникаций нефтегазовых месторождений Западной Сибири с учетом техногенных рисков. Геодезия и картография №7, 2012г. с.29-32.
4. Биндер И.О. О методиках инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений. Материалы международной научной конференции VIII международного научного конгресса «ИНТЕРЭКСПО Гео-Сибирь-2012».

© И.О. Биндер, 2013

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Антон Викторович Никонов

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

Садуахас Аяшович Бабасов

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

В статье приведены результаты полевых исследований тригонометрического нивелирования методом из середины. Превышения в полигоне измерялись при разных условиях. Анализируя изменения невязки полигона, были выявлены наиболее влияющие на точность нивелирования факторы. На основе проведенных исследований сформулированы рекомендации по производству тригонометрического нивелирования методом из середины в равнинной местности.

Ключевые слова: тригонометрическое нивелирование, нивелирование тахеометром, высотные ходы, вертикальная рефракция.

RESEARCH OF TRIGONOMETRIC LEVELING IN FIELD CONDITIONS

Anton V. Nikonov

Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., e-mail: sibte@bk.ru

Saduakhas A. Babasov

Director, Technological Information Centre Akimata, 85 Dostyk Pr., Alma-Ata, 050028, phone: 8(727)272-39-79, e-mail: babasov@mail.ru

The results of the field research of trigonometric leveling by the method "from the middle" are presented. The polygon height differences were determined under different conditions. The polygon misclosure variations were analyzed, and the factors affecting the leveling accuracy revealed. Based on the research recommendations on trigonometric leveling by the method "from the middle" on the flat ground are given.

Key words: trigonometric leveling, tacheometer leveling, vertical refraction.

Тригонометрическое нивелирование методом «из середины» с применением современных высокоточных электронных тахеометров имеет перспективный характер [10]. Во-первых, оно делает возможным производить работы без дополнительного комплекта инструментов (нивелир, рейка), а во-вторых, позволяет увеличить длину плеч нивелирования. Для изучения точностных возможностей тригонометрического нивелирования были проведены полевые исследования.

Полевые работы включают в себя проложение двух замкнутых нивелирных ходов с применением высокоточного тахеометра Leica TS-06 ($m_z=2''$). Из-

мерения проводились в два дня (16 июня и 1 июля 2012) на территории, прилегающей к Няганской ГРЭС. Местность равнинная, незначительно поросшая кустарником и травой, грунт песчано-глинистый.

Каждое превышение хода измерялось пятью полными приемами, данные заносились в память прибора. Порядок работы на станции следующий: измерения на заднюю точку при КЛ и КП, измерения на переднюю точку при КЛ и КП (что составляет один полный прием), второй прием начинается с визирования на заднюю точку.

В качестве целей использовались стандартные призмные отражатели SOKKIA, накрученные на вежу. Цели в эксперименте имеют одну и ту же высоту (~1,66м), что достигалось выдвижением обоих вех до гвоздя, забитого в стену. Вешки с отражателями устанавливались неподвижно по круглому уровню с помощью штативов и специально сделанных кронштейнов.

В качестве точек хода использовались: опоры линии электропередач, грунтовые репера, арматура забитая в землю. При установке вехи на опоре ЛЭП высота отражателя над землей составляет более 2 м.

Проложение хода 16 июня выполнялось в ясный солнечный день с 10:30 до 13:30. Погода безветренная, температура воздуха +24°C. Высота визирного луча над землей не менее 1,3 метров. Зенитные расстояния от 87,5 до 91°. Полигон состоит из 5 превышений и по сумме плеч составляет 756 метров. Неравенство плеч составляет от 3 до 6 метров. Средние длины линий визирования равны: 65, 60, 80, 112, 61 метр. На таких расстояниях от прибора до отражателя возможно уверенное наведение на цель.

В камеральной обработке использовались измеренные зенитные расстояния и наклонные расстояния до целей. Невязка полигона составила – 0,8 мм. Отклонение превышения между прибором и целью полученного из одного приема отличается от среднего из 5 приемов в 88% случаев не более чем на 0,7 мм, а в 58% случаев находится в пределах 0,3 мм. Наибольшие отклонения превышения от среднего из 5 приемов наблюдаются для максимальных расстояний в полигоне и составляют 1,4 мм.

Второй ход тригонометрического нивелирования выполнялся 1 июля с 9:00 до 12:40 в солнечную, безоблачную погоду. Температура воздуха +25°C, безветренно. Данный полигон включает 4 превышения со средними длинами плеч 110, 170, 250, 330м (см. рис 1). Общая длина полигона по сумме плеч порядка 1450 м.

Превышение между точками нивелирования 2 и 3, а также 3 и 4 измерялось два раза при разных условиях наблюдений и неравенстве плеч (см. табл. 1).

Это делалось, чтобы выяснить от каких параметров при производстве тригонометрического нивелирования наиболее зависит точность измерений: от неравенства плеч, от качества изображения, от высоты визирного луча, от подстилающей поверхности. Хотя часть из этих параметров взаимосвязана. Так, при большей высоте визирного луча над подстилающей поверхностью изображение цели более спокойное.

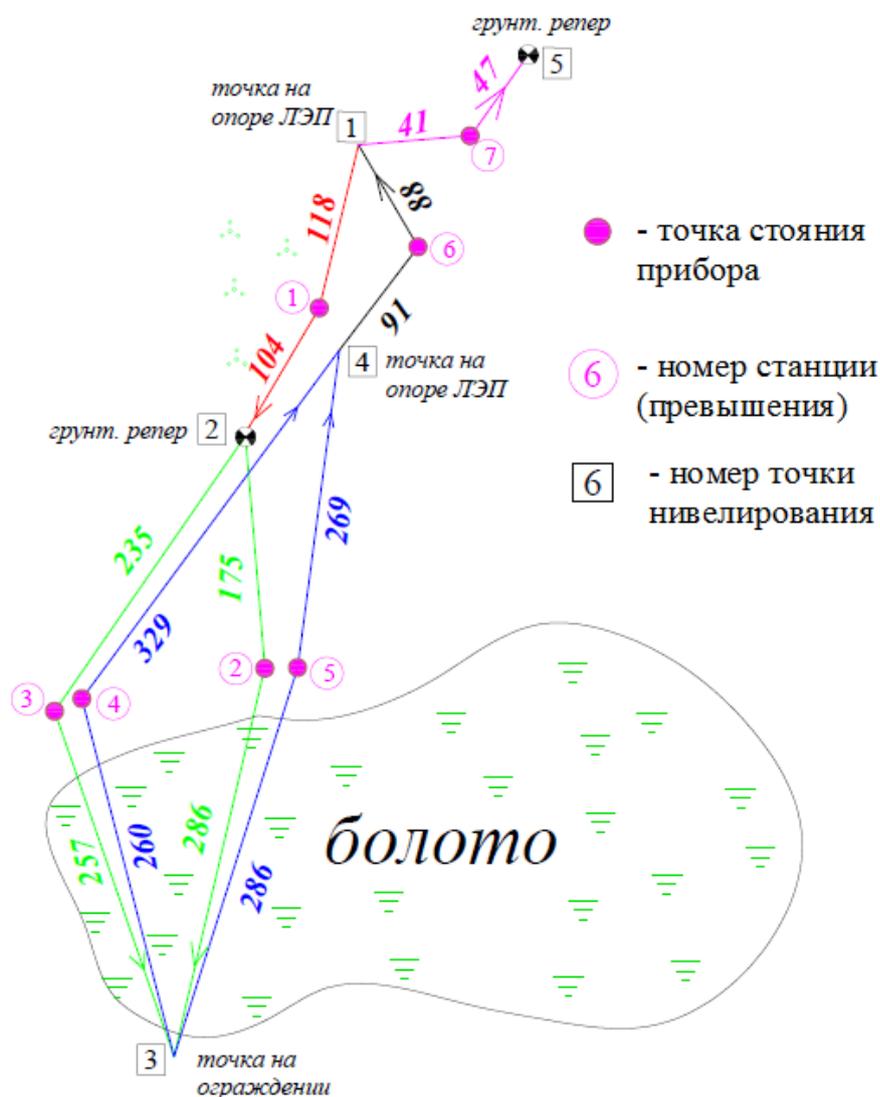


Рис. 1. Схема полигона тригонометрического нивелирования (1 июля 2012)

Таблица 1

Условия при нивелировании на станциях 2,3,4,5

№	№ прев. h	Условия в которых проводились измерения				
		Нерав. плеч, м	Качество изобр.*		Высота визир. луча над болотом, м	Положение прибора
			назад	вперед		
1	2	111	+	-	1,5-2	На солнце
2	3	22	+	+	3-3,5	В тени
3	4	69	+	+	3-3,5	В тени
4	5	17	-	+	1,5-2	На солнце

* - качество изображения цели зависит от высоты прохождения визирного луча над болотом (на станциях 3 и 4 прибор находится на возвышенности)

Для вычисления превышения между двумя точками использовалась формула [1]:

$$h=D_{\text{п}} \cos z_{\text{п}} - D_{\text{з}} \cos z_{\text{з}}, \quad (1)$$

где D – наклонное расстояние; z – зенитное расстояние; индексы «п», «з» обозначают переднюю и заднюю цель соответственно.

В табл. 2 приведены невязки полигона при различных вариантах уравнивания (невязки подсчитаны по направлению против часовой стрелки).

Таблица 2

Невязки полигона при различных вариантах уравнивания

№	Вариант уравнивания	h без поправок	h с поправкой за кривизну Земли	h с поправкой за кр. Земли и рефракцию ($\kappa=0,13$)
1	<i>Min</i> нерав. плеч	+0,5	+0,2	+0,3
2	<i>Max</i> нерав. плеч	-18,7	-11,8	-11,0
3	h_2 в вычисл. (нерав. 111м)	-10,9	-7,9	-7,5
4	h_4 в вычисл. (нерав. 69м)	-7,3	-3,7	-3,2

Как видно из таблицы, при включении в уравнивание превышений с минимальным неравенством плеч (до 20 м) невязки в полигоне близки к нулю. Так, при накоплении неравенства плеч по полигону 22 м невязка составила +0,2 мм.

При использовании в вычислениях превышений с максимальным неравенством плеч (69 и 111 м), даже с введением поправки за кривизну Земли невязка достигает значительной величины –11,8 мм.

В дневное время, земная поверхность, поглощая солнечные лучи, нагревается и становится теплее прилегающих слоев воздуха. Температура убывает с высотой, т.е. градиент температуры отрицательный [2]. Вследствие этого, днем, превышения, полученные из одностороннего тригонометрического нивелирования получаются меньше истинных [3].

В данном ходе, в превышениях с большим неравенством плеч, заднее плечо короче переднего. Следовательно, рефракция окажет большее влияние на превышения при взгляде вперед, которые получатся меньше истинных. Согласно формуле (1), и общее превышение на станции получится уменьшенным, что и подтверждается отрицательными невязками полигона.

Таким образом, если бы в одном из превышений (4 или 2) сделать заднее плечо длиннее переднего, то влияние рефракции большей частью компенсировалось бы, и невязка полигона была бы мала, однако точка хода (№3) в таком

случае будет иметь ошибочное значение высоты. Поэтому, если при проведении работ условия местности вынуждают производить измерения при большом неравенстве плеч, в одном из последующих превышений с аналогичными длинами линий визирования необходимо повторить такое же неравенство плеч (только сделать короче, например заднее плечо, а не переднее). Однако эту компенсацию необходимо произвести до того, как высотный ход пройдет через определяемую точку.

Также при обработке данных подсчитаны невязки, если в уравнивание включать сначала превышение с неравенством плеч 111 м (строка 3 таб.2), а затем 69 м (строка 4 таб.2). Известно, что в тригонометрическом нивелировании из-за рефракции ошибка возрастает пропорционально квадрату расстояния [4 с.197]. Из таблицы 2 следует, что уменьшение неравенства плеч в одном из превышений полигона в 1,6 раза (со 111 до 69 м) ведет к уменьшению невязки полигона в 2,1 раза (с -7,9 до -3,7 мм), что подтверждает нелинейную зависимость влияния рефракции от расстояния (невязка в данном случае практически полностью представляет собой ошибку в превышении с большим неравенством плеч).

Таким образом, можно заключить, что при одинаковой длине плеч луч искривляется симметрично и влияние вертикальной рефракции большей частью исключается.

Введение поправки за рефракцию с использованием коэффициента рефракции +0,13 не имеет смысла, так как визирный луч в приземном слое воздуха изгибается выпуклостью вниз. Использование же какого-либо отрицательного коэффициента рефракции не может быть принято, в следствие неустойчивости температурного градиента вблизи поверхности земли. Так в [5 с.81], на рейке были закреплены 3 датчика температуры на высоте 0,9 м ниже зрительной трубы прибора и выше ее на 0,9 и 1,9 м. Используя значения градиентов температуры, полученных из измерений нижнего и верхнего датчиков, были вычислены коэффициенты рефракции по формуле:

$$k = 502 \frac{P}{T^2} \left(0,0341 + \frac{dT}{dh} \right), \quad (2)$$

где P – давление, T – температура, dT/dh – температурный градиент.

Коэффициенты для двух разных точек составили $k_1 = -1,37$ и $k_2 = -2,13$, что значительно отличается от используемого тахеометром значения +0,13 и подтверждает наши выводы.

Поскольку превышения с минимальными неравенствами плеч (невязка ~0) включают превышение 5, в котором изображение на точку №3 значительно колебалось можно сделать вывод, что влияние колебаний изображения цели носит случайный характер. В то же время, когда мы включаем в уравнивание одно превышение со значительным неравенством плеч (исправленное за кривизну Земли), невязка полигона отлична от нуля. Все вышесказанное, соответствует утверждению о том, что в рефракционной погрешности измерений две составляющих – регулярная и короткопериодическая [6 с.155]. В данном случае силь-

ное колебание изображения цели при визировании через болото, вызванное турбулентным движением воздуха, относится к короткопериодической составляющей рефракции, а некомпенсация влияния рефракции при большом неравенстве плеч, вызванная различным искривлением визирного луча при взгляде «назад» и «вперед», относится к регулярной составляющей вертикальной рефракции.

Как видно из рисунка 2, было измерено дополнительное превышение «7», чтобы связать между собой грунтовые репера. Превышение между реперами из тригонометрического нивелирования (2 станции) составило 508 мм (508,4 мм с поправкой за кривизну Земли). В каталоге даны отметки реперов с точностью до 1 мм. Разность отметок реперов из каталога составляет 508 мм, что подтверждает высокую точность нивелирования наклонным лучом при малых плечах.

Все полевые экспериментальные работы проводились одним исполнителем. Несмотря на невысокую производительность, в крайнем случае, возможно проложение короткого нивелирного хода (до 10 км) одним специалистом.

Превышения измерялись пятью приемами, чтобы можно было проанализировать их отличие от среднего из пяти значений. Превышения были объединены в группы, результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Распределение отклонений превышений от среднего из 5 приемов

№	Интервал	90 – 130м	175 – 230м	260 – 300м	330м
1	Менее -2	0	1	3	0
2	От -2 до -1	0	0	4	1
3	От -1 до -0,5	1	3	2	2
4	От -0,5 до 0,5	18	3	3	1
5	От 0,5 до 1	1	1	3	0
6	От 1 до 2	0	2	8	0
7	Более 2	0	0	2	1
Σ	Всего прием.	20	10	25	5

Для расстояний порядка ста метра превышения между прибором и целью от приема к приему остаются одинаковыми в пределах 0,5 мм. Для расстояний около 200 м большей частью приемы не отличаются друг от друга более, чем на 1мм, однако некоторые расхождения могут достигать величин 2 и более мм. При плечах 300 м отличия превышений от среднего в основном находятся в интервале ± 2 мм и лишь редкие отклоняются на 3 – 5 мм.

Из этого следует, что для расстояний до 200 – 230 м превышения достаточно измерять двумя полными приемами (для расстояний 100 м два приема необходимы для исключения грубых промахов в измерениях). При больших расстояниях целесообразно измерять превышение тремя приемами или использовать двойные наведения при количестве приемов 2.

Выводы: при проложении нивелирных ходов способом тригонометрического нивелирования из середины, определяющим фактором точности является соблюдение равенства плеч в пределах 20 м, при этом накопление неравенства плеч по секции не должно превышать 40 м.

Современные электронные тахеометры имеют функцию ввода поправки за кривизну Земли. Используя данную функцию, возможно, брать в расчет превышения, выдаваемые прибором без ввода поправок в камеральных условиях.

Колебания изображения цели, разная подстилающая поверхность при взгляде «назад» и «вперед» (при высоте визирного луча более 2м) не оказали заметного влияния на точность нивелирования.

При проложении нивелирных ходов в равнинной местности, тригонометрическое нивелирование соответствует по точности геометрическому нивелированию III класса (исходя из невязок опытных полигонов).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980. – 248с.
2. Дрок М.К. К вопросу о поправке в превышения за совместное влияние кривизны Земли и вертикальной рефракции при геодезическом нивелировании на малые расстояния // Научные записки ЛПИ. 1962. – №7. – С.3–30.
3. Дрок М.К. Точность определения превышений в ходах геодезического нивелирования короткими лучами в холмистой местности // Научные записки ЛПИ. 1962. – №7. – С. 3–30.
4. Иордан, В. Руководство по высшей геодезии. Т.П. Прецизионное и тригонометрическое нивелирование / В. Иордан, О. Эггерт, М. Кнейсель.–М.:Госгеолтехиздат, 1963. – 263с.
5. Bill Teskey. Geodetic aspects of engineering surveys requiring high accuracy. – Canada, 1979. – 127с.
6. Беспалов Ю.И., Терещенко Т.Ю. Лазерные маркшейдерско-геодезические измерения в строительстве. – СПб., 2010. – 227с.
7. Пискунов М.Е., Нгуен Ван Дау. Метод высокоточного тригонометрического нивелирования короткими (до 100м) лучами // Изв. Вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1971. – № 6. – 37–48.
8. Беспалов Ю.И., Мирошниченко С.Г. Исследование точности измерения превышений электронными тахеометрами // Геодезия и картография. – 2009. – №3. – С. 12–13.
9. 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.
10. Ашраф А. Бешр, Рябова Н.М., Сальников В. Г., Теплых А. Н., Рахымбердина М.Р. Исследование влияния вибрации на точность измерений цифровыми нивелирами и электронными тахеометрами // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. - №3. - С.123-126.

© А.В. Никонов, С.А. Бабасов, 2013

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОСАДКАМИ СООРУЖЕНИЙ

Антон Викторович Никонов

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

В статье рассматривается вопрос применения тригонометрического нивелирования электронным тахеометром для наблюдений за осадками инженерных сооружений. На основе производственных данных по наблюдению осадок железобетонных труб объектов энергетики сформулированы рекомендации по применению нивелирования наклонным лучом.

Ключевые слова: тригонометрическое нивелирование, нивелирование тахеометром, осадки и деформации, превышения.

EXPERIENCE OF APPLICATION OF TRIGONOMETRIC LEVELLING WITH USE ELECTRONIC TOTAL STATIONS FOR MEASURING DEFORMATIONS OF CONSTRUCTIONS

Anton V. Nikonov

Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., e-mail: sibte@bk.ru

In article the question of application of trigonometric levelling by electronic total station for supervision over deformations of engineering constructions is considered. Recommendations about levelling application by an inclined beam are formulated.

Key words: trigonometric leveling, tacheometer leveling, deformations of constructions, height differences.

В комплекс работ по наблюдениям за кренами дымовых труб, как правило, входит нивелирование осадочных марок фундамента. Согласно [1], измерения осадки фундаментов зданий и сооружений производятся методом геометрического и гидростатического нивелирования [8]. Измерения осадки в период эксплуатации осуществляются с точностью, характеризующейся средней квадратической погрешностью определения осадки в слабом месте не более 1 мм (наиболее удаленной марки от исходных реперов).

Специализированные организации, выполняющие строительство и ремонт дымовых труб, а также осуществляющие их геодезический контроль, не всегда обладают комплектом приборов и инструментов для производства прецизионного нивелирования.

Тем не менее, применение современных электронных тахеометров позволяет обнаружить осадку фундамента 1мм и более по сравнению с предыдущим циклом наблюдений, так как грунтовые репера зачастую находятся неподалеку

от дымовых труб (50 – 250 м), а также зафиксировать неравномерность осадок марок трубы более 1мм.

Среднюю квадратическую погрешность превышения, определенного тригонометрическим нивелированием, вычисляют по формуле [2]:

$$m_h^2 = (m_s \operatorname{ctg} z)^2 + \left(\frac{m_z s}{\rho \sin^2 z}\right)^2, \quad (1)$$

где m_s – С.К.П. измерения расстояния; z – зенитное расстояние; m_z – С.К.П измерения зенитного расстояния; $\rho=206265$ – число секунд в радиане.

Так, при проложении нивелирного хода по осадочным маркам вокруг дымовой трубы, среднее расстояние от прибора до рейки составляет 6м, а зенитное расстояние 100° . Подставив известные величины, получим $m_h = 0,38$ мм ($m_z = 5''$) и $m_h = 0,36$ мм ($m_z = 2''$). В конкретном случае, точность измерения вертикального угла практически не влияет на точность измеряемого превышения.

При тщательном выполнении измерений, возможно добиться того, чтобы превышение, измеренное тахеометром, отличалось от превышения, измеренного прецизионным нивелиром, не более, чем на 0,2 – 0,3 мм.

Летом 2012 года на Бийской ТЭЦ выполнялись геодезические наблюдения четырех железобетонных дымовых труб. Определение отметок осадочных марок производилось тригонометрическим нивелированием с использованием электронного тахеометра Leica TS-02 (5'') и телескопической шашечной рейки.

Работы выполнялись в солнечную погоду ($t=+23^\circ\text{C}$). По возможности прибор устанавливался в тени от строений ТЭЦ.

Порядок работы на станции следующий: тахеометр устанавливался приблизительно посередине между двумя марками, визирование выполнялось на один и тот же штрих рейки (удобный для данной станции). В основном выполнялось визирование на «5см» штрих, в целях уменьшения влияния наклона рейки. Из-за большой высоты осадочных марок, уровень при удержании рейки не применялся.

Далее в безотражательном режиме измерялись превышения между задней и передней рейкой. Для удобства вычислений с прибора выписывались не превышения между осью вращения зрительной трубы и целью, которые могут иметь разные знаки, а отвлеченные отметки «5-и» сантиметровых штрихов рейки. Превышение между осадочными марками определялось как условная отметка «5-и» сантиметрового штриха рейки, установленной на передней точке, минус его отметка на задней точке.

Наведение на штрих выполнялось два раза, значение высоты выписывалось с точностью до десятых долей миллиметра. Если при двойном наведении значения высот отличались более чем на 0,4 мм, производились дополнительные измерения.

При нивелировании вокруг труб плечи нивелирования составляли порядка 5-10 м. В ходах связи (между исходным репером и осадочной маркой трубы или

осадочными марками соседних труб) длины плеч не превышали 40 м. Хода связи выполнялись прямо и обратно.

На дымовых трубах было установлено от 4 до 12 осадочных марок. По результатам замыканий вокруг труб были получены следующие невязки (см. табл. 1).

Таблица 1

Невязки ходов нивелирования по осадочным маркам дымовых труб

№ трубы	Станций в полигоне	Невязка триг. нив., мм	Невязка геом. нив. 2011 г., мм
1	2	3	4
1	4	+0,2	-
2	6	+1,5	+0,54
3	6	+1,4	+0,38
4	6	+0,4	-0,74

Допустимые невязки, подсчитанные по формулам [3 с.156] для геометрического нивелирования II класса ($f = 0,5 \text{ мм}\sqrt{n}$) и III класса ($f = 1,5 \text{ мм}\sqrt{n}$) равны соответственно 1,2 и 3,6 мм (где n – число станций в замкнутом полигоне, в данном случае $n=6$).

Все значения полученных невязок (столбец 3 таб.1) меньше допустимых значений для III класса геометрического нивелирования и близки к допускам для II класса.

В 2011 году по тем же осадочным маркам были проложены ходы высокоточного геометрического нивелирования с использованием нивелира Н-05.

Поскольку данной ТЭЦ более полувека, то осадки зданий и сооружений практически стабилизировались, что подтверждает анализ результатов наблюдений за последние годы, вплоть до 2011г. В связи с этим осадки дымовых труб с 2011 г по 2012 г маловероятны. Это позволяет провести сравнительный анализ превышений, полученных разными методами.

При нивелировании в 2011 и в 2012 годах схемы ходов не всегда совпадали, поэтому в ряде случаев сравниваются не непосредственно измеренные превышения между осадочными марками, а их вычисленные значения.

По результатам обработки получены разности измеренных, а также уравненных значений превышений тригонометрического и геометрического нивелирования по формуле:

$$\Delta = h_T - h_G \quad (2)$$

Данные разности были отсортированы по интервалам с шагом 0,1 мм и помещены в табл. 2.

Количественная характеристика различий
тригонометрического и геометрического нивелирования

№ интер.	интервал	число до урав.	число после урав.
1	от -0,6 до -0,7	0	1
2	от -0,5 до -0,6	0	0
3	от -0,4 до -0,5	0	1
4	от -0,3 до -0,4	1	7
5	от -0,2 до -0,3	3	3
6	от -0,1 до -0,2	2	0
7	от 0 до -0,1	5	6
8	от 0 до 0,1	6	4
9	от 0,1 до 0,2	1	1
10	от 0,2 до 0,3	0	0
11	от 0,3 до 0,4	3	0
12	от 0,4 до 0,5	3	1
13	от 0,5 до 0,6	2	0
14	от 0,6 до 0,7	2	0
15	от 0,7 до 0,8	0	2

Таким образом, 85% разностей до уравнивания находятся в пределах 0,5 мм, а 40% в интервале $\pm 0,1$ мм. Из 4-х разностей, превышающих интервал 0,5 мм до уравнивания, три разности вошли в этот интервал после уравнивания, однако две другие разности после уравнивания превысили 0,5 мм.

В итоге, после уравнивания 88% разностей не превышают 0,5 мм, и 38% разностей не превышают 0,1 мм.

Также следует отметить, что максимальные значения разностей получены не по измеренным превышениям, а путем вычислений. Разности в интервале от 0,7 до 0,8 получены путем алгебраических действий с двумя превышениями тригонометрического и двумя превышениями геометрического нивелирования.

Еще были вычислены разности между превышениями ходов связи, приведенных к одноименным маркам, из-за разной схемы ходов. В табл. 3 указано соотношение количества превышений тригонометрического и геометрического нивелирования, используемых в вычислениях.

Из таблицы следует, что результаты тригонометрического нивелирования хорошо согласуются с результатами высокоточного геометрического нивелирования. Максимальное значение разности, превышающее 1 мм, было получено при использовании в вычислениях 7(!) превышений тригонометрического нивелирования и 5 превышений высокоточного нивелирования.

Аналогичным образом тригонометрическое нивелирование применялось в 2012 году при наблюдениях за осадками фундаментов дымовых труб Назаровской ГРЭС, Красноярской ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 (всего три трубы). Все измерения производились в пасмурную погоду, $t = +15^{\circ}$ С.

Таблица 3

Разность превышений
тригонометрического и геометрического нивелирования в ходах связи

Порядок связи (№ труб)	Соотношение числа станций тригон./геометр.	Разность до урав., мм	Разность после урав.,мм
от 1 к 2	2/5	-0,09	-
от 2 к 3	2/7	-0,87	-1,06
от 2 к 3*	7/5	1,18	1,38
от 3 к 4	3/9	0,02	-

* - вычисленные по другим превышениям

Данные по ходам связи представлены в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение превышений
из тригонометрического и геометрического нивелирования в ходах связи

Объект	Тригон. нив. прям/обрат.	Геом. нив.	$\Delta=h_T-h_G$	год геом. нивел.	штатив триг./геом.
НГРЭС	+1341,7	+1341,40	+0,30	2005	2/5
	+1341,5		+0,10		4/5
ТЭЦ-1	+493,1	+493,56	-0,46	2010	4/7
ТЭЦ-2	-1889,3	-1889,38	+0,08	2011	1/2
	-1889,0		+0,38		

Из таблицы видно, что превышения «прямо» и «обратно» не отличаются более чем на 0,2 – 0,3 мм. Различия в превышениях, полученных разными методами, не отличается более чем на 0,5 мм. Эти отличия могли быть вызваны как осадкой высотной основы и сооружений за период эксплуатации между циклами наблюдений, так и ошибками измерений обоих методов. Сравним превышения между осадочными марками фундаментов дымовых труб (см. табл. 5).

Найденные разности между превышениями из тригонометрического и геометрического нивелирования не превышают 0,5 мм, а среднее по абсолютной величине значение разности равно 0,2 мм.

Производить оценку точности тригонометрического нивелирования, используя только допустимые невязки для геометрического нивелирования, не совсем корректно, поэтому в методику следует внести изменения для более надежного контроля качества измерений.

Сравнение превышений между марками дымовой трубы из тригонометрического и геометрического нивелирования

	Тригон. нив.		невязка тригон. нивелир. f, мм/стан	Геом. нив.	$\Delta=h_T-h_G$		год геом. нив.	число штативов триг/геом
	до урав.	после урав.			до ур.	после ур.		
НГРЭС	-247,7	-247,1	+2,6 / 8	-247,2	-0.5	+0.1	2005	2/1
ТЭЦ-1	+3,6 +613,7	- -	нет возм замкн.	+3,6 +613,5	0 +0,2	-	2010	1/1 2/2
ТЭЦ-2	-51,0 +20,5 +90,7 -15,3 -73,6 +28,6	-51,0 +20,5 +90,8 -15,3 -73,6 +28,6	+0,1 / 6	-51,32 +20,83 +91,28 -15,18 -73,69 +28,30	+0,32 -0,33 -0,58 -0,12 +0,09 +0,3	+0,36 -0,29 -0,45 -0,09 +0,13	2011	1/1

Для этого предлагается визировать на два штриха рейки, находящиеся наиболее близко к пятке и разнесенные на 5 – 10 см друг от друга. В связи со сложной схемой ходов при нивелировании осадочных марок и необходимости полевого контроля, результаты измерений целесообразно записывать не в память прибора, а в журнал.

После установки прибора приблизительно посередине между осадочными марками и его горизонтирования, предлагается следующая последовательность действий при визировании на заднюю рейку:

1) Визирование на нижний штрих и измерение превышения между штрихом и осью вращения зрительной трубы. Запись превышения в полевой журнал.

2) Второе совмещение и измерение превышения. Запись превышения в полевой журнал.

3) Сравнение полученных результатов. Допустимое расхождение 0,4 мм при длинах плеч 20-40 м и 0,3 мм при длинах плеч менее 20 м.

4) Визирование на верхний штрих и измерение превышения между верхним штрихом и осью вращения зрительной трубы. Запись превышения в полевой журнал.

5) Второе совмещение и измерение превышения. Запись превышения в полевой журнал.

6) Сравнение превышений при двойном визировании на верхний штрих. Допустимые расхождения такие же, как и при наведении на нижний штрих.

7) Сравнение разности средних превышений на верхний и нижний штрихи с теоретическим расстоянием между штрихами, которое известно из градуировки рейки или при использовании бар-кодовой рейки, измерено женовской линейкой либо компарированной рулеткой. Допустимое различие 0,4 мм при длинах плеч менее 20 м и 0,6 мм для длин плеч 20 – 40 м.

Порядок работы с передней рейкой аналогичный.

При сравнении измеренных превышений с данными из предыдущих циклов нивелирования определяют необходимость выполнения двойного хода.

Если различия в превышениях из двух циклов превышают 0,6 мм, то выполняется обратный ход по аналогичной программе.

В случае, если предыдущие измерения отсутствуют или сильно устарели, чтобы отказаться от проложения двойного хода следует выполнять работу по описанной схеме, но при двух положениях вертикального круга.

При работе с тахеометрами, у которых один экран, измерения при другом положении круга (КП) требуют обходить прибор для взятия отсчета, что вызывает неудобства. Поэтому при работе с такими приборами есть смысл работать при одном круге, но в два горизонта.

Наведение на два штриха целесообразно при визировании на расстояния свыше 15 – 20 м, что характерно для ходов связи. При нивелировании двух близко расположенных марок следует ограничиться визированием на один штрих.

В качестве цели удобно использовать метровую нивелирную рейку с инварной полосой и круглым уровнем. Возможно использовать и обычную шашечную рейку, как в опыте, но важно визуально следить за ее вертикальностью.

Из выше сказанного следует, что в зависимости от требуемой точности, расстояния от прибора до цели, от удаленности наблюдаемого сооружения от репера порядок измерений на станции может значительно меняться. Это говорит об адаптированности метода к местным условиям.

Оценка точности проводится по формуле, для вычисления СКО превышения по разностям двойных равноточных измерений:

$$m = \sqrt{\frac{d^2}{2n}}, \quad (3)$$

где d – разность измерений, n – число пар измерений.

При измерениях по упрощенной схеме в качестве двойных измерений выступают превышения, вычисленные отдельно по нижним и верхним штрихам рейки. При нивелировании в два горизонта (или при двух кругах) значения d получают, как разность превышений полученных при разной высоте инструмента (или при разных кругах).

Данную методику предлагается использовать для наблюдения за осадками дымовых труб, а также малонагруженных зданий и сооружений, таких как здания химводоочистки, баки хранения жидкого топлива и т.д.

Преимущество данного метода состоит в том, что с одной станции можно выполнить измерения сразу на несколько марок, (рис. 1) при этом допуская неравенства плеч, значительно большие, чем в геометрическом нивелировании специальных классов.

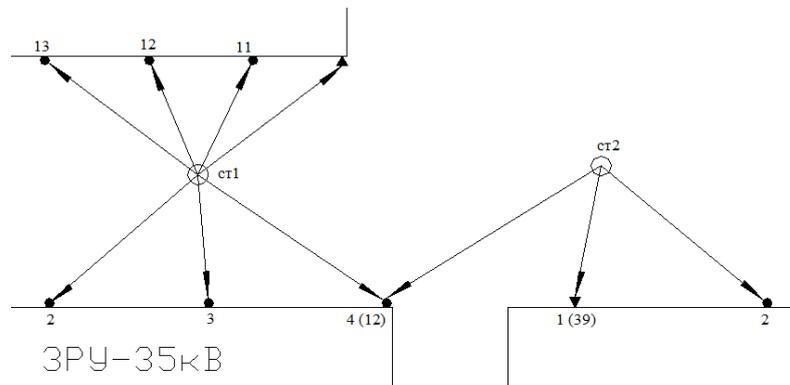


Рис. 1. Возможная схема нивелирования наклонным лучом

Тригонометрическое нивелирование является менее трудоемким методом в сравнении с геометрическим нивелированием способом совмещения, в котором для нивелирования того же количества марок требуется больше перестановок прибора (рис. 2).

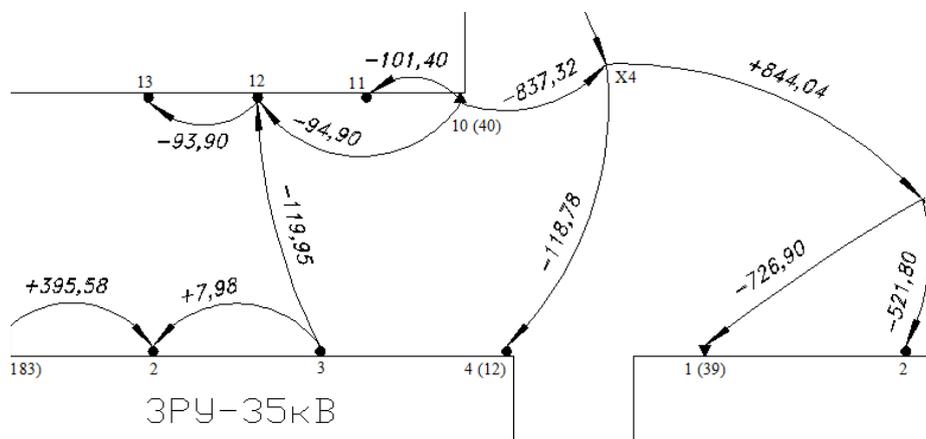


Рис. 2. Фрагмент схемы геометрического нивелирования

На основе полученных данных, можно сделать вывод, что тригонометрическое нивелирование короткими лучами (до 50м) с использованием современных тахеометров ($m_z \leq 5''$) и предложенной методики может применяться для обнаружения критических осадок (более 1мм) некоторых инженерных сооружений и сравнимо по точности с геометрическим нивелированием II класса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СО 153-34.21.322-2003 «Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций».
2. МДС 13-22.2009 «Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений».

3. Хаметов Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 200с.
4. Беспалов Ю.И., Мирошниченко С.Г. Исследование точности измерения превышений электронными тахеометрами // Геодезия и картография. – 2009. – №3. – С. 12–13.
5. 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.
6. Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980. – 248 с.
7. Пискунов М.Е., Нгуен Ван Дау. Метод высокоточного тригонометрического нивелирования короткими (до 100м) лучами // Изв. Вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1971. – № 6. – 37–48.
8. Ашраф А. Бешр, Рябова Н.М., Сальников В. Г., Теплых А. Н., Рахымбердина М.Р. Исследование влияния вибрации на точность измерений цифровыми нивелирами и электронными тахеометрами // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. - №3. - С.123-126.

© А.В. Никонов, 2013

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

Владимир Александрович Кошелев

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

Константин Сергеевич Карлин

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

Анна Петровна Чахлова

Сибирская Государственная Геодезическая Академия, аспирант по направлению 25.00.32 - «Геодезия»; ООО «Росинжиниринг Строительство», 354392, Краснодарский край, г. Сочи, Адлерский район, с. Эсто-Садок, ул. Ачипсинская, д. 16а, инженер-геодезист, тел. (812)331-53-36, доб. 2561, e-mail: Anna.Chahlova@roing.com

В статье рассмотрены проблемы создания геодезической разбивочной основы в условиях горной местности на примере строительства канатных дорог г. Сочи, ГТЦ «Газпром».

Ключевые слова: геодезическая разбивочная основа, горная местность, канатные дороги.

FEATURES OF DEVELOPMENT OF THE BUILDING NETWORK IN THE CONDITIONS OF MOUNTAIN DISTRICT

Vladimir A. Koshelev

Open Company «Rosengineering Stroitelstvo» 354392 Krasnodarsky kray, 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 Krasnodarsky kray, 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

Siberian State Geodetic Academy, the post-graduate student in a direction 25.00.32 - "Geodesy"; Open Company «Rosengineering Stroitelstvo» 354392 Krasnodarsky kray, 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

In article problems of creation of a geodetic marking basis in the conditions of mountain district on an example of building of rope-ways of Sochi are considered, MTC "Gazprom".

Key words: a geodetic marking basis, mountain district, rope-ways.

В настоящее время при развитии курортов Северного Кавказа встает вопрос о внедрении опыта ведения геодезических работ, полученного при строительстве крупнейших в России и уникальных в мире пассажирских подвесных канатных дорог (ППКД). Основной из задач данного вопроса становится развитие геодезической разбивочной основы (ГРО) на площадке строительства ППКД с точностью, способной обеспечить строительство канатных дорог в соответствии с заданными точностными показателями согласно [1], [2], либо техническими условиями, заданными проектом.

Постараемся в данной статье раскрыть проблемы развития ГРО и основные пути их решения на примере строительства ППКД, которые были выполнены специалистами группы компаний «РОСИНЖИНИРИНГ» в г.Сочи.

Основные геометрические параметры канатных дорог (КД) – расстояние, перепад высот между соседними опорами, верхней и нижней станциями канатной дороги. В среднем общая протяженность ППКД составляет 2-3 км, длина пролета между соседними опорами в среднем составляет – 200-300 м, перепад высот между верхней и нижней станцией приблизительно 700-1800 м, между соседними опорами может варьироваться от нескольких десятков сантиметров до десятков метров.

Согласно [1] отклонения от проектных размеров не должны превышать значений, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Допустимые отклонения положения фундаментов от проектных

Замеряемые величины и отклонения	Значение допускаемого отклонения, мм
Параллельное смещение продольной оси фундамента станции или опоры относительно разбивочной оси канатной дороги при значении меньшего пролета L	0,0005 L, но не более 50
Непараллельность продольной оси фундамента относительно разбивочной оси канатной дороги: станции линейной опоры	3 мм на 1 м 6 мм на 1 м, но не более 20 на длину фундамента
Отметки верха фундаментов отдельно стоящих станций и опор при сумме значений примыкающих пролетов до 200 м	50, на каждые дополнительные 100 м +10 мм
Расстояние между анкерными болтами одного узла: при полностью залитых болтах	5
Длина выступающей части анкерного болта	+20

Но согласно проекта, разработанного организацией “Doppelmayr” – основного поставщика оборудования канатных дорог, были приняты допуски, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Допустимые отклонения положения фундаментов от проекта

Замеряемые величины и отклонения	Значение допускаемого отклонения, мм
Отклонение в плане вдоль оси канатной дороги	±50
Отклонение от оси дороги в поперечном направлении	20
Отклонение отметок верха фундамента	±30
Наклон в верхней плоскости фундамента	0.5°

Отсюда, расчетное значение СКО $\delta\Sigma$ планового положения, в соответствии с [3], следует принять согласно формуле (1):

$$\delta\Sigma = K \cdot \Delta V = 0.4 \times 2 \text{ см} = 0.8 \text{ см}, \quad (1)$$

где K – коэффициент точности, ΔV – предельное отклонение. В суммарной погрешности $\delta\Sigma$ должны быть учтены ошибки разбивочной геодезической сети, ошибки работ по выносу в натуру от разбивочной сети проектных точек и ошибки строительных и монтажных работ. Исходя из принципа равных влияний, получаются такие значения для отдельных составляющих $\delta\Sigma$ планового положения:

- не более 4,6мм для погрешности геодезической разбивочной сети;
- не более 4,6мм для погрешности работ по выносу в натуру проектных точек;
- не более 4,6мм на погрешность строительных и монтажных работ, что соответствует полигонометрии 4 класса.

В небольших пределах можно изменить эти значения в пользу отдельных составляющих.

Для достижения точности выноса опор по высоте при $\Delta H = \pm 3$ см получаются значения $\delta\Sigma$ высотного положения:

- не более 6,8мм для погрешности геодезической разбивочной сети;
- не более 6,8 мм для погрешности работ по выносу в натуру проектных точек;
- не более 6,8 мм на погрешность строительных и монтажных работ, что соответствует III классу нивелирования.

При развитии ГРО были рассмотрены следующие факторы:

1. Слабая геодезическая изученность района работ. Недостаточная плотность пунктов ГГС в районе строительства.

2. Залесенность участков строительства.

3. Значительный перепад высот (500-2000м) между верхней и нижней станциями, что подразумевает пересеченность местности.

4. Ограниченный временной диапазон благоприятных условий для производства работ (световой день, перепад температур и давления в одни и те же моменты наблюдений на разных высотах, вертикальная и горизонтальная рефракция, погодные условия).

Наряду с наличием естественных факторов рассмотрим проблемы, возникающие на подготовительных этапах строительства, когда необходимо обеспечить создание строительной сети.

Основными этапами подготовительных работ при строительстве канатных дорог в горной местности является: свод леса в границах планируемой застройки; снятие плодородно-растительного грунта (ПРС), устройство временных подъездных дорог. Данные подготовительные этапы, в свою очередь, исключают возможность предварительного создания геодезической разбивочной основы на стадии подготовки строительства, т.к. пункты в результате данных этапов могут быть утеряны. Кроме того, принадлежность большинства участков к Национальному парку и заповедникам согласно [4], [5] подразумевает под собой согласование проекта освоения лесов на объект строительства с уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти. Это в свою очередь так же препятствует проведению каких-либо работ по предварительному геодезическому обеспечению будущей площадки строительства, в том числе прокладки тахеометрических ходов, вырубке визирок. Так же сам подготовительный этап строительного-монтажных работ предполагает, что значительная часть (около 70%) пунктов будет уничтожена по разным причинам, что повлечет за собой повторное развитие геодезической разбивочной основы, которое, как результат, выльется в недопустимые экономические и временные издержки.

В результате вышеописанных факторов и практического опыта, при развитии ГРО для обеспечения строительства ППКД в районе ГТЦ «Газпром» было установлено, что классические методы развития ГРО (полигонометрия, триангуляция, геометрическое нивелирование), не позволяют в данных условиях в короткие сроки обеспечить требуемую точность. При длине канатных дорог 2-3 км, и перепаде высот до 2000 м количество переходных станций в полигонометрических/тахеометрических ходах при недостаточном наличии пунктов ГГС недопустимо. Кроме того спутниковое нивелирование не может быть выполнено из-за того, что поверхность геоида не определена для горной местности Северного Кавказа. В связи с этим было принято решение использовать для планового определения пунктов спутниковую аппаратуру, т.к. погрешность измерения приращений плановых координат $\pm(3\text{мм}+1\text{мм} \times D(\text{км}))$, а для высотного обеспечения – тригонометрическое нивелирование. Данные методы определения обеспечивают точность полигонометрии 4 класса, 1 разряда и нивелирования III класса.

Основные факторы, оказывающие влияние на выполнение GPS-наблюдений:

- залесенная пересеченная местность, что препятствует прохождению лучей,
- облако спутников не постоянно,
- временные рамки для обеспечения благоприятных условий (4-5 часов в сутки) так же ограничены за счет перекрытия горизонта самими горами,
- возникает многолучевость сигнала в результате наличия большого количества естественных отражающих поверхностей.
- угол возвышения препятствий более 25° .

Методика спутниковых определений заключается в сдвоенных сеансах синхронизированных наблюдений тремя приемниками JAVAD Triumph-1 продолжительностью от 1 до 3 часов в режиме статики. Проводилось 2 цикла наблюдений с изменением высоты приемников. По результатам уравнивания сети были получены ошибки планового положения пунктов в среднем не грубее 10 мм.

Для развития высотного обоснования производилось тригонометрическое нивелирование прибором SOKKIA SET 530 RK3. По методике измерений длина плеча при наблюдениях не превышала 60 метров, что позволяло избежать влияния горизонтальной и вертикальной рефракции на разных высотах. Измерения производились синхронными наблюдениями в прямом и обратном направлениях по линии нивелирования. Было выполнено 2 приема измерений. По результатам уравнивания величина невязки составила 10 мм. Результирующая точность сопоставима с точностью III класса геометрического нивелирования.

Так же рассмотрим методику закрепления пунктов строительной сети, которая была принята для строительства канатной дороги.

Склоны молодых гор Северного Кавказа являются дресвяно-щебенистыми с суглинистым заполнителем с содержанием древесины и щебня до 50%. Из-за невысоких фильтрационных свойств, слои задерживают в себе воду. В результате таяния снегов и осадков грунты становятся неустойчивым и имеют тенденцию к оползанию. Кроме того в результате техногенного влияния данные породы грунтов подвержены эрозийным процессам и деформации грунтов (подтверждено геологическими изысканиями). В свою очередь это предполагает не только выбор места закрепления пунктов ГРО, но и наличие условий для их восстановления, в случае утраты. В связи с этим в районе каждой опоры канатной дороги были закреплены 3 пункта, так как при равномерном оползании грунтов при переопределении пары пунктов ошибка dX , dY может быть не выявлена, третий пункт позволяет проконтролировать данные процессы и предупредить возможность появления грубых ошибок при выносе осей в натуру. Так же от исходных пунктов строительной сети вне границ производства работ, приблизительно в 10-15 м от нее, закрепляют рефлекторные марки. Данные мероприятия позволят так же контролировать оползневые и деформационные процессы грунтов в районе закрепления пунктов ГРО. При этом марки размещаются с таким учетом, чтобы была обеспечена их долговременная сохран-

ность (выступы коренных скальных пород, временные пункты грунтового заложения и т.п.).

В результате выполненных работ было установлено, что принятая методика развития ГРО комбинированными способами позволяет получить заданную точность геометрических параметров возводимых сооружений канатных дорог в соответствии с требованиями нормативно-технической литературы [1], [2], в том числе проектом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВСН 413-80 Инструкция по монтажу подъемно-транспортного оборудования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tehlit.ru/1lib_norma_doc/9/9606/index.htm
2. СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cert.obninsk.ru/gost/1512/1512.html>
3. ГОСТ 26433.0-85 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vashdom.ru/gost/264330-85/>
4. Лесной кодекс Российской Федерации (с изменениями на 28 июля 2012 года). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902017047>
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 4 марта 2013 года). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901919338>

© В.А. Кошелев, К.С. Карлин, А.П. Чахлова, 2013

К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ ОБРАТНОЙ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ НА МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ

Антон Викторович Никонов

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

В статье рассматривается вопрос применения обратной линейно-угловой засечки для создания локальной геодезической основы на объектах промышленного строительства.

Ключевые слова: засечка, задача Потенота, геодезическая основа.

ABOUT THE ACCURACY OF RECIPROCAL LINEAR-ANGLES RESECTION FOR SHORT DISTANCES

Anton V. Nikonov

Post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., e-mail: sibte@bk.ru

The problem of reciprocal linear-angular resection is considered. It is to be applied for establishment of local geodetic datum at industrial project sites.

Key words: three-point, geodetic datum, resection, Potenot problem.

При геодезическом обеспечении строительства зданий и сооружений широко применяется метод обратной засечки, который позволяет быстро определить координаты места установки прибора с высокой точностью.

До появления электронных тахеометров этот способ, известный как задача Потенота, заключался в измерении углов между пунктами с известными координатами (не менее 3 пунктов) для определения координат своего местоположения.

Сегодня встроенное программное обеспечение тахеометра по измеренным углам и расстояниям при визировании на исходные пункты вычисляет координаты станции, в том числе и высотную составляющую, а также делает оценку точности положения определяемого пункта.

Для геодезического обеспечения строительства и монтажа оборудования внутри производственного помещения (например, главного корпуса электростанции, градирни) на колоннах каркаса здания или других надежных конструкциях закрепляются точки (отражательные пластины), которые образуют локальную геодезическую основу сооружения.

Как правило, координаты этих точек определяют на раннем этапе строительства, пока не смонтированы ограждающие конструкции. Для этого от исходных пунктов (пункты строительной сетки, репера и др.) прокладывают та-

хеометрический ход по трехштативной системе через строящееся сооружение. При проложении хода с его точек определяются координаты отражательных пластин. На рис. 1-а показан тахеометрический ход, опирающийся на два исходных пункта, с точек которого (точки 2 и 3), определяются координаты отражательных пластин, закрепленных на колоннах каркаса главного корпуса.

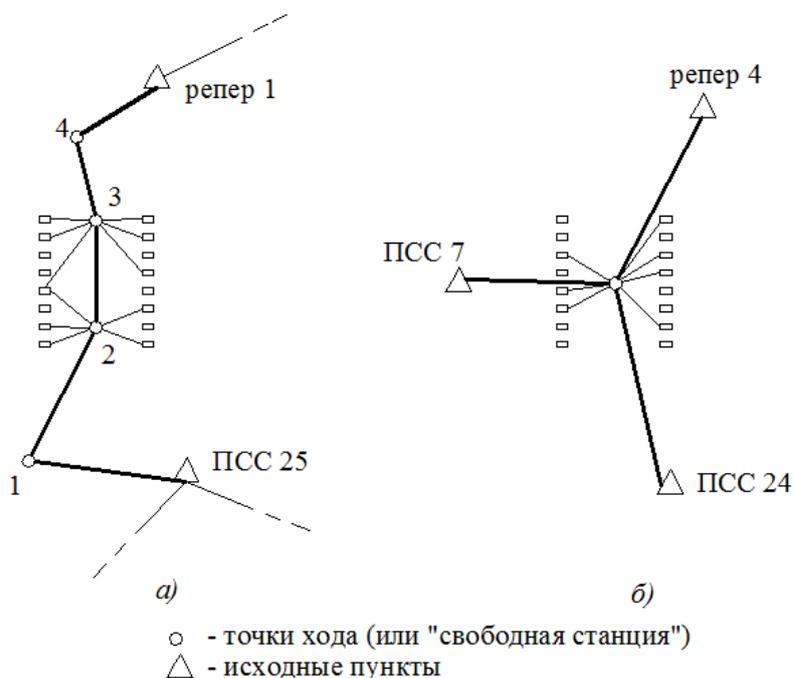


Рис. 1. Схемы создания локальной геодезической основы на колоннах производственного корпуса

Измерения обрабатываются в программном комплексе CREDO_DAT, который производит оценку точности положения пунктов тахеометрического хода. Анализируя ошибки планового положения пунктов хода, принимают решение о возможности их использования для создания локальной геодезической основы сооружения.

Если ошибки в координатах пунктов хода не превышают 5 – 8 мм, то их уравненные значения используются для вычисления координат отражательных пластин. При этом ошибки взаимного положения точек, с которых координируются отражательные пластины (точки 2, 3 на рис. 1-а) должны быть сведены к минимуму и не превышать величин 1 – 2 мм.

Если недалеко от строящегося сооружения имеются исходные пункты, то возможно установить тахеометр внутри сооружения, и методом обратной линейно-угловой засечки определить координаты места стояния прибора, с которого в дальнейшем будут определены координаты отражательных пластин (рис. 1-б).

При развитии геодезической основы внутри сооружения неизбежны ошибки (ошибки тахеометрического хода, ошибки наведения на отражательные пластины). Однако наиболее важна взаимная согласованность точек локального

обоснования, которое используется при разбивке под технологическое оборудование.

В процессе строительства значительная часть отражательных пластин утрачивается или закрывается. Особенность обратной засечки электронным тахеометром заключается в том, что положение станции можно определить всего по двум пунктам (измеряются два расстояния и угол), что в условиях ограниченного числа исходных пунктов особенно ценно.

Остается не совсем ясным, насколько объективна оценка точности, выдаваемая прибором. Также есть мнение, что если используется два пункта, то необходимо, чтобы угол между ними был близок к 90° и исходные пункты находились на расстояниях одного порядка. Чтобы выяснить насколько эти требования обоснованы и с какой точностью можно засечься от двух исходных пунктов нами были проведены полевые исследования (в два дня), выполненные с применением электронного тахеометра Leica-TS06 ($m_B = 2''$).

Летом 2012г на территории штаба строительства Няганской ГРЭС были закреплены три точки (t_1, t_2, t_3) в виде светоотражательных пластин на зданиях. Прибор устанавливался примерно равноудалено от закрепленных точек (50м), как показано на рис. 2.

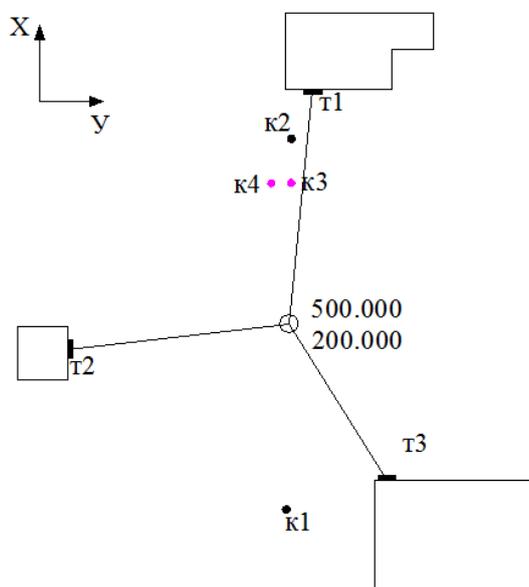


Рис. 2. Схема расположения точек

Станции были присвоены произвольные координаты $X=500.000$, $Y=200.000$, $H=2.000$ м и задана приблизительная ориентировка (как показано на рис. 2). После чего тремя полными приемами были определены координаты трех закрепленных на зданиях точек, средние значения которых были приняты за исходные.

Далее была произведена засечка от этих трех пунктов: линейно-угловая, угловая (безконтрольная), а также измерены вертикальные, горизонтальные углы и расстояния на отражательные пластины. Кроме того была произведена ли-

нейно-угловая засечка поочередно от двух исходных пунктов (t_1 и t_2 , t_1 и t_3 , t_2 и t_3).

Таким образом, стало возможным сравнить координаты, вычисленные программным обеспечением прибора при различных вариантах засечки, с их истинными значениями (500.000, 200.000, 2.000), а также, используя измеренные величины (углы и расстояния), рассчитать координаты станции вручную по известным формулам и сравнить полученные результаты (см. табл. 1).

Таблица 1

Результаты различных вариантов обратной засечки от отражательных пластин, закрепленных на зданиях (t_1 , t_2 , t_3)

Варианты обратной засечки (при двух кругах, КЛ и КП) (результаты выписаны с экрана тахеометра)											По формулам	
	лин-угл. от 3 пунктов	Δ^*	угловая	Δ	лин-угл. t_1 и t_3	Δ	лин-угл. t_1 и t_2	Δ	лин угл. t_2 и t_3	Δ	лин.	угловая
X	499,9999	0,2	499,9998	-	499,9997	0,8	500,0001	0,1	500,0003	0	500,002	500,000
У	199,9997	0,2	200,000	-	199,9998	0,8	199,9998	0,1	199,9997	0	199,999	200,000
Н	2,0003	0,4	2,0008	-	2,0002	0	2,0000	0,3	2,0001	0		
Δ "		0		0,1		1		0		0		

* Δ – погрешность, вычисляемая программным обеспечением тахеометра

Как видно из табл. 1, при хорошей конфигурации исходных и определяемого пунктов истинный результат получается во всех случаях. Если рассматривать решение отдельно по углам или расстояниям, то из линейной засечки получается решение с ошибками в пределах точности измерения расстояний ($m_s = 2$ мм), а из угловой засечки получается истинный результат.

Следующая часть опыта заключается в проверке качества засечки от двух исходных пунктов при нахождении определяемого в створе с исходными.

Для этого координаты места установки прибора были определены комбинированной засечкой (по измеренным углам и расстояниям) от трех исходных точек на зданиях (t_1 , t_2 , t_3). Результат засечки: $X=499,9743$, $Y=199,9781$, $H=2,0398$. Как было показано выше, при линейно-угловой засечке от трех пунктов с хорошей конфигурацией и при небольших расстояниях (четкие изображения марок) координаты получаются верными.

Затем на расстоянии 50 м от прибора были забиты колья со светоотражающими пластинами (рис. 2, точки k_1 и k_2), таким образом, чтобы прибор оказался примерно в створе двух колышков. Тремя приемами отражательные пластины на кольях k_1 и k_2 были закоординированы.

Далее, не меняя положение прибора, определялись координаты станции методом комбинированной засечки от точек $k1$ и $k2$ сначала при КЛ, потом при КП, а также два раза при двух положениях вертикального круга. Результаты засечек сравнивались с координатами, полученными при засечке от трех пунктов на зданиях ($t1$, $t2$, $t3$). Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты обратной комбинированной засечки от двух пунктов ($k1$ и $k2$)

	КЛ	Δ , мм	КП	Δ , мм	КЛ и КП 1	Δ , мм	КЛ и КП 2	Δ , мм	исходные
X	499,9742	0,3	499,9740	0,4	499,9737	0,4	499,9742	0,6	499,9743
У	199,9785	0,3	199,9779	0,4	199,9782	0,4	199,9779	0,6	199,9781
Н	2,0444	0,4	2,0354	0,2	2,0402	0,5	2,0400	0,4	2,0398

Из таблицы следует, что если при засечке находиться практически в створе между двумя исходными пунктами, на равном удалении от каждого, прибором вычисляются координаты точки стояния с ошибкой практически не более 0,5 мм. Если у используемого тахеометра давно проводились полевые поверки, то целесообразно выполнять измерения при двух кругах. В нашем случае верная высота станции определяется только при визировании на цели при КП и КЛ.

Во второй день эксперимента была произведена засечка от трех исходных пунктов ($t1$, $t2$, $t3$). Были еще раз получены координаты отражательных пластин на кольешках ($k1$ и $k2$), а также были забиты и закоординированы еще два кольешка (рис. 2, точки $k3$ и $k4$). Кольешек $k3$ в створе кольешек $k1$ и $k2$ (в 11 метрах от $k2$), а кольешек $k4$ не в створе (в 13 метрах от $k2$). Эти координаты в дальнейшем приняты за истинные.

Вновь полученные координаты кольешек $k1$ и $k2$ отличаются от полученных в первый день по оси $У$ на 2 мм. То есть при засечке от трех пунктов координаты могут быть получены достоверно, однако может произойти разворот (ошибка в ориентировке прибора). В конкретном случае ордината точки $k1$ увеличилась на 3,1 мм, а точки $k2$ уменьшилась на 2,2 мм. Для данных расстояний (48,5м) это соответствует развороту в 11".



Рис. 3. Отражательная пластина на кольешке ($k3$, $k4$)

Следующая часть опыта выполнена, чтобы оценить результаты обратной засечки от двух исходных пунктов, если определяемый пункт находится вблизи от одного из исходных.

После определения координат новых точек (колышки $k3$ и $k4$) прибор центрировался над каждой из них и производилась засечка от пластин на кольях $k1$ и $k2$ (использовались координаты $k1$ и $k2$, полученные в последний день). Результаты засечки представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Результаты обратной засечки точки $k3$ от двух пунктов ($k1$ и $k2$)

	В створе от кольев	Δ , мм	после доп. центр	Δ , мм	Истинные
X	537,0805	1,5	537,0808	1,2	537,0795
У	200,6392	1,5	200,6398	1,2	200,6387
Н	1,9438	0,5	1,9438	0,4	
Ошибка угл."		0		0	
Контроль на т1	561,7252		561,7257		561,7268
	206,2786		206,2789		206,2793
	2,5895		2,5874		2,5892
контр. засеч. от т1 и т3	537,0813	1,4	537,0809	1,3	
	200,6400	1,4	200,6405	1,3	
	1,9442	0,6	1,9437	0,5	
		1"		1"	

Таблица 4

Результаты обратной засечки точки $k4$ от двух пунктов ($k1$ и $k2$)

	Не в створе	Δ	после доп. центр	Δ	Истин.	Засеч. т1, т3, к1,к2	Δ
X	536,9396	0,7	536,9401	1,5	536,9376	536,9402	0,9
У	195,4063	0,7	195,4060	1,5	195,4053	195,4065	0,9
Н	1,9386	0,3	1,9383	0,5		1,9384	0,3
Δ "		0		1			1
Контр. на т1	X	561,7259	561,7260		561,7268		
	У	206,2786	206,2785		206,2793		
	Н	2,5870	2,5873		2,5892		
От т1 и т3	X	536,9401	0,8				
		195,4068	0,8				
		1,9383	0,6 1"				

Из табл. 3 следует, что при засечке от двух исходных пунктов, при нахождении в их створе (неподалеку от одного из исходных), отличия координат от принятых за истинные получаются не более 1,5 мм и частично включают ошибки измерений и центрировки.

Из табл. 4 следует, что при засечке от двух исходных пунктов, находясь вблизи от одного из них (угол засечки $\sim 153^\circ$), координаты отличаются от принятых за исходные на величину не более 2 мм. Также видно, что координаты кольшка $k4$, полученные из разных вариантов засечки, практически не отличаются друг от друга, а отличие контрольных измерений на $t1$ от исходных находится в пределах 1 мм.

Выводы:

1. При засечке на малых расстояниях (до 70 м) и расположении определяемого пункта внутри круга, образованного тремя исходными пунктами (приблизительно равноудалено от них), результаты обратной линейно-угловой засечки получаются верными (ошибки не более 1 мм), при условии, что ошибки взаимного положения исходных пунктов минимальны.

2. При линейно-угловой засечке пункта, равноудаленного от двух исходных, результаты засечки получаются верными, однако при этом следует избегать острых углов засечки (менее 30°).

Результаты расчетов для этого вида засечки, выполненные для углов от 10° до 170° , показали, что чем ближе определяемый пункт находится к створу между исходными пунктами, тем выше точность определения его положения [1].

3. Во всех случаях необходимо учитывать факторы, которые могут вызвать увеличение ошибки засечки:

- ошибки исходных данных,
- ошибки из-за влияния внешних условий,
- ошибки из-за наклона вехи (при использовании исходных точек, закрепленных на горизонтальной поверхности, например на верхнем торце железобетонного забора),

- ошибки, связанные со значительным отличием угла между поверхностью отражательной пластины и визирным лучом от 90° . Так, погрешность измерения электронным тахеометром расстояний в безотражательном режиме зависит от угла падения лазерного луча на отражающую поверхность. Для наиболее распространенных строительных материалов указанная погрешность не превышает заявленной точности измерения расстояний при угле падения от 0° до 40° [2].

4. Даже при точном определении координат пункта из засечки, может иметь место нарушение ориентировки прибора, а связанные с этим ошибки при производстве работ будут увеличиваться с расстоянием. Поэтому при выполнении наиболее ответственных измерений необходимо производить засечку не менее чем от трех исходных пунктов и производить работы в пределах окружности, образованной исходными пунктами.

В целом ошибки положения определяемого пункта минимальны, когда он находится вблизи треугольника образованного исходными пунктами или внутри него [1].

5. В опыте, ошибки засечки от двух исходных пунктов больше, при нахождении определяемого пункта вблизи от одного из исходных, однако и они не превышают значений 1,5 – 2 мм.

При этом результаты опыта отражают конкретные условия и конфигурацию исходных и определяемого пунктов и не могут служить основанием для формулировки вывода о возможности производства всех видов работ от двух исходных пунктов, тем более, что в эксперименте ошибки исходных данных были сведены к минимуму.

6. При использовании локальной геодезической основы в сооружении с возведенными стенам и крышей, исключается фактор воздействия внешней среды на измерения. Это позволяет несколько повысить точность геодезических работ на этапе строительства и монтажа оборудования, в период, когда не работают производственные механизмы (генераторы, дробильные мельницы и т.д.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лукин А.С., Портнов А.М.* Геодезические засечки и их точность при производстве кадастровых работ // Вестник СГГА. – 2011. – №16-3. – С. 53–59.

2. *Назаров И.А.* Исследование влияния угла падения лазерного луча и отражающих свойств поверхности на точность измерения расстояний безотражательным электронным тахеометром // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2011. Вып. 2(16). URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&artidno=548>

3. Некоторые методы производства инженерно-геодезических работ [Электронный ресурс]. URL: <http://cnb.by/content/view/1561/30/lang,ru/>

© А.В. Никонов, 2013

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Ольга Владимировна Ковалева

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191, доцент кафедры «Инженерная геодезия», тел. (383)328-04-37, e-mail: kmn@stu.ru

В статье рассмотрены вопросы применения ГИС-технологий в процессе эксплуатации и при ремонтах пути.

Ключевые слова: геометрические параметры, железная дорога, план, профиль, автоматизированные комплексы, ГИС-технологии.

APPLICATION OF GIS-TECHNOLOGIES FOR RAILWAY POSITION AND LOCATION AND GEOMETRICS

Olga Vl. Kovalyova

Siberian State University of Railway Engineering, 630049, Russia, Novosibirsk, 191 D. Kovalchouk St., associate professor, department of engineering geodesy, tel. (383)328-04-37, e-mail: kmn@stu.ru

The subject matter of the article relates to the application of GIS-technologies for track maintenance and repair.

Key words: location and geometrics, railway, plan, cross-section, automation technology, GIS-technologies.

Железнодорожный путь – это объект, имеющий не только пространственное положение, но и регламентированные геометрические параметры. При этом геометрические параметры неразрывно связаны, включая план, продольный и поперечный профили. Увеличение скоростей движения, влечет за собой необходимость повышения требований к геометрическим параметрам и соответственно к содержанию пути, выявлению отступлений и их устранению, применению современных методов получения информации и измерительных средств. Отклонение пути по любому из геометрических параметров содержания ведет к нарушению плавности хода подвижного состава, что влияет на безопасность движения, увеличению динамики расстройств пути и износа элементов верхнего строения пути.

Для обеспечения безопасности движения поездов существуют нормативные документы, регламентирующие отклонение параметров от проектных значений или показателей заложенных в ГОСТ или СНиП. В соответствии с существующими на железных дорогах России стандартами регулярно выполняется контроль отклонения параметров от регламентируемых нормативными документами. Методы и средства диагностики дорог разнообразны и применяются в зависимости от вида и назначения диагностики. Средства измерений делятся на

следующие типы: вагоны-путеизмерители; путеизмерительные тележки; специализированные измерительные средства (шаблоны); геодезические приборы и инструменты. Методы определения геометрических параметров можно разделить на: хордовый; динамический; комбинированный; координатный.

В основном в РФ используют вагоны-путеизмерители различного типа и портативные средства контроля, с высокой периодичностью и строгой регламентацией. Принцип работы путеизмерителей основан на относительных измерениях стрел изгиба на заданной базе (хорде). А для качественного прогноза по дальнейшему развитию отступлений необходимо видеть динамику изменения диагностируемых параметров, соответственно должно быть обеспечено единство измерений во всех проходах вагона. Обеспечить единство измерений можно путем создание специальной реперной сети, что требует больших затрат, и требуется постоянный контроль за положением точек реперной сети [1, 2, 3].

Пространственное положение элементов дорог и геометрических параметров, включая определение длинных неровностей в вертикальной и горизонтальной плоскости («завадин», «лощин»), с высокой точностью может быть определено только геодезическими методами с применением ГИС-технологий [4]. Основой данной технологии является координирование объектов (создание цифровых моделей пути), например, с использованием электронных тахеометров или радионавигационных спутниковых систем глобального позиционирования ГНСС (ГЛОНАСС, GPS). ГНСС позволяют автоматизировать процесс съемки и обработки, сократить некоторые этапы работ, например, этап разбивочных работ, снизить влияние человеческого фактора на результаты наблюдений, повысить скорость выполнения работ.

При выполнении съемочных работ на железной дороге необходимо учитывать, что требования к точности определения геометрических параметров элементов пути (взаимное положение) намного выше требований, по определению пространственного положения этих параметров.

Преимуществом координатных методов является то, что геодезические координаты определяют пространственное положение объекта и могут быть преобразованы из одной системы координат в другую. Координатные методы оценки состояния дорог могут быть использованы для любых расчетов определяющих взаимное положение элементов железнодорожного пути и их положение относительно пространственной системы координат.

ГИС-технологии позволяют значительно расширить диапазон исследований и функциональные возможности измерительных средств используемых при эксплуатации железных дорог, определять координатное положение любой точки, что обеспечивает единство измерений, отображать ее в любой момент времени, получать динамику изменения параметров, выполнять мониторинг, проводить натурные проверки и комплексное автоматизированное проектирование.

Также координатное определение положения пути позволяет регламентировать максимальные руководящие уклоны и минимальные радиусы, получать координаты ИССО и зданий, проводить предпроектные обследования, обеспечивать точность отвода земель под полосу отчуждения.

Для обеспечения ГИС, на железной дороге необходимо проведение комплекса различных операций, начиная от сбора данных при выполнении проектно-изыскательских работ и заканчивая выправкой пути. ГИС объединяет все эти операции в общую технологическую цепочку.

Особенно актуально создание автоматизированной комплексной системы и разработка методик позволяющих в комплексе вести сбор, обработку и выдачу результатов по максимально возможному числу параметров при применении систем автоматизированного управления (САУ) строительной техникой, паспортизации и натурных проверках плана и продольного профиля. Для каждого вида работ есть специфика их выполнения.

Прежде всего, необходимо создать геодезическую основу проводимой съемки, в зависимости от характеристик объекта, линейный или площадной, выбрать способ создания и прибор для его реализации.

Паспортизацию железных дорог предпочтительно вести с движущегося транспортного средства спутниковыми приемниками позиционирования в режиме кинематики в реальном времени, поскольку высокой точности проведения работ не требуется, а объемы работ, как правило, значительны.

Землеустроительные и кадастровые работы на открытой местности небольшого участка предпочтительнее вести тахеометром, если же местность пересеченная, то наиболее актуально использовать спутниковые приемники позиционирования.

Съемку железнодорожных станций и пути при выполнении натурных проверок плана и продольного профиля удобнее проводить не спутниковыми приборами или тахеометрами, а аппаратным комплексом АПК «Профиль» (рис. 1), структурная схема АПК приведена на (рис. 2) [5]. Съемку выполняют по разработанной технологической схеме (рис. 3).



Рис. 1. АПК «Профиль»

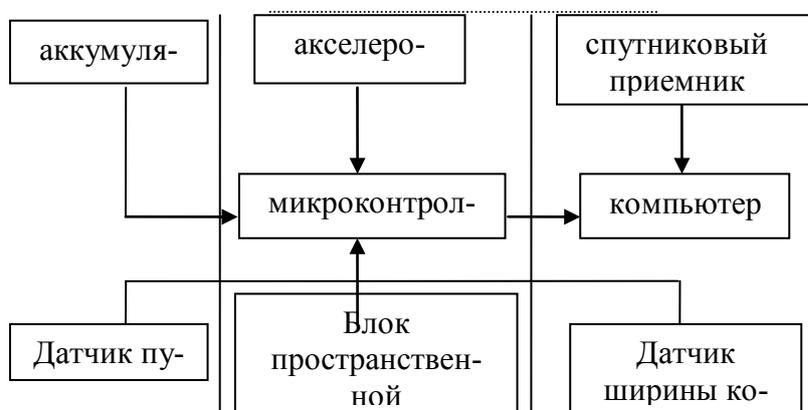


Рис. 2. Структурная схема аппаратуры для определения пространственного положения объектов и геометрических параметров дорог

АПК «Профиль» обеспечивает максимальную автоматизацию сбора данных за счет использования спутниковой аппаратуры геодезического класса точности комплексированной с инерционной системой, что позволяет определять координаты пути с приемлемой ($\pm 3\text{см}$) точностью, а геометрические параметры на базе 5-40м с миллиметровой точностью, путеизмерительной тележкой и обрабатывать полученную информацию в программах, таких как Trimble Geomatic Office, ArcView и «Профиль-2» [6].

Такое устройство способно не только надежно фиксировать положение антенны спутникового приемника на оси пути, но и фиксировать другие данные (ширину колеи, уровень, углы наклона ходовой тележки). За один проход можно собрать полную информацию о железнодорожном пути (табл. 1) с надлежащей точностью регламентированной инструкциями ЦПТ 54/26 и ЦПТ 54/27 и подготовить отчетные формы.

Высокие технические характеристики АПК «Профиль» получены за счет комплексирования гироскопической системы определения координат и ГНСС.

Обработка файлов данных производится в специализированных программных продуктах, либо в системах для работы с пространственными данными, таких как настольные картографические системы, системы САПР (CAD), системы управления базами данных (СУБД или DBMS).



Рис. 3. Технологическая схема для съемки железнодорожных станций

Таблица 1

Выходные данные АПК «Профиль» для формирования плана, профиля и ведомости геометрических параметров рельсовой колеи

Путь, м	X, м	У, м	Н, м	Время, с	Уровень, мм	Рихтовка пр, мм	Рихтовка лев, мм	Швблон, мм	Просв
23.0	6113677.654	14630445.336	250.897	561.455	-29.14	9.53	5.63	1519.88	
23.5	6113677.582	14630445.183	250.896	561.473	-30.45	8.82	5.28	1519.80	
24.0	6113677.509	14630445.031	250.894	561.491	-31.63	8.55	7.61	1520.60	
24.5	6113677.437	14630444.879	250.893	561.509	-32.26	9.19	10.59	1521.49	
25.0	6113677.365	14630444.727	250.892	561.527	-32.79	10.00	11.40	1521.88	
25.5	6113677.292	14630444.575	250.891	561.545	-33.09	10.83	12.55	1522.38	
26.0	6113677.220	14630444.423	250.890	561.564	-33.79	11.94	14.85	1522.40	

Уровень автоматизации играет важную роль в процессе получения исходных данных, поскольку именно от технологии сбора данных зависит способ их обработки. Обработка представляет собой получение на основе координат точек цифровой модели пути, рельефа и других объектов. Цифровую модель пути сглаживают и сплайнируют по определенным алгоритмам, в соответствии с требуемой точностью. Желательно, чтобы работа проводилась одновременно с планом, профилем и поперечником для повышения качества составления профилей, после чего выполняют отрисовку чертежей натурной проверки плана и продольного профиля (рис. 4).

Процесс съемки, расчета и составления профилей, планов станций, а также получения карточки (паспорта) кривой автоматизирован на всех этапах. Полностью исключаются разбивочные работы, минимизируется влияние человеческого фактора. Сокращаются затраты и повышается качество работ.

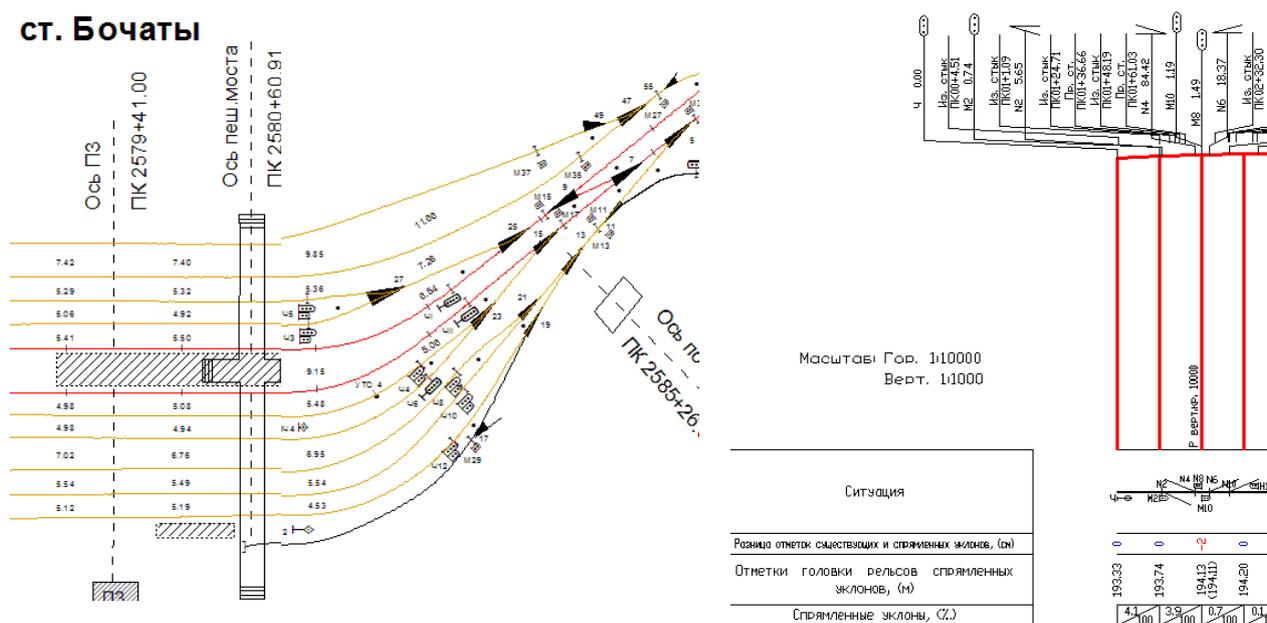


Рис. 4. Фрагменты масштабного плана станции и продольного профиля

Одним из перспективных направлений при эксплуатационной работе является мониторинг рельсовой колеи по геометрическим параметрам. Высокая точность, детализация и единство измерений выполненных в разное время путеизмерителем, оснащенным ГНСС позволяет вести мониторинг (рис. 5), сопоставляя данные разных проходов, давать точные оценки по содержанию пути и выполнять комплексное проектирование новой или реконструкцию существующей дороги как единого пространственного объекта.

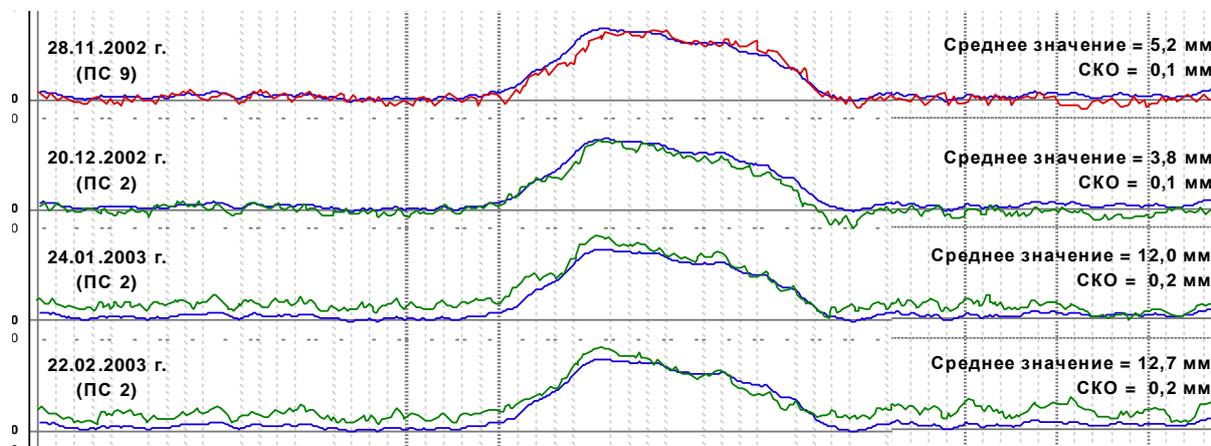


Рис. 5. Результаты мониторинга геометрических параметров рельсовой колеи по параметру уровень

Используя ГИС-технологии можно рассчитывать параметры выправки пути (рихтовки) и текущего ремонта. Высокий уровень технологичности при использовании координат (цифровых моделей пути) позволяет передавать проектные данные в системы автоматизированного управления (САУ) на путеремонтные машины (электробалластер, ВПР, РМ и др.) для проведения ремонтов и реконструкции железнодорожного пути [7].

САУ путевой машины при выправке пути за один проход в режиме реального времени определяет координаты оси измерительной тележки, сравнивает значения координат оси пути с проектными координатами, рассчитывает отклонения и выдает управляющий сигнал на подъемно-рихтовочное устройство (ПРУ), производящее постановку пути в проектной положение. Проектные координаты (цифровая модель) могут быть получены АПК «Профиль» или другими приборами, при этом полученные координаты должны быть трансформированы в систему координат проекта и соответственно измерительного комплекса выправочной машины.

ГИС-технологии позволяют обеспечить единство измерений, проводить не только обработку материалов изысканий и исполнительных съемок, но и комплексное автоматизированное проектирование, включая вынос проекта в натуру, при этом значительно повышается производительность труда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольдман, В.И. Специальная реперная система / В.И. Гольдман, Л.А. Сакович, И.Н. Ефремов // Путь и путевое хозяйство. – 2001. - №6. – С.12-16.
2. Ковалева, О.В. Использование GPS геодезической точности для определения деформаций основания // Сб. науч. тр.: Инженерная геодезия и межпредметная интеграция в техническом вузе / Новосибирск, СГУПС. – 2004. - С.36-41.
3. Резницкий Ф.Е., Ерохина Е.Ю., Аббаров Р.Г. О создании реперной системы на железных дорогах // Транспортное строительство. – 2001. - №12. – С.22-24.
4. Левин Б.А., Круглов В.М., Матвеев С.И., Плешков В.Г. Особенности ГИС железнодорожного транспорта // Сб. науч. тр., Вып. 930: Геоинформационные технологии и спутниковые радионавигационные системы на железнодорожном транспорте. М.: МИИТ, 2002. С. 5-8.
5. Щербаков В.В., Ковалева О.В. Спутниковые технологии на съемке рельсовой колеи // Транспортное строительство. – 2006. – № 10. – С. 16–18.
6. Щербаков В.В., Ковалева О.В. Координатный способ определения геометрических параметров железных дорог // Геодезия и картография. – 2007. – № 9. – С. 16–18.
7. Верескун В.Д., Воробьев В.С., Щербаков В.В. Оценка надежности системы управления выправкой пути на базе глобальных навигационных спутниковых систем. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2009. №4. С.53-56.

© О.В. Ковалева, 2013

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РАЗБИВКИ КРУГОВЫХ РЕЛЬСОВ

Валерий Геннадьевич Сальников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-913-932-62-20, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

При строительстве прецизионных сооружений и для возведения конструктивных особенностей применяют башенные краны на рельсовом ходу. В связи с этим, возникает необходимость в геодезическом сопровождении укладки рельсовых путей. Для этого необходимо совершенствование существующей технологии производства геодезических измерений. В данной статье разработаны, и внедрены в производство, три способа разбивки круговых рельсов под обслуживание башенного крана на строительстве башенных градирен на Няганской ГРЭС.

Ключевые слова: рельсы, башенная градирня, электронный тахеометр, точность.

MANUFACTURING SCHEME FOR CIRCULAR RAILS LAYOUT

Valery G. Salnikov

post-graduate student, Department of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., tel. 8-913-932-62-20, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

For constructing precision structures and those with constructive features the tower rail cranes are used. Geodetic surveying is necessary for railing. Thus the existing geodetic measurements techniques should be improved. Three ways of circular rails layout for the tower crane at Nyagan hydroelectric power plant (water-cooling towers construction) have been developed by the author and introduced into production.

Key words: rails, water-cooling tower, total station, accuracy.

В современном строительстве незаменимую роль отводят подъемным механизмам. При любом строительстве зданий и сооружений необходимо доставить габаритные и тяжелые элементы на необходимую высоту с целью монтажа целостности конструкции. Для выполнения этих целей в строительной практике применяют краны различного вида, форм и конструкций. При возведении градирен используется башенный кран на рельсовом ходу, рельсы которого располагаются вокруг самого сооружения. Поэтому с целью обеспечения правильной работы крана необходимо прокладывать рельсы с требуемой точностью. Для обеспечения надежности и безопасности работы кругового крана нами предложено и применено в производстве три способа разбивки кругового рельса.

1. Откладывания расстояния из центра градирни. Данный способ очень удобен при начальном этапе строительства градирни, когда выполняются работы по устройству бетонного основания тела фундаментной плиты. При этом

видимость открыта во всех направлениях, так как стены водосборного бассейна пока нет.

На ровное земляное полотно, выполненное по установленным правилам (с водоотводом, небольшим поперечным уклоном в сторону сооружения, тщательно утрамбованное), укладывают хорошо утрамбованный балластный слой из щебня или гравия, а на него - шпалы и рельсы.

Высоту укладки балластного слоя определяю с помощью нивелира, для этого прокладывают нивелирный ход 4 класса нивелирования от существующих реперов на строительной площадке. Определяют высоту и сравнивают ее с проектной. Расхождение значений не должно превышать ± 20 мм.

В качестве балластного слоя применяют также песок, гранулированный металлургический шлак. Шпалы для устройства подкрановых путей применяют деревянные и железобетонные. Рельсы укладывают на плоских подкладках и крепят к шпалам с помощью шурупов, костылей и болтов. Стыкуют рельсы между собой по длине, используя стандартные накладки. Стыки располагают между шпалами, заранее смонтированные звенья, значительно облегчает и ускоряет работы по укладке крановых путей.

Для укладки рельс тахеометр устанавливается в центр будущей градирни, центрируется и приводится в рабочее положение, затем ориентируется по направлению главной оси 1, откладывается проектное расстояние и определяется предварительное место закрепления внутренней оси кругового рельса. Потом забивается арматура, и вновь откладывается проектное расстояние для более точного определения места внутренней оси рельсового пути. Производят кернение на головке арматуры.

Дальше по горизонтальному кругу тахеометра, откладывается угол равный 6° , для удобства направление по оси 1 задается нулевым $00^{\circ}00'00''$, и вынос границы повторяется и так до полного оборота вокруг градирни. Параллельно выполняется вынос и разбивка внешней оси рельсового пути, измерение схожи только расстояние будет другим.

Из рис. 1 видно, что градирня поделена на 20 осей [3], с межосевым интервалом 18° . Радиус внутренней оси крановых путей равен 46.000 мм, а внешний равен 59.500 мм. Расстояние между осями 13.500 мм. Для хода крана необходимо под каждую его опору, установить пути, состоящие из двух пар парных рельс.

После этого с помощью эталонированной рулетки от внутренней до внешней осей проверяется полученное расстояние. Если вынос осей выполнен правильно, то приступают к укладке самих рельс. Если нет, то повторяют предыдущие действия.

Установка рельсового пути по внутренней оси. В этом способе от внутренней оси по направлению к внешней оси рельса откладывается расстояние равное половине ширины рельсового пути. Затем с помощью домкратов выполняется продвиг рельса до тех пор, пока центр рельса не займет проектное расстояние [2]. Центр рельса намечают маркером. Таким образом, устанавливается правый рельс внутренней оси кранового пути. Левый рельс устанавливается пу-

тем отложения расстояния по створу от правой рельсы к внутренней оси кранового пути.

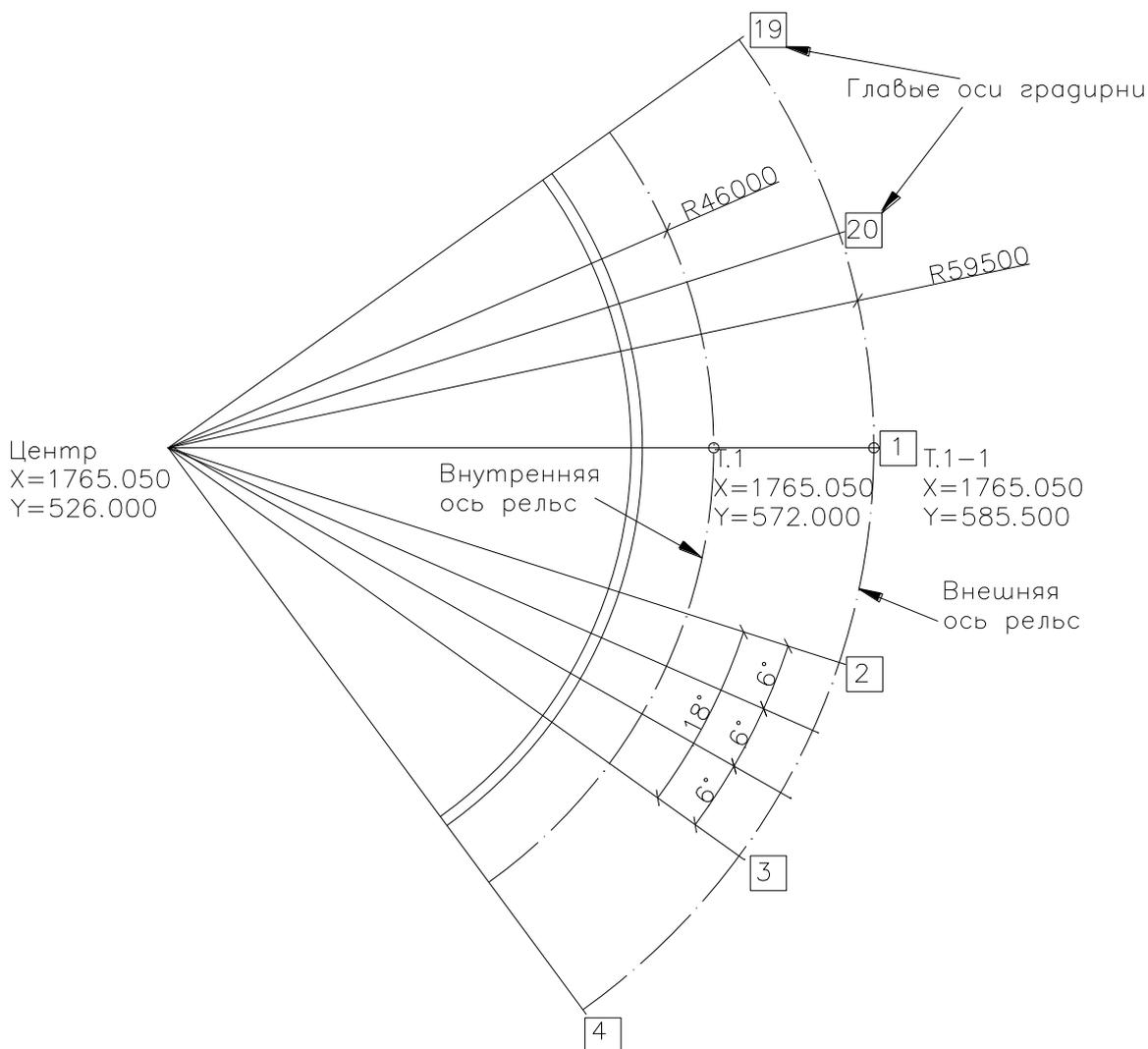


Рис. 1. Внешняя и внутренняя оси подкрановых путей

Установка рельсового пути по внешней оси. Для этого от внешней оси по направлению к внутренней оси откладывается расстояние, равное половине ширины рельсового пути. Затем с помощью домкратов происходит продвиг рельса до тех пор, пока его центр не займет проектное расстояние. Таким образом, устанавливается левый рельс внутренней оси кранового пути. Правый рельс устанавливается путем отложения расстояния по створу от левой рельсы к внешней оси кранового пути.

Высота самих рельс проверяется постоянно от рабочих реперов с помощью нивелира и сравнивается с проектной отметкой. Разница не должна превышать допусков, установленных в нормативной литературе [1], от -3мм до +6 мм. На рис. 2 показано общее положение подкрановых путей и установленный башенный кран.



Рис. 2. Общий вид подкрановых путей

2. *Координатный способ.* Он реализуется из центра градирни. Для этого предварительно проектные чертежи по подкрановым рельсам разрабатывают в программном продукте AutoCAD в единой координатной системе строительства градирни. Далее определяются характерные точки пересечения главных осей градирни с внутренней и внешней осями подкрановых рельсов. На рисунке 1 изображены указанные точки Т.1 и Т.1-1 с известными плановыми координатами. Затем на каждом пересечении, записываются проектные координаты этих точек, для дальнейшего выноса в натуру.

После этого тахеометр центрируется в центре строящейся градирни, ориентируется минимум на три пункта геодезической основы с известными координатами, с помощью обратного-угловой засечки определяется координаты рабочей станции и сравниваются с координатами центра градирни; разность не должна превышать $\pm 1-2$ мм по X и Y. Затем с помощью мини призмы производится вынос Т.1 и Т.1-1, их закрепление и кернение на арматуре. Для более детальной разбивки вынос характерных точек следует производить через b^0 .

Установка рельсового пути на внутренней оси происходит путем выноса координат левой и правой нитки рельсов. Предварительно из проектного чертежа выбираются координаты центров этих рельс на каждой оси градирни, и с помощью домкратов происходит надвиг каждой рельсы до совпадения центра рельсы и ее проектной координатой. Таким же образом происходит установка рельс на внешней оси.

Высота самих рельс проверяется постоянно от рабочих реперов с помощью нивелира и сравнивается с проектной.

3. *Способ свободной станции.* Часто при ходе строительства градирен ее центр бывает не доступен для установки тахеометра. В таком случае выполнять работы можно с любого места, как и внутри водосборного бассейна, так и за его пределами – в частности снаружи градирни. Для этого тахеометр устанавливается на минимальном расстоянии от проектного положения сооружаемых крановых путей, ориентируется минимум на три пункта геодезической основы с известными координатами и с помощью обратно-угловой засечки определяется координаты рабочей станции. При этом невязка в плановом положении не должна превышать ± 2 мм, и в угловом положении не больше $2''-5''$.

Далее порядок выноса кругового рельса повторяется, так же как и в координатном способе из центра градирни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

4. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции – М.: Госстрой СССР, 1987. – 90 с.
5. Пособие по проектированию градирен – М.: ВНИИ ВОДГЕО Госстрой СССР, 1984. – 133 с.
6. Сальников В.Г. Геодезические работы при возведении градирен большой высоты // СГГА, Новосибирск, Т.1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия Ч.1: сб. матер. VIII Междунар. научн. конгресс «ГЕО-Сибирь-2012» Т.1.Ч.1.С.72-76.

© В.Г. Сальников, 2013

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CREDO_DAT MOBILE ПРИ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТАХ

Денис Борисович Новоселов

ООО «Сибшахтостройпроект», 654027, Россия, г. Новокузнецк, пр. Курако, 19Б, главный специалист отдела инженерно-геодезических изысканий, тел. (3843)975-161(7), e-mail: moblic@mail.ru

Евгений Александрович Звягинцев

ООО «Сибшахтостройпроект», 654027, Россия, г. Новокузнецк, пр. Курако, 19Б, инженер-геодезист отдела инженерно-геодезических изысканий, тел. (3843)975-161(7), e-mail: Ezvyagintsev2012@gmail.com

В статье приведены результаты применения новой технологии при выполнении разбивки главных осей производственного цеха с помощью мобильных технологий. Одной из таких технологий является программа CREDO_DAT Mobile для устройств под управлением Android и Windows Mobile. Результаты уравнивания мобильной версии CREDO_DAT были сравнены с настольной версией CREDO_DAT 4.1.

Ключевые слова: мобильный ПК; главные оси; CREDO_DAT Mobile; обработка результатов.

CREDO_DAT MOBILE USE DURING MARKING WORKS

Denis B. Novoselov

LLC «Sibshahtostroyproekt», 654027, Russia, Novokuznetsk, av Kurako, 19b, the main specialist of the engineering-geodetic survey department, tel. (3843)975-161(7), e-mail: moblic@mail.ru

Evgeniy A. Zvyagintsev

LLC «Sibshahtostroyproekt», 654027, Russia, Novokuznetsk, av Kurako, 19b, geodesist of the engineering-geodetic survey department, tel. (3843)975-161(7), e-mail: Ezvyagintsev2012@gmail.com

The results of the new technology when the breakdown the main axes of of the production plant with the help of mobile technology. One such technology is CREDO_DAT Mobile software for devices running Android and Windows Mobile. Adjustment results CREDO_DAT mobile versions were compared with the desktop version CREDO_DAT 4.1.

Key words: mobile PC; the principal axes; CREDO_DAT Mobile; processing results.

Сегодня повсеместно внедряются современные технологии обработки геодезических данных, появляются различные программные продукты и геодезические инструменты, которые позволяют значительно сократить время выполнения работ на строительной площадке. Одной из таких технологий является программа CREDO_DAT Mobile для устройств под управлением Android и Windows Mobile. Мобильность – одна из особенностей нашего времени. А для геодезиста, изыскателя эта возможность, иметь «под рукой» софт для предварительной оценки результатов съемки прямо в электронном приборе или на компактном устройстве, важна вдвойне [1].

Новая технология использовалась нами при разбивке и контроле главных осей крупного производственного цеха. В процессе работ использовался электронный тахеометр SET 530R3-L, планшет Google Nexus 7 на ОС Android 4.2 и контроллер Trimble Recon с операционной системой Windows Mobile 5.0.

Исходными данными послужили пункты R11, R14, R16, которые были закреплены в процессе обновления планов на промышленной площадке.

На подготовительном этапе в программе CREDO_DAT Mobile (рис. 1) был создан проект с исходными реперами R11, R14 и R16 и проектными координатами углов цеха оцинковки. Проект был сохранен в памяти смартфона с расширением *.gdsm.

Непосредственно на объекте тахеометр устанавливается в удобном месте (T1) и с помощью линейно-угловой привязки к исходным реперам выполняется определение координат точки стояния. К сожалению, тахеометр Sokkia SET 530R3-L не имеет USB-порта и беспроводной связи Bluetooth, поэтому импорт в мобильную версию выполняется с использованием ноутбука. Если количество измерений невелико – вбивается вручную в программу CREDO_DAT Mobile. Основной плюс программы – то, что можно работать с любым инструментом, начиная с простого теодолита и заканчивая роботизированными высокоточными тахеометрами. Стоит отметить, что новые поколения тахеометров, где в качестве операционной системы используется Windows CE 5.0 и выше, имеют возможность установить программу CREDO_DAT Mobile непосредственно с тахеометра, что максимально удобно в полевых условиях.

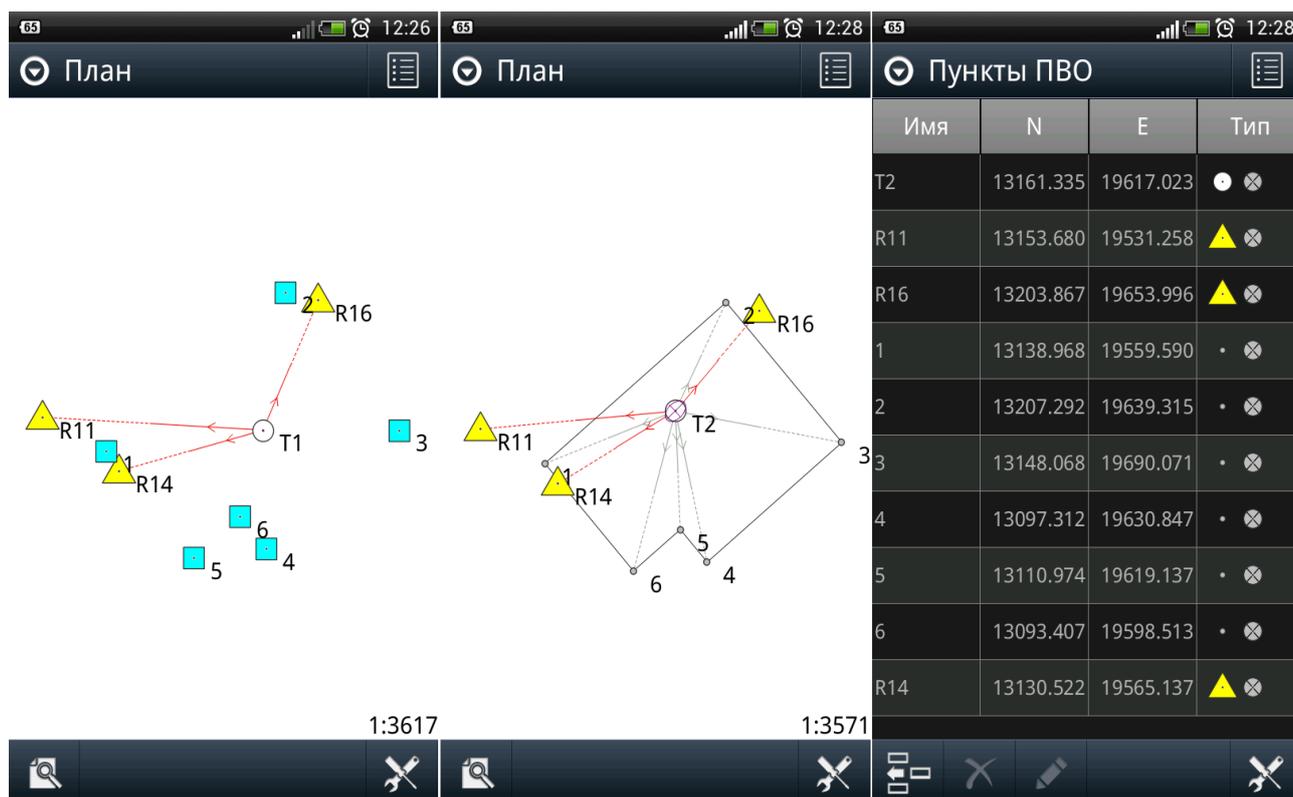


Рис. 1. Интерфейс работы программы CREDO_DAT Mobile на Android

Для выноса проектных точек углов цеха оцинкования были определены необходимые углы и расстояния на планшете Google Nexus 7 при помощи команды «ИГ расчеты - ОГЗ для 2х пунктов». Затем был вычислен левый горизонтальный угол относительно T1-R11. Следует отметить, что в CREDO_DAT Mobile отсутствует команда «Расчет угла по 3 точкам», угол между двумя точками приходится рассчитывать путем вычитания дирекционных углов, что занимает больше времени и менее удобно в полевых условиях.

После того, как все необходимые данные получены, производится последовательно вынос в натуру углов производственного цеха. Углы цеха закрепляются на местности металлическими штырями. Данную работу может выполнить софт любого электронного тахеометра, но решение CREDO_DAT Mobile + любой тахеометр или теодолит даёт полную оценку точности и привычный контроль выполненных измерений.

После закрепления точек углов на местности был произведен контроль вынесенных точек. Для контроля прибор устанавливается на другую точку стояния и вновь выполняется линейно-угловая привязка к исходным пунктам. Затем производится последовательное координирование вынесенных углов цеха. При координировании вынесенных точек в файле тахеометра выполнялось кодирование линейно-тематического объекта «строящееся здание». Мобильная версия корректно понимает полевые коды и правильно нарисовала контур здания. На объекте при помощи Credo_DAT Mobile была проведена обработка полученных результатов для того, чтобы на месте убедиться, что разбивка выполнена верно, и отклонения в допуске. В таблице №1 приведены проектные и фактические координаты и их разность.

Таблица 1

Сравнение координат проектных и фактических координат вынесенных точек

№	Проектные координаты		Фактические координаты		ΔX	ΔY	M (абс)
	X	Y	X	Y			
1	13138,970	19559,600	13138,968	19559,591	0,002	0,009	0,009
2	13207,300	19639,320	13207,293	19639,316	0,007	0,004	0,008
3	13148,080	19690,080	13148,069	19690,071	0,011	0,009	0,014
4	13097,320	19630,860	13097,313	19630,847	0,007	0,013	0,015
5	13110,981	19619,150	13110,974	19619,138	0,007	0,012	0,014
6	13093,410	19598,510	13093,408	19598,514	0,002	-0,004	0,004

Отклонение фактических от проектных координат не превышает 2см.

При камеральной обработке был выполнено сравнение результатов уравнивания в настольной версии Credo_DAT 4,1 и в Credo_DAT Mobile для Android. Результаты вычислений на ОС Android и Windows Mobile совпадают, поэтому была выбрана только версия для Android [2]. Так как в мобильной версии отсутствует ведомость оценки положения пунктов, уравнивание производилась по двум исходным пунктам и для каждого случая сравнивалась линейная невяз-

ка. В табл. №2 приведены относительные линейные погрешности определения точки Т2 от исходных пунктов.

Таблица 2

Сравнение результатов уравнивания
в CREDO DAT Mobile и CREDO DAT 4.1

Исходные пункты	CREDO_DAT 4.1	CREDO_DAT Mobile
	Линейная невязка /Fs	
R11-R14	7998	8004
R16-R11	53825	53830
R16-R14	6431	6431

Область применения мобильной версии CREDO_DAT – геодезические задачи, которые необходимо решать в полевых условиях:

- расчет данных для выноса в натуру различных объектов;
- постоянное вычисление данных для рихтовки в плане и по высоте ж/д и крановых путей;
- выполнение полевого трассирования линейных объектов и множество различных геодезических вычислений, возникающих вне офиса.

Программа CREDO_DAT Mobile удобна, проста в использовании с понятным и доступным интерфейсом. Немаловажно, что мобильная версия CREDO_DAT не требует ключей аппаратной защиты и ограничение, которое она накладывает в 20 пунктов, незначительно для вычислений «в поле», и на сегодняшний день на рынке отсутствуют подобные программы для геодезистов, работающие на смартфонах и планшетах. Программа хорошо дополняет программный комплекс Credo, облегчает работы, связанные с геодезическим мониторингом строительства и эксплуатацией инженерных сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. CREDO_DAT Mobile: будьте мобильны! Интервью с Д.В. Чадовичем. «Автоматизированные технологии изысканий и проектирования», 2012, №1, с. 38-39.
2. Встречайте CREDO_DAT Mobile под Android. «Автоматизированные технологии изысканий и проектирования», 2012, №3, с. 27.

© Д.Б. Новоселов, Е.А. Звягинцев, 2013

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВЫСОКОТОЧНОГО ЦИФРОВОГО НИВЕЛИРА В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Денис Борисович Новоселов

ООО «Сибшахтостройпроект», 654027, Россия, г. Новокузнецк, пр. Курако, 19Б, главный специалист отдела инженерно-геодезических изысканий, тел. (3843)975-161(7), e-mail: moblic@mail.ru

Борис Антонович Новоселов

ООО «Сибшахтостройпроект», 654027, Россия, г. Новокузнецк, пр. Курако, 19Б, начальник отдела инженерно-геодезических изысканий, тел. (3843)975-161(7), e-mail: novoselov_ba@mail.ru

В статье приведены результаты исследования цифрового нивелира в условиях недостаточной освещенности. Исследования проводились в два этапа – в лабораторных условиях и на производстве. Выявлен предел освещенности рейки, при котором цифровой нивелир регистрирует измерения и зависимость освещенности от расстояния от нивелира до рейки. Построена трехмерная модель интерполяции освещенности в главном корпусе ОФ «Распадская».

Ключевые слова: наблюдение за деформациями; цифровой нивелир; предел освещенности; цифровая модель интерполяции освещенности.

RESEARCH OF PRECISION DIGITAL LEVELS IN LOW LIGHTING CONDITIONS

Denis B. Novoselov

LLC «Sibshahtostroyproekt», 654027, Russia, Novokuznetsk, av Kurako, 19b, the main specialist of the engineering-geodetic survey department, tel. (3843)975-161(7), e-mail: moblic@mail.ru

Boris A. Novoselov

LLC «Sibshahtostroyproekt», 654027, Russia, Novokuznetsk, av Kurako, 19b, The head of the engineering-geodetic survey department, tel. (3843)975-161(7), e-mail: novoselov_ba@mail.ru

The results of research a digital level in low light conditions. Research was conducted in two stages - in the lab and in production. Detected illumination limit of the rail, which registers the digital level measurement and dependence on the distance from the light to the leveling rods. Three-dimensional model of illumination of interpolation in the main PA "Raspadskaya".

Key words: deformation observation; digital level; illumination limit; digital model of interpolation of illumination.

В статье [1] описана методика автоматизированного сбора и пространственно-временного анализа данных геодезического мониторинга главного корпуса обогатительной фабрики (ОФ) «Распадская». Полученные данные необходимы для повышения надежности оценки технического состояния рассматриваемого объекта и в дальнейшем будут служить для составления достоверного прогноза развития его осадок и деформаций в целях предупреждения, своевременного выявления и прекращения их опасного развития.



Рис. 2. Цифровой люксметр testo 545 и инварная кодовая рейка

Дальнейшая работа заключена в исследовании работы цифрового нивелира Trimble DiNi 12 в условиях недостаточной освещенности. Исследования проводились в 2 этапа. Первый этап проводился в лабораторных условиях – в темном помещении в мае 2012 года. Второй этап проводился непосредственно в главном цеху ОФ «Распадская», при выполнении 18-го цикла наблюдений в июне 2012 года. Для определения освещенности использовался люксметр цифровой *testo 545* – высокоточный, надежный прибор, предназначенный для измерения освещенности на рабочих местах (рис. 1). Он может быстро измерить и распечатать значения освещенности. Точность измерений 1 Люкс, предел допускаемой основной относительной погрешности 8%. Прибор сертифицирован и имеет свидетельство о поверке до 15 сентября 2012 года, выданное ФГУ Ростест-Москва.

Принцип работы цифрового нивелира заключается в следующем – световые волны от штрихкодowego рисунка в узком пучке воздействуют на декодирующие датчики нивелира, ось пучка компенсатором прибора уже введена в плоскость горизонта. Декодирующее устройство расшифровывает превышение нивелира относительно рейки по соотношению поступивших в объектив световых воздействий от темных и светлых реечных полос. Процессор нивелира осуществляет счет измеренных превышений и их сумм с точностью порядка 0,01 мм, а также расстояние до реек и их неравенств на станции и по всему ходу. Электроникой прибора фиксируются с точностью порядка 10^{-3} расстояние до реек, процессор программно вводит поправки в высотные показания, устраняя кривизну уровневой поверхности, рефракцию, а главное – ошибки отклонения визирного луча от горизонта. При этом не нужен поиск равных плеч до реек [2].

Для выполнения измерения цифровому нивелиру Trimble DiNi требуется всего лишь 30-сантиметровый сегмент штрих-кодовой рейки – наименьшая величина по сравнению с другими производителями геодезических приборов. Малый участок измерения позволяет:

— сократить количество необходимых станций на 20%, поскольку закрывающая рейку растительность или сильно пересеченная местность оказывают меньшее влияние на нивелирование с Trimble DiNi;

— выполнять нивелирование в условиях недостаточной освещенности, поскольку потребуется подсвечивать лишь небольшую часть рейки;

— обеспечить более высокую точность в результате снижения влияния земной рефракции.

На первом этапе прибор исследовался в темном помещении (рис. 2), освещенность в помещении колебалась от 2 до 5 люкс. Инварная кодовая рейка была жестко закреплена и всегда находилась в неподвижном состоянии. Цифровой нивелир Trimble DiNi 12 устанавливался в 5, 10, 15 и 20 метрах от рейки. При каждом положении прибора брались отчеты по рейке при трех значениях освещенности 50, 25 и 15 люкс. Рейка подсвечивалась фонарем с двумя лампами дневного света. При каждом освещении производилось избыточное количество измерений и определялся предел освещенности. Предел освещенности – минимальное значение освещенности рейки искусственным источником света, при котором цифровой нивелир регистрирует измерения.

По результатам измерений вычислены средние квадратические погрешности измерения превышений. Значения средних квадратических погрешностей в мм, полученных при работе цифрового нивелира Trimble DiNi 12, приведены в табл. 1.

Таблица 1

СКП измерения превышений (мм)

Освещенность, люкс	Расстояние от нивелира до рейки, м			
	5	10	15	20
50	0,04	0,02	0,03	0,06
25	0,08	0,02	0,04	0,09
15	0,12	0,04	0,05	0,19

Из таблицы видно, что с уменьшением освещенности растет СКП измерений. Расстояние незначительно влияет на СКП. По этим данным можно сделать вывод, что при нормальной работе цифрового нивелира в производственном цехе достаточна освещенность больше 20 люкс.

При определении порога освещенности работы цифрового нивелира была выявлена интересная тенденция. С увеличением расстояния между цифровым нивелиром и рейкой требуется меньше освещать рейку, чтобы прибор регистрировал отчет. Это обусловлено тем, что при большем расстоянии прибор считывает коды с большого участка на штрих-кодовой рейке. На рисунке №3 представлен график зависимости предела освещенности от расстояния.

При выполнении исследований в лабораторных условиях была замечена еще одна интересная особенность – чем выше освещенность цифрового нивелира, тем меньше значение порога освещенности. При выполнении исследований, представленных в табл. 1 и рис. 2, освещение прибора было постоянным.

Второй этап исследований проводился на производстве. Во время выполнения 18 цикла наблюдений за деформациями главного корпуса ОФ «Распадской» выполнялись измерения освещенности на каждой марке в месте, где цифровой нивелир берет отчет. Для определения освещенности также исполь-

звался цифровой люксметр testo 545. В темных местах главного корпуса ОФ «Распадская» определялись значения предела освещённости.

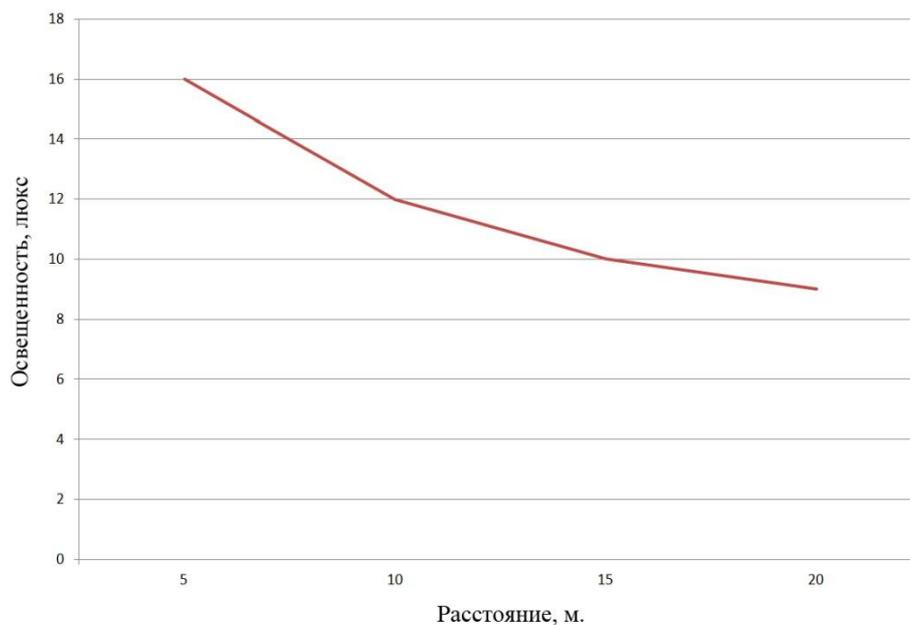


Рис. 3. Предел освещенности, при котором работает цифровой нивелир при разных расстояниях

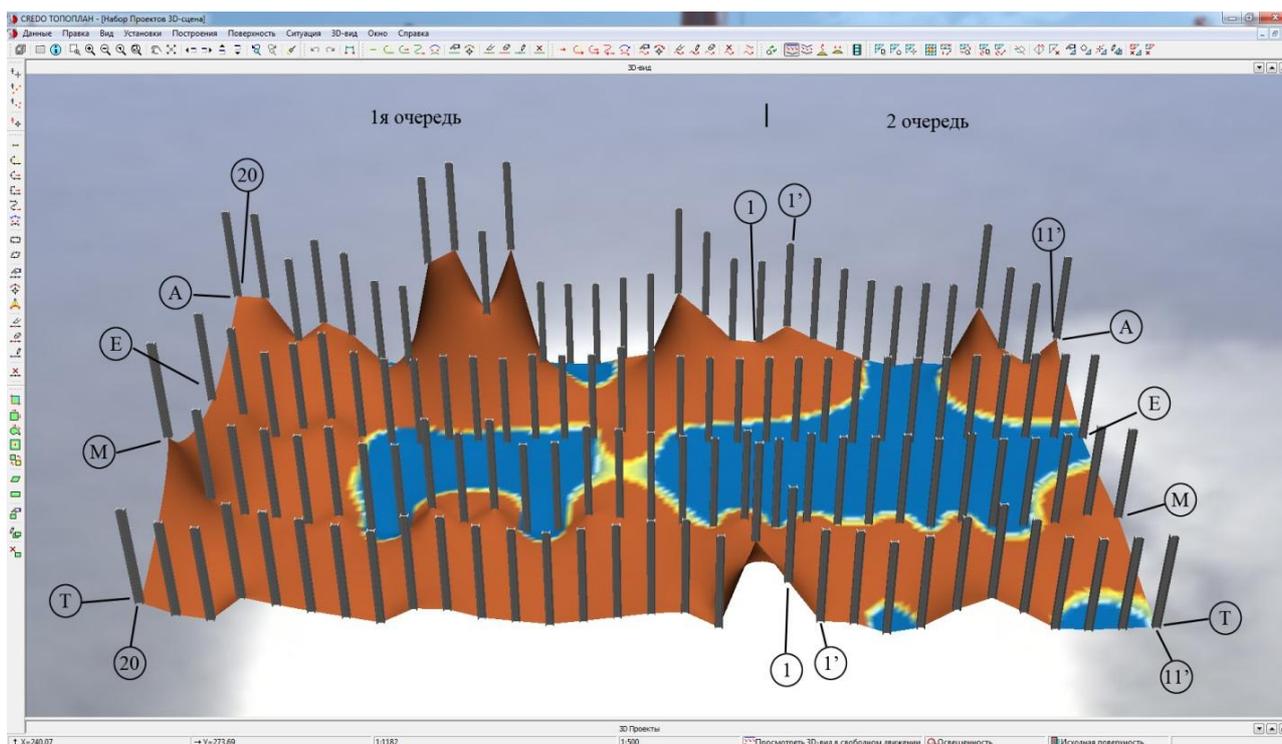


Рис. 4. Трехмерная модель интерполяции освещенности главного корпуса ОФ «Распадская» С помощью основного метода геостатистики – кригинга по результатам освещенности

щенности на каждой колонне была создана трехмерная модель интерполяции освещенности по всей площадке главного корпуса с шагом 1 метр (рис. 3). Основа кригинга заключается в определении закономерности изменения разброса значений освещенности между марками в пространстве с учетом существенных различий в значениях данных. Для визуального представления эта модель была импортирована в программный комплекс Credo Визуализация (компания «Кредо-Диалог» г. Минск). Программа Credo Визуализация – мощный инструмент для визуализации исходных и проектных данных в 3D для оценки их корректности. Модель интерполяции освещенности была окрашена с использованием градиентной заливки по значениям. Синим цветом показаны места, где недостаточно освещенности для работы цифрового нивелира, и в этих местах нужно обязательно пользоваться искусственным источником света. Желтым – места с предельной освещенностью, при которой прибор берет отчеты и СКП не превышает допустимое значение. Коричневым – места, где цифровой нивелир уверенно работает и нет необходимости использовать дополнительное освещение.

Данные трехмерной модели интерполяции освещенности позволяют увеличить скорость и точность наблюдений при последующих циклах. С помощью этих данных можно запроектировать ход с наименьшими трудозатратами и значительно уменьшить время выполнения полевых работ. При производстве полевых работ человек, который работает с цифровым нивелиром, уже знает в каких местах нужно подсвечивать рейку, а в каких нет, экономя при этом время.

При выполнении исследования в главном корпусе ОФ «Распадская» подтвердились результаты лабораторных исследований, так например, порог освещенности при работе с цифровым нивелиром приблизительно такой же как и в лабораторных условиях и тоже зависит от расстояния от рейки до прибора.

Выводы:

1. Значение предельной освещенности рейки, при котором цифровой нивелир регистрирует измерения уменьшается с увеличением расстояния до рейки.
2. Предельно допустимая освещенность рейки равна 20 люкс, при которой СКП минимальны.
3. Полученная трехмерная модель интерполяции освещенности позволяет увеличить скорость и точность дальнейших наблюдений в главном корпусе ОФ «Распадская».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новоселов Д.Б. Геодезический контроль строительства и эксплуатации главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» [Текст] / Б.А. Новоселов, Д.Б. Новоселов // Сборник материалов VIII междунар. науч. конгр. «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» 10-20 апреля 2012г.: Междунар. Науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. Том 1– Новосибирск: СГГА, 2012. – С. 66–71.
2. Инженерная геодезия и геоинформатика: Учебник для вузов / Под ред. С.И. Матвеева. – М.: Академический Проект; Фонд «Мир», 2012. – 484 с.

© Д.Б. Новоселов, Б.А. Новоселов, 2013

УРАВНИВАНИЕ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МЕТОДОМ ПСЕВДОНОРМАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Амридон Гемзаевич Барлиани

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, к.т.н., доцент кафедры прикладной информатики, тел. (983)319-99-31

Светлана Александровна Егорова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доцент кафедры прикладной информатики, тел. (923)109-05-15, e-mail: EgorovaS.A@yandex.ru

В статье рассматривается получение псевдообратной матрицы на основе разбиения матрицы на блоки.

Ключевые слова: геодезическая сеть, псевдообратная матрица, нивелирная сеть.

GEODETTIC NETWORK ADJUSTMENT AND ACCURACY EVALUATION BY PSEUDO NORMAL OPTIMIZATION TECHNIQUE

Amridon G. Barliani

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

Svetlana A. Yegorova

Assist. Prof., Department of Applied Informatics, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., phone (923) 109-05-15, e-mail: EgorovaS.A@yandex.ru

Development of pseudonormal matrix on the basis of matrix partition into blocks is considered.

Key words: geodetic network, pseudonormal matrix, leveling network.

В геодезической практике существует много задач, для которых в привязке сети к исходным твердым пунктам нет необходимости, например, при создании геодезического обоснования с целью выноса проекта инженерных сооружений, при наблюдениях за деформациями инженерных сооружений и др. [1]. Более того, при уравнивании геодезических сетей (особенно обширных) коэффициенты уравнений поправок вычисляются приближенно, что может привести к плохой обусловленности или даже вырожденности матрицы коэффициентов нормальных уравнений.

Естественно в этих и других условиях, уравнивание и оценка точности геодезических сетей выходит за рамки классического метода наименьших квадратов. Поэтому при качественном решении плохо обусловленных систем уравнений можно улучшить, если отказаться от поиска решения по методу наименьших квадратов в пользу метода псевдонормальной оптимизации.

Для начала остановиться на конкретном классе задач, которые связаны с уравниванием и оценкой точности свободных геодезических сетей. Можно рассмотреть следующую систему параметрических уравнений поправок:

$$A\tilde{\Delta} + l = V. \quad (1)$$

Особенность свободных геодезических сетей заключается в том, что из-за недостатка исходных данных столбцы матрицы параметрических уравнений поправок (1) становятся линейно зависимыми, поэтому классическое предписание метода наименьших квадратов:

$$V^T P V = \min, \quad (2)$$

не обеспечивает решение системы нормальных уравнений:

$$R\tilde{\Delta} = b. \quad (3)$$

В связи с тем, что матрица R коэффициентов нормальных уравнений является вырожденной и не имеет обратной матрицы R^{-1} . Следовательно, в указанных условиях система параметрических уравнений поправок (1) и система нормальных (3) становятся несовместными.

Для решения несовместных систем линейных уравнений, существует единственный вариант применить метод псевдонормальной оптимизации [3, 4].

Наконец, стоит перейти к поставленной задаче уравнивания свободных геодезических сетей. Если уравнивается свободная геодезическая сеть с равномерно измеренными величинами, то система параметрических уравнений поправок (1) может иметь следующее псевдонормальное решение:

$$\tilde{\Delta} = A^+ V - A^+ l, \quad (4)$$

где A^+ - псевдообратная матрица к матрице параметрических уравнений поправок A , которая обладает известными свойствами псевдообратных матриц [1].

Нетрудно заметить, что в данном выражении произведение $A^+ V = 0$, поэтому псевдонормальное решение параметрических уравнений поправок будет иметь вид:

$$\tilde{\Delta} = -A^+ l. \quad (5)$$

Итак, на основании формулы (5) решается задача уравнивания свободных геодезических сетей методом псевдонормальной оптимизации. В данном случае основная проблема состоит в вычислении псевдообратной матрицы A^+ .

Ниже предлагается алгоритм нахождения псевдообратной матрицы на основе разбиения матрицы на блоки.

Для этого матрица параметрических уравнений поправок (1) необходимо записать в виде:

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где A_{11} – неособенная квадратная матрица $\det(A_{11}) \neq 0$ и ранг матрицы A_{11} равняется рангу матрицы A ($R_{A_{11}} = R_A$). А также $A_{22} = A_{21} \cdot A_{11}^{-1} \cdot A_{12}$.

В этих условиях запишем известное выражение [1, 2] для псевдообратной матрицы A^+ через блоки A_{11} , A_{12} , и A_{21} :

$$A^+ = \begin{pmatrix} A_{11}^T \\ A_{12}^T \end{pmatrix} (A_{11}A_{11}^T + A_{12}A_{12}^T)^{-1} A (A_{11}^T A_{11} + A_{21}^T A_{21})^{-1} (A_{11}^T A_{21}^T). \quad (7)$$

Для оценки точности параметров результатов псевдообратной оптимизации воспользуемся ковариационной матрицей [1]:

$$K_{\tilde{x}} = \mu^2 A^+ A^{+T}, \quad (8)$$

μ – среднеквадратическая ошибка единицы веса, вычисляемая по формуле:

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T V}{n-k}}. \quad (9)$$

Необходимо заметить, что при оценке точности параметров, как правило, нет необходимости в вычислении полной ковариационной матрицы (2.75), а нужно оценить точность только каждого параметра. Для этого на основании выражения (2.75) можно получить простую формулу, позволяющую вычислить среднеквадратическую ошибку любого параметра. Она имеет вид:

$$m_{\tilde{x}_j} = \mu \|a_j^+\|, \quad (10)$$

где $\|a_j^+\|$ – евклидова норма j -го вектора-строки псевдообратной матрицы A^+ , вычисленной по формуле (7).

Вычисление средних квадратических ошибок любых уравненных измерений выполним по формуле [1]:

$$m_{\tilde{y}_i} = \mu \|a_i a_j^+\|. \quad (11)$$

Теперь по представленному алгоритму выполним уравнивание свободной нивелирной сети с равноточно измеренными превышениями (рис. 1). На рисунке измеренные превышения выписаны напротив каждого нивелирного хода.

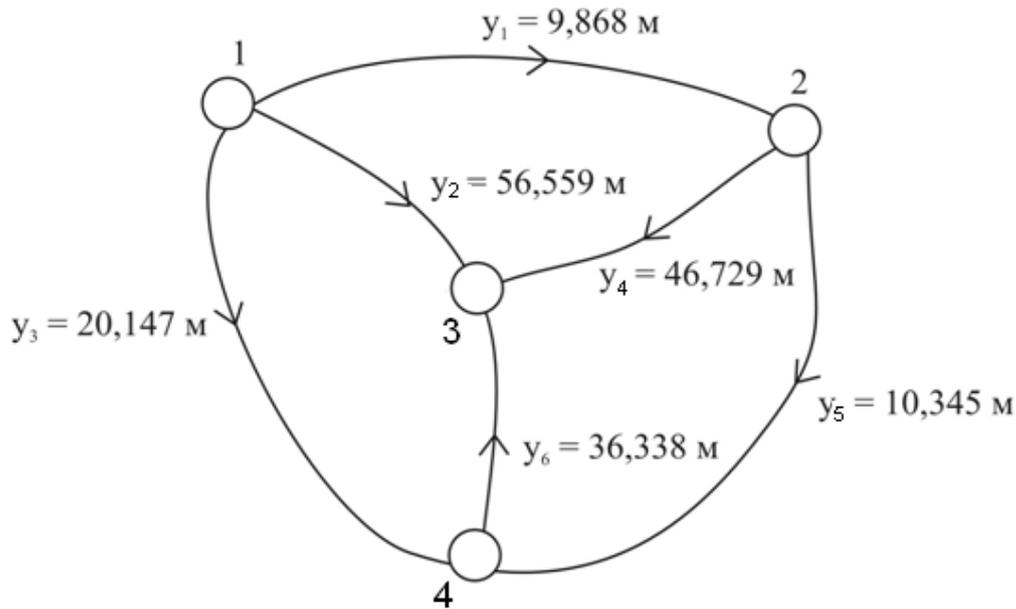


Рис. 1. Свободная нивелирная сеть

Пусть высота репера $x_1 = 100,234$ м, и она временно фиксирована. Известным образом находятся значения приближенных параметров:

$$x_1^0 = x_1 = 100,234 \text{ м}; x_2^0 = x_1^0 + y_1 = 110,102 \text{ м};$$

$$x_3^0 = x_1^0 + y_2 = 156,793 \text{ м}; x_4^0 = x_1^0 + y_3 = 120,381 \text{ м}.$$

Матрице коэффициентов и вектор свободных членов параметрических уравнений поправок (1) будут соответствовать:

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot l = \varphi(x^0) - y = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,038 \\ -0,066 \\ 0,074 \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Теперь необходимо перейти к формированию псевдообратной матрицы A^+ . Так как в свободной нивелирной сети дефект матрицы уравнения поправок равен 1, то ранг этой матрицы составляет $R_A = 4 - 1 = 3$. Таким образом, блок квадратной матрицы A_{11} должна иметь размерность 3×3 .

Тогда запишем блоки матрицы A :

$$A_{11} = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}; A_{12} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}; A_{21} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; A_{22} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Для формулы (7) найдем составляющие:

$$(A_{11}A_{11}^T + A_{12}A_{12}^T)^{-1} = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -1 & 3 & -1 \\ -1 & -1 & 3 \end{pmatrix};$$

$$(A_{11}^T A_{11} + A_{12}^T A_{12})^{-1} = \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -1 & 3 & -1 \\ -1 & -1 & 3 \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

С учетом формулы (7) получим:

$$A^+ = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -1 & 3 & -1 \\ -1 & -1 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

После перемножения матриц окончательно запишем:

$$A^+ = \frac{1}{4} \cdot \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} = A^+ = \begin{vmatrix} -0,25 & -0,25 & -0,25 & 0 & 0 & 0 \\ 0,25 & 0 & 0 & -0,25 & -0,25 & 0 \\ 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 \\ 0 & 0 & 0,25 & 0 & 0,25 & -0,25 \end{vmatrix}.$$

Результаты уравнивания и оценки точности необходимых параметров сведены в табл.

1.

Таблица 1

Уравненные параметры и их оценка точности

Номера параметров	Приближенные значения параметров (м) x_j^0	Поправки к приближенным параметрам (м) $\tilde{\Delta}_j$	Уравненные значения параметров (м) \tilde{x}_j	Среднеквадратические ошибки параметров (см) $m_{\tilde{x}_j}$
1	100,234	0,000	100,234	1,45
2	110,102	-0,026	110,076	1,45
3	156,793	-0,009	156,784	1,45
4	120,381	0,035	120,416	1,45

Так как в данной свободной нивелирной сети геометрические связи между реперами одинаковы, и превышения измерены равноточно. Поэтому среднеквадратические ошибки уравненных параметров должны быть равны между собой, что подтверждается результатами вычисления (см. табл. 1).

Далее по данному алгоритму вычисляются уравненные превышения и их среднеквадратические ошибки, которые сведены в табл. 2.

Уравненные превышения и их среднеквадратические ошибки

Номера пре- выше- ний	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	56,559	-0,009	56,550	2,36
3	20,147	0,035	20,182	2,36
4	46,729	-0,021	46,708	2,36
5	10,345	-0,005	10,340	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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барлиани А. Г. Разработка алгоритмов уравнивания и оценки точности свободных несвободных геодезических сетей на основе псевдонормального решения: монография /А. Г. Барлиани. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 135 с.
2. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1967. – 576 с.
3. Барлиани А.Г. Единый рекурсивный алгоритм уравнивания и оценки точности геодезических наблюдений / А.Г. Барлиани, С.А. Егорова // ГЕО-Сибирь 2012, Т. 1. – Новосибирск: СГГА, 2012, стр. 85-89.
4. Барлиани А.Г. Исследование рекурсивного алгоритма псевдообращения на возмущение исходных данных / А.Г. Барлиани, С.А. Егорова // ГЕО-Сибирь 2012, Т. 1. – Новосибирск: СГГА, 2012, стр. 90-94.

© А.Г. Барлиани, С.А. Егорова, 2013

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТОННЕЛЕЙ УСКОРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИЯФ СО РАН

Денис Борисович Буренков

Институт Ядерной Физики СО РАН, Россия, г. Новосибирск, инженер-геодезист, тел. 8(383)329-43-52, e-mail: Mail_Denis@mail.ru

Петр Павлович Мурзинцев

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

Андрей Викторович Полянский

Институт Ядерной Физики СО РАН, Россия, г. Новосибирск, старший инженер-геодезист

Юрий Алексеевич Пупков

Институт Ядерной Физики СО РАН, Россия, г. Новосибирск, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, тел. 329-48-08, e-mail: Yurpupkov@mail.ru

Леонид Евгеньевич Сердаков

Институт Ядерной Физики СО РАН, Россия, г. Новосибирск, инженер-геодезист, тел. 329-43-52, e-mail: naufan@ngs.ru

В статье рассматриваются данные геодезического мониторинга за тоннелями ИЯФ СО РАН в период с 1999 по 2012 годы. Приведена методика геометрического нивелирования короткими лучами и схема расположения марок в тоннеле. Развитие осадок прогнозируется экспоненциальной моделью.

Ключевые слова: схема расположения марок для наблюдения за осадками в тоннелях ИЯФ СО РАН. Прогноз развития осадок.

GEODETIC MONITORING OF VERTICAL DEFORMATIONS IN TUNNELS OF ACCELERATOR COMPLEX (INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS, SIBERIAN BRANCH OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES)

Denis B. Burenkov

Engineer of geodesy, Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia, Novosibirsk, phone: 8(383)3294352, e-mail: Mail_Denis@mail.ru

Pyotr P. Murzintsev

Ph.D., Assoc. Prof., Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, phone: 343-27-09

Andrey V. Polyansky

Senior engineer of geodesy, Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia, Novosibirsk

Yury A. Pupkov

Ph.D., senior staff scientist, Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia, Novosibirsk, phone: 329-48-08, e-mail: Yurpupkov@mail.ru

Leonid E. Serdakov

Engineer of geodesy, Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, phone: 8(383)3294352, e-mail: naufan@ngs.ru

The data on the tunnels geodetic monitoring (Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences) for the period of 1999 – 2012 are considered. The techniques for geometric leveling by short rays and the scheme of bench marks location in the tunnel are presented. The subsidence is forecast by exponential model.

Key words: the scheme bench marks location for tunnels settling observation (Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk), subsidence forecasting.

Наблюдения за деформациями уникальных сооружений занимают значительное место в современной практике высокоточных инженерно-геодезических работ. Для крупных инженерных сооружений, имеющих высокие требования к пространственному положению технологического оборудования и как следствие к стабильности положения строительных конструкций, должен быть организован геодезический мониторинг, как на стадии строительства, так и в период эксплуатации. Только комплексный подход к геодезическому мониторингу позволяет выявить тенденции и определить величины смещений конструкций сооружений, что в свою очередь дает возможность принимать необходимые технические решения при эксплуатации уникального оборудования и осуществлять прогнозирование «поведения» тоннеля на период проведения научных экспериментов.

Ускорительный комплекс ВЭПП-5 института ядерной физики СО РАН находится на стадии строительства. На построенных частях комплекса выполняются геодезические наблюдения за осадками. Оценка долговременных смещений, на основе знания о величинах выявленных осадок несущих конструкций сооружения и принятом интервале времени между юстировками оборудования позволяет найти необходимый диапазон корректоров положения пучка. Физический проект комплекса ВЭПП-5 [1] предполагает создание системы коррекции, для определения диапазона которой принято, что среднеквадратичная ошибка механической юстировки элементов будет около 100мкм. Расчетная требуемая точность $\sigma \approx 20$ мкм достигается самой системой коррекции.

В линейном тоннеле ВЭПП-5 наблюдения проводятся с 1998 года по настоящее время. Для контроля вертикальных смещений в тело наблюдаемого объекта (рис. 1) заложены 42 осадочные марки, изменяющие свое высотное положение вместе с конструкциями тоннеля. Схема расположения осадочных марок в тоннеле показана на рис. 1.

Определение осадок осуществляется путем периодических измерений превышений и вычислением отметок осадочных марок. Измерения производятся методом геометрического нивелирования коротким визирным лучом из середины с использованием высокоточного нивелира Ni-007. Точность измерения превышений рассчитанная по невязкам полигонов из 5 циклов измерений, составляет $\sigma = 0,07$ мм. На рис. 2 показана схема полигонов.

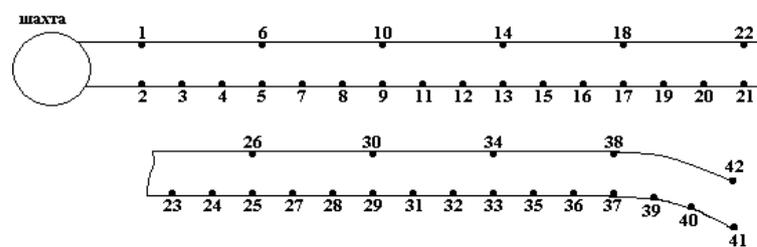


Рис. 1. Схема расположения марок в тоннеле

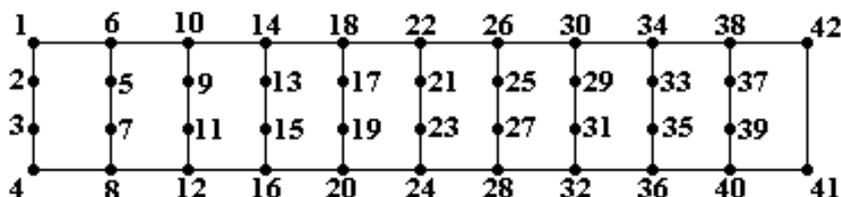


Рис. 2. Схема полигонов

На графике (рис. 3) представлены результаты циклов нивелирования.



Рис. 3. График осадок линейного тоннеля ВЭПП-5

На комплексе ВЭПП-4М ведется периодическое наблюдение геодезической сети тоннеля на устойчивость.

Высотная сеть ВЭПП-4М построена таким образом, что бы гарантировать высокую точность определения отметок знаков, максимально сократить время необходимое для проведения измерений и обеспечить возможность оперативного контроля точности измерений.

Для создания высотной сети применен метод геометрического нивелирования, коротким визирным лучом из середины, с использованием высокоточных нивелиров, типа Ni-007 и специальных шкал [3]. Точность измерений превышений, рассчитанная по невязкам полигонов из 16-и циклов измерений, составляет $\sigma = 0,025$ мм. На рис. 4 представлен график осадок тоннеля ВЭПП-4м за период с 2001г по 2012 г.

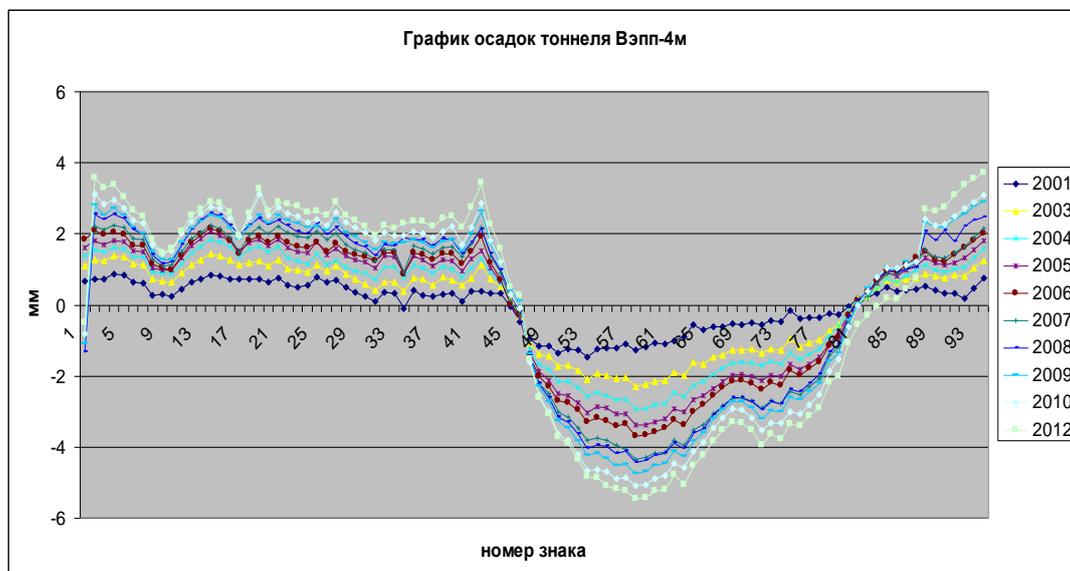


Рис. 4. График осадок тоннеля ВЭПП-4м

Развитие осадок прогнозируется экспоненциальной моделью

$$H = H_0(1 - e^{-t/\tau}),$$

где H_0 – конечная осадка, t – текущее время от начала прогноза, τ – время затухания осадки [2]. Магнитные элементы устанавливаются по высоте с упреждением, но не более чем на 0.4 мм и таким образом, чтобы обеспечить плавность перехода от магнита к магниту с точностью ± 0.1 мм. Это позволяет несколько увеличить промежутки времени между циклами юстировок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Физический проект комплекса ВЭПП-5, Новосибирск 1995, Глава 13.5, 2-4.
2. Критерии и технология прецизионной установки магнитов ВЭПП-4М методом сглаживания, Новосибирск 1999, Глава 4, Левашов Ю.И.
3. Results of Long-term Observations of Deformations of the VEPP-4 Storage Ring Constructions, BINP, 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering Nottingham, United Kingdom, 28 June – 1 July 2004, M. BOKOV, D.BURENKOV, A.POLYANSKIY, Yu. PUPKOV, Russia and Yu. LEVASHOV, USA
4. Уставич Г.А., Костина Г.Д. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации крупных энергетических объектов.- М., Недра, 1983.-130 с.

© Д.Б. Буренков, П.П. Мурзинцев, А.В. Полянский, Ю.А. Пупков, Л.Е. Сердаков, 2013

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ВЫВЕРКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Сергей Георгиевич Могильный

Донецкий национальный технический университет, Украина, 83001, Донецк, ул. Артема, 58, заведующий кафедрой геоинформатики и геодезии, д.т.н., проф., тел. (062)301-07-81, e-mail: mogilnysg@mail.ru

Андрей Аркадьевич Шоломицкий

Донецкий национальный технический университет, Украина, 83001, Донецк, ул. Артема, 58, профессор кафедры геоинформатики и геодезии, д.т.н., проф., тел. (062)301-07-81, e-mail: sholomitskij@mail.ru

Иван Семенович Фролов

ООО "Геоинжиниринг", Украина, 83001, Донецк, ул. Постышева, 30, генеральный директор, тел. (062)-3054048, e-mail: isfrolov@gmail.com

Рассмотрена универсальная технология контроля положения и выставки оборудования МНЛЗ, основанная на высокоточных онлайн-геодезических измерениях. Предложена математическая модель технологической оси МНЛЗ, технология оптимальной выставки оборудования машины относительно оси и программное обеспечение, реализующее эту технологию.

Ключевые слова: технологическая ось, модель, машина непрерывного литья заготовки, электронный тахеометр, геодезические измерения.

GEODETTIC MONITORING AND ADJUSTMENT METALLURGICAL EQUIPMENT

Sergey G. Mogilny

Donetsk National Technical University, Ukraine, 83001, Donetsk, st. Artema, 58, Chair of Geoinformatics and Surveying, Dr.Sci.(Eng), prof., tel. (062)301-07-81, e-mail: mogilnysg@mail.ru

Andrii A. Sholomytskyi

Donetsk National Technical University, Ukraine, 83001, Donetsk, st. Artema, 58, Professor Department of Geoinformatics and Surveying, Dr.Sci.(Eng), prof., tel. (062)301-07-81, e-mail: sholomitskij@mail.ru

Ivan S. Frolov

Ltd. "Geoinzhiniring", Ukraine, 83001, Donetsk, st. Postysheva, 30, Director, тел. (062)-3054048, e-mail: isfrolov@gmail.com

In this paper the authors have considered the universal technology of position control and installation of CCM based on high-precision geodetic online measurements. Also, the authors proposed a mathematical model of technological axis of CCM, the technology of CCM installation and the software to implement the considered technology.

Key words: technological axis, model, continuous casting machine, the total station, survey measurements.

Длина машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), на протяжении которой расположено технологическое оборудование машины, составляет несколько десятков метров. При этом отклонения положения оборудования от проектного положения должны быть не более 0,2..0,4 мм, иначе будут нарушены условия формирования непрерывнолитой заготовки с заданными геометрическими размерами и формой поперечного сечения, а также производительности, стабильности и безопасности процессов непрерывной разливки стали на МНЛЗ. Широко распространенные геодезические методы контроля положения промышленного оборудования не могут обеспечить требуемую точность выставки оборудования МНЛЗ. В связи с этим, необходимо развитие методов контроля положения оборудования с применением современных технологий и инструментов, способных повысить точность выставки и снизить время на выполнение работ.

Методы, инструменты и требования по точности контроля положения и выставки металлургического оборудования, включая МНЛЗ, как правило, регламентированы руководящими положениями по монтажу соответствующего нового оборудования на этапе строительства. Известные отечественные руководящие положения датируются 80-ми годами прошлого века, разработка которых осуществлялась Министерством монтажных и специальных строительных работ СССР [1 и др.]. Для современных МНЛЗ альтернативой таким положениям выступает проектно-конструкторская документация заводов-изготовителей.

В процессе эксплуатации МНЛЗ, в связи с жесткими и сложными условиями работы (высокая температура, запыленность и влажность), происходит износ рабочих поверхностей и подшипниковых узлов технологического оборудования машины (гильз кристаллизаторов, механизмов качания, роликов зоны вторичного охлаждения и тянуще-правильного агрегата), деформация металлоконструкций и корпусных деталей, разрушение и эрозия фундаментов и установочных плоскостей оборудования. В ходе периодического технического обслуживания и ремонта оборудования МНЛЗ стараются устранить результаты этих явлений. При монтаже отремонтированных узлов и механизмов обязательно осуществляется контроль положения и выставка их относительно рядом расположенного оборудования МНЛЗ с помощью строительных уровней, отвесов и струн, линеек и шаблонов. Результатом всего этого является нарушение положения оборудования относительно технологической оси МНЛЗ с накапливающимися со временем отклонениями. Характерным признаком этого, наряду со снижением производительности, стабильности и безопасности процессов непрерывной разливки стали на МНЛЗ, а также качества получаемой непрерывнолитой заготовки, является наличие большого количества подкладок под установочными поверхностями оборудования машины и снижение межремонтного интервала.

С появлением современных технологий и инструментов геодезических методов контроля положения оборудования, а также электронно-вычислительных средств, стало возможным решение задач точной выставки оборудования относительно технологической оси МНЛЗ [3...5]. Разработкой методов контроля

положения технологического оборудования МНЛЗ и апробированием на металлургических предприятиях с 2006 г. занимаются сотрудники ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет". Для выполнения таких работ был создан онлайн-геодезический измерительный комплекс «Визир 3D». С помощью этого комплекса и разработанной для него технологии геодезического контроля было выставлено оборудование сортовых и слябовых МНЛЗ отечественного и зарубежного производства [6...9,11].

К сожалению авторы не нашли в зарубежной литературе описания методов выполнения высокоточных геодезических работ при выставке промышленного оборудования, известно что для этого используются электронные тахеометры и трекеры [3...5], но по рекламным материалам трудно оценить уровень автоматизации измерений и моделирования.

Цель исследования

Целью настоящей работы является рассмотрение разработанной авторами технологии работ по контролю положения и выставки с заданной точностью оборудования МНЛЗ с помощью геодезических онлайн-измерений, а также разработка методов математического моделирования и оптимальной выставки оборудования МНЛЗ.

Создание высокоточной опорной сети МНЛЗ

В период с декабря 2011 по июнь 2012 г. была выполнена работа по определению фактического положения и выставке в проектное положение МНЛЗ №3, 4 и 5 ЧАО "Металлургический комбинат "Азовсталь". Машины были построены в период с 1973 по 1976 г. по проектам завода "Уралмаш" (ныне ОАО "Уралмашзавод", Екатеринбург, Россия).

Работы по определению фактического положения оборудования МНЛЗ начинались с создания высокоточной геодезической опорной сети машины, от которой впоследствии выполнялись все геодезические измерения.

Опорная геодезическая сеть МНЛЗ создавалась сразу для двух ручьев машины и состояла из 40 опорных точек, закрепленных на опорных конструкциях кислородно-конверторного цеха, где расположены МНЛЗ, шариками диаметром 30 мм и специальными отражательными пленками (рисунок 1). В связи с продолжительным сроком эксплуатации во влажных условиях, репера заложенные во время строительства МНЛЗ сохранились только для МНЛЗ №3. Поэтому первым этапом работы была привязка к наиболее стабильным элементам машины и восстановление системы координат МНЛЗ.

Измерения сети выполнялись онлайн-измерительным комплексом «Визир 3D» [8,9] (рис. 2) по методике обеспечивающей измерение горизонтальных и вертикальных улов с точностью 1" и длин с точностью 0,2 мм. Для создания сети требовалось от 22 до 28 точек стояния электронного тахеометра, выполненных по технологии "свободной станции". На рисунке 3 показана конфигурация опорной геодезической сети в различных плоскостях. Построенная

сеть является пространственной, расположенной в основном на двух уровнях, перепад высот составляет 20 м, в плане размеры сети составляют 35×27 м. Такая конфигурация сети, а также вертикальные колонны и горизонтальные балки, и множество трубопроводов в цехе очень затрудняли передачу координат между двумя уровнями сети. Однако, несмотря на сложные условия измерений, вычисленная ошибка единицы веса для опорных геодезических сетей каждой МНЛЗ составила 1,6", 2,9" и 3,2", соответственно. Средняя среднеквадратическая ошибка определения координат точек опорной геодезической сети составила 0,3 мм. Косвенным критерием высокого качества создания опорной геодезической сети является точность привязки точек стояния тахеометра к существующей сети во время измерения элементов МНЛЗ, которая не превышала 0,3 мм (в среднем 0,1..0,2 мм). Такие результаты в сложных условиях измерений получены только благодаря онлайн-методам геодезических измерений комплексом «Визир 3D», который обеспечивает полный контроль измерений и отбраковку некачественных измерений, вызванных вибрацией, перемещением мостовых кранов и сильной запыленностью атмосферы в цехе.

Выставка МНЛЗ в проектное положение

Для МНЛЗ №4 выполнялся комплекс работ по установке стоек под оси рам МНЛЗ. Эти работы были вызваны необходимостью восстановления проектного положения стоек после их ремонта. Проверка положения и установка стоек рам радиального и криволинейного участков машины выполнялись методом последовательных приближений.

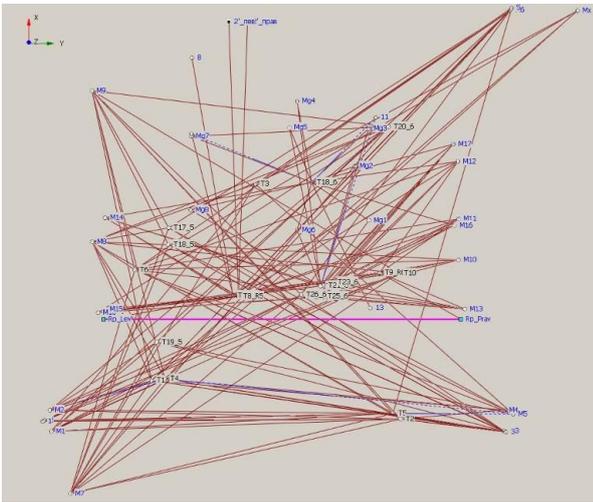
Для измерения элементов и моделирования МНЛЗ в комплексе «Визир 3D» имеется модуль «МНЛЗ», который обеспечивает автоматизацию измерений, обработку, моделирование и расчеты для оптимальных корректирующих воздействий.



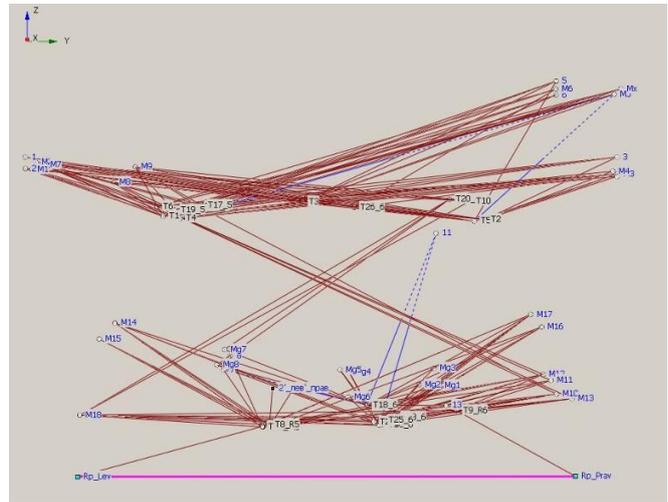
Рис. 1. Точки опорной сети МНЛЗ №4



Рис. 2. Измерительный комплекс «Визир 3D»



а – в плане, плоскость XY



б – вид в плоскости ZY

Рис. 3. Опорная геодезическая сеть МНЛЗ

Для расчета платиков под оси рам в этом модуле имеется математическая модель, которая позволяет автоматизировать расчет (рис. 5) с учетом типа крепления платиков, в зависимости от типа МНЛЗ.

В результате выполнения этой работы, стойки установки осей рам были выставлены в проектное положение с точностью 0,5 мм.

Если, до использования предложенной технологии под осями рам были комплекты из 3...5 прокладок, то при использовании предложенной авторами технологии прямых геодезических измерений и аналитического определения толщины платиков – их число сократилось до 1-го (рисунок б), максимум 2-х, что позволило сделать более жестким крепление рам МНЛЗ.



Рис. 4. Измерение стоек установки рам МНЛЗ

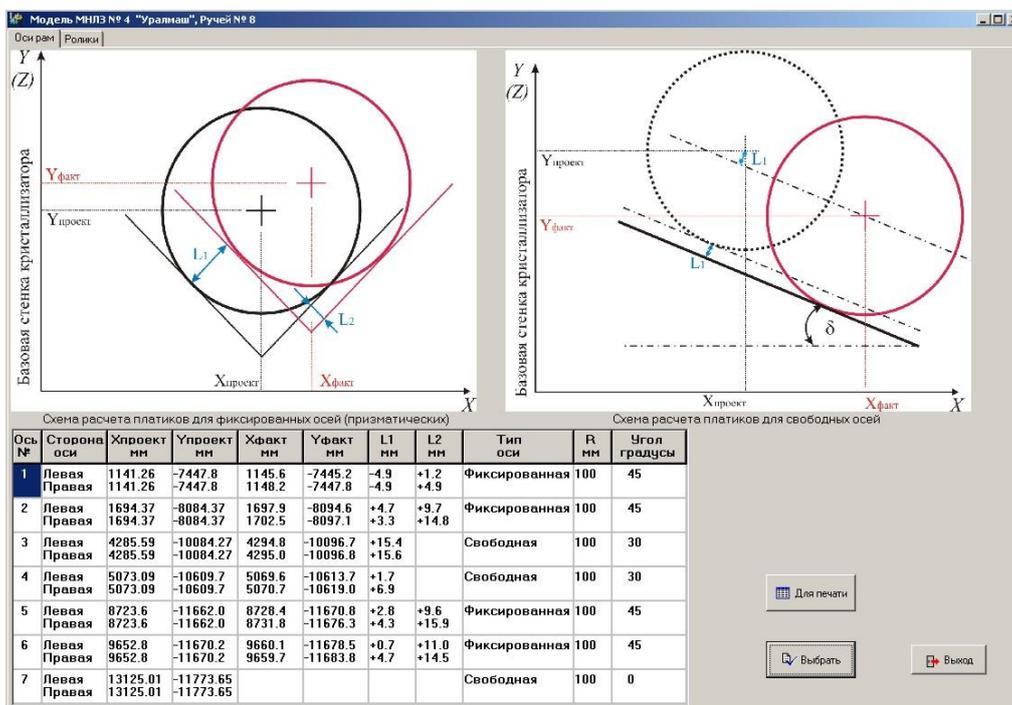


Рис. 5. Интерфейс модуля «МНЛЗ» для расчета платиков под оси рам



Рис. 6. Подкладки под оси рам после ремонта

Теоретические основы оптимальной корректировки МНЛЗ

Слиток, формируемый в кристаллизаторе МНЛЗ, должен перемещаться в зоне вторичного охлаждения по специально рассчитанной траектории (вдоль оси технологического канала (ручья) МНЛЗ), для того чтобы на его поверхности не образовывались складки и трещины, которые в дальнейшем приводят к непоправимому браку заготовки [10].

Траектория перемещения слитка определяется положением 54 роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ, касательная к которым непрерывная гладкая кривая определяет форму слитка на разных этапах охлаждения. Теоретически ось каждого ролика должна быть выставлена в заданное конструкторами проектное положение. Однако на практике этому препятствует следующее:

- ролики по несколько штук объединены в кассеты, так что отдельный ролик переместить нельзя;

- положение кассеты роликов может быть изменено только по направлению нормали к траектории движения слитка.

В этих условиях рационально принять следующую стратегию оценки геометрии расположения роликов МНЛЗ и их регулировки. По проектным координатам осей роликов рассчитывается теоретическая кривая движения слитка, а по результатам измерения фактического положения вычисляются отклонения и оптимальные значения перемещений роликов при их выставке. Оптимальным следует считать такой план выставки, при котором достаточно переместить минимальное число кассет, так чтобы теоретическая траектория касалась всех роликов МНЛЗ.

Вывод параметров уравнения теоретической кривой траектории основывается на геометрической схеме представленной на рисунке 7.

В проектно-конструкторской документации по МНЛЗ заданы координаты осей и радиусов всех роликов. Первые ролики от кристаллизатора расположены по окружности заданного радиуса R , таким образом круговая часть траектории составляет дугу угловой величины α (рис. 7). Криволинейная часть траектории начинается с точки a и заканчивается роликом n , с которого начинается горизонтальная часть траектории перемещения заготовки.

Криволинейную часть можно с достаточной точностью описать сплайном второго порядка, т.е. общее уравнение кривой на участках между соседними роликами имеет вид

$$a_i x^2 + b_i x + c_i = y,$$

где a_i , b_i и c_i – параметры кривой i -того участка; x , y – координаты точки на кривой.

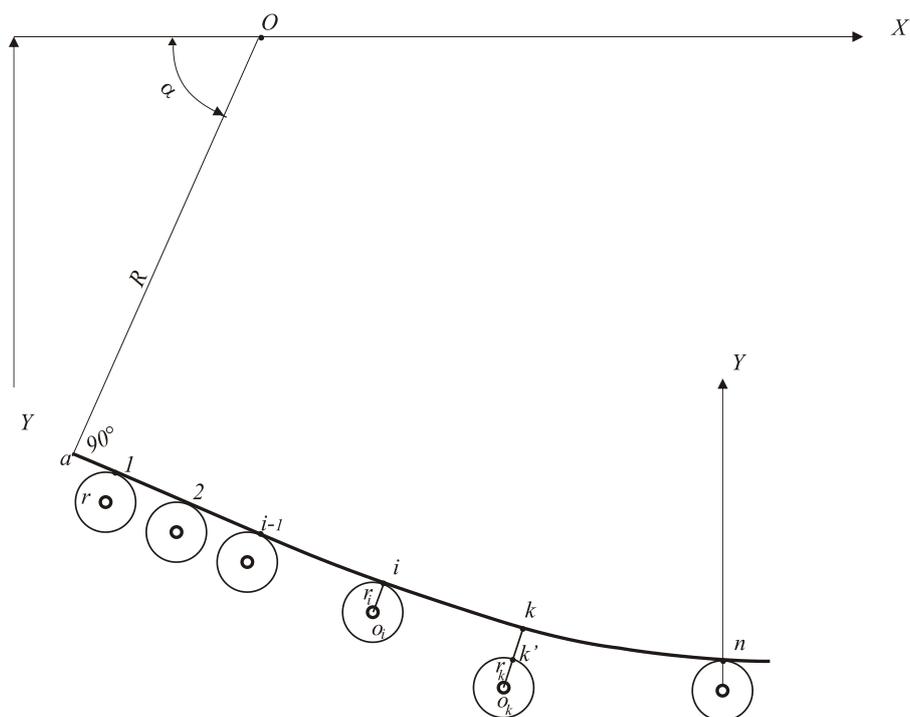


Рис. 7. Схема расчета параметров теоретической кривой траектории перемещения слитка

Если принять, что участок заканчивается на i -том ролике, то для него будет иметь место система уравнений следующего вида:

$$\begin{cases} a_i x_{i-1}^2 + b_i x_{i-1} + c_i - y_{i-1} = 0; \\ 2a_{i-1} x_{i-1} + b_{i-1} - 2a_i x_{i-1} - b_i = 0; \\ a_i x_i^2 + b_i x_i + c_i - y_i = 0; \\ x_i + r_i \sin(\arctg(2a_i x_i + b_i)) - x_{o_i} = 0; \\ y_i + r_i \cos(\arctg(2a_i x_i + b_i)) - y_{o_i} = 0, \end{cases} \quad , i = 1..n,$$

где x_i, y_i и x_{i-1}, y_{i-1} – координаты точки касания кривой роликов в конечной и начальной точках i -того участка; a_i, b_i, c_i и a_{i-1}, b_{i-1} и c_{i-1} – параметры сплайна на i -том и $i-1$ -вом участках; r_i – радиус i -того ролика; x_{o_i}, y_{o_i} – координаты оси i -того ролика.

Из совместного решения приведенной системы уравнений, составленных для всех участков траектории перемещения заготовки, вычисляются параметры сплайна и координаты точек касания роликов теоретической кривой траектории.

Если некоторый ролик k не касается проектной кривой (рис. 7) то, используя уравнение траектории, вычисляется смещение ролика kk' по направлению нормали к кривой. Таким образом, будет обеспечиваться положение роликов, соответствующее проектной траектории движения заготовки в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ.

Измерение МНЛЗ

Проверка осевых смещений и наклонов роликов зоны вторичного охлаждения выполнялась с помощью специальной методики измерений. В зависимости от видимости роликов измерения фактического их положения выполнялось двумя способами. Способ с использованием призменной подставки и вешек с поверенными уровнями. На рис. 8. показано как находится верхняя образующая бочки ролика. Для измерений использовались вешки длиной 180, 300 и 500 мм.

Программный модуль «МНЛЗ» позволяет выбрать измерения, выполнить моделирование и выдать результаты измерений в табличном (рис. 9) и графическом виде (рис. 10).

В таблице на рис. 9 обозначены как dH лев и dH прав – оптимальные размеры подкладок под ролики с левой и правой стороны МНЛЗ, которые обеспечивают касание роликов теоретической кривой траектории перемещения слитка. Такая технология выставки роликов МНЛЗ связана с тем, что конструкция машины не позволяет исправить отклонения (вдоль направления перемещения заготовки) более чем на 3...5 мм.



Рис. 8. Измерение положения роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ

МНЛЗ № 5 производства "Уралмаш" (Ручей № 6)

Оси рам | Ролики | Корректировка | Кристаллизатор

Оптимальная корректировка роликов МНЛЗ

Ролик	X пр, мм	Y пр, мм	dH лев, мм	dX лев, мм	dY лев, мм	dH прав, мм	dX прав, мм	dY прав, мм
35	5519.51	-9152.60	3.46	8.71	-0.90	4.28	12.21	-1.70
36	5898.63	-9328.65	7.06	18.13	-0.75	-1.15	-0.87	-1.35
37	6300.48	-9495.19	4.40	13.18	-0.89	1.49	5.18	-0.89
38	6692.96	-9638.53	4.48	14.86	-0.13	2.93	10.86	-0.43
39	7102.30	-9770.20	4.13	13.60	-0.00	-0.35	2.70	-1.30
40	7504.81	-9882.94	0.95	6.41	-0.54	-1.36	3.31	-2.14
41	7911.08	-9981.28	7.58	34.98	-0.48	1.66	11.98	-1.18
42	8320.42	-10065.92	-0.73	0.32	-0.72	-0.75	2.42	-1.12
43	8732.22	-10137.64	-13.40	-82.28	-0.34	-16.87	-98.28	-1.34
44	9145.94	-10197.29	-6.79	-50.46	-0.59	-2.59	-14.16	-0.79
45	9573.06	-10247.03	7.67	64.16	0.57	3.52	28.26	0.37

Рис. 9. Таблица смещений (корректировки положения) роликов МНЛЗ

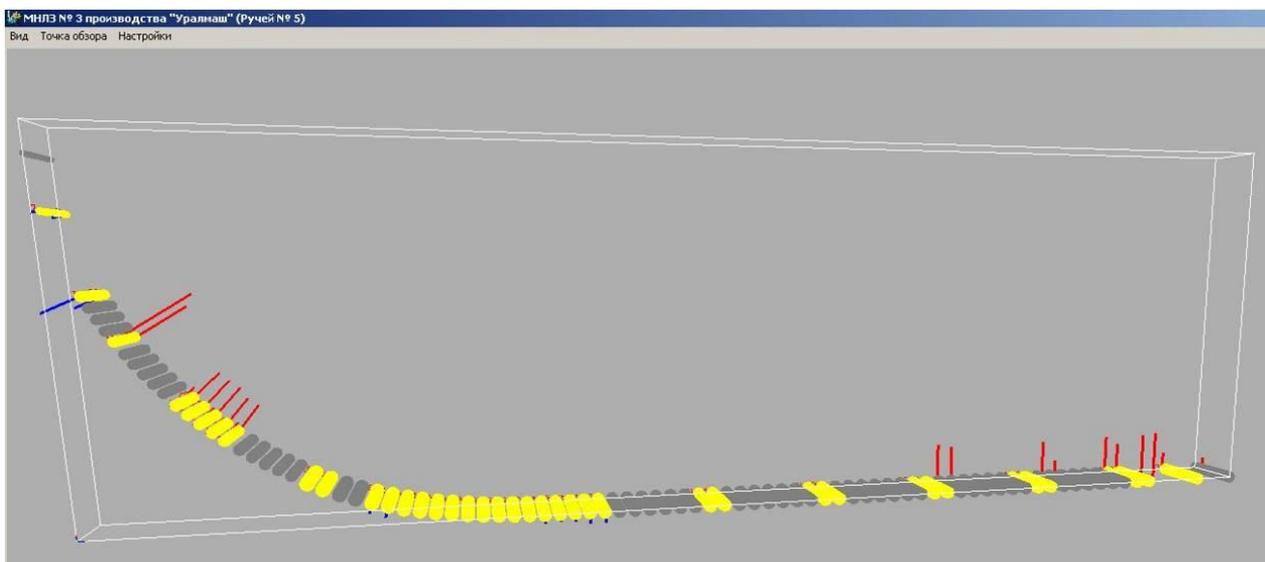


Рис. 10. Визуализация оптимальных корректирующих воздействий для роликов МНЛЗ

Опыт использования измерительного комплекса показал, что для выставки роликов МНЛЗ в проектное положение необходимо выполнить до 3-х приближений.

Визуальное представление результатов корректирующих воздействий (рис. 10) позволяет принять более обоснованное решение, каким образом лучше выполнить управляющее воздействие – подкладкой под оси рамы, или пятироликовой кассеты, или изменением подкладок под двухроликовыми механизмами.

Выводы

При проверке фактического положения МНЛЗ с помощью онлайн-технологии геодезических измерений выявлены следующие моменты.

1. Шаблоны, с помощью которых выставляется оборудование МНЛЗ, собственными силами ПАО "Металлургический комбинат "Азовсталь", деформируются в процессе эксплуатации и имеют отклонения от заданного радиуса до 0,2 мм при длине шаблонов 3,5...4 м. Такие отклонения равносильны изменению радиуса шаблона на 10...15 мм, что приводит к накоплению ошибок при выставке кристаллизатора и роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ. Как правило, метрологические службы металлургических предприятий не имеют возможности определить фактический радиус таких шаблонов и исправить его самостоятельно.

2. Существующая технология выставки МНЛЗ с помощью криволинейных, радиальных и линейных шаблонов приводит к накоплению ошибок по общей длине технологической оси МНЛЗ. Установлено, что фактические отклонения оборудования на радиальном участке МНЛЗ достигают 20 мм, и увеличиваются

по мере приближения к кристаллизатору, где отклонения от проекта составляют 32...46 мм.

3. Фактические размеры рам и положение механизмов крепления кассет роликов МНЛЗ, после многочисленных ремонтов, отличаются от проектных до ± 20 мм, что очень затрудняет выставку машины в проектное положение. В этих условиях необходимо применять технологию оптимальной выставки МНЛЗ.

4. Применение онлайн-технологии геодезических измерений позволило повысить точность выставки роликов МНЛЗ, по результатам контрольных измерений отклонения от проектного положения на криволинейном участке не превышали 1...2 мм. Однако из-за конструктивных особенностей МНЛЗ ЧАО "Металлургический комбинат "Азовсталь", не удалось в полной мере реализовать геодезические методы выставки. Это связано с тем, что две верхние кассеты могут устанавливаться только в собранном виде, поэтому ограничена видимость роликов кассеты – виден только верхний ролик, это приводит к тому, что нижний ролик устанавливается, как и ранее с помощью шаблона. В некоторых случаях верхние кассеты и кристаллизатор полностью выставляются с помощью шаблона и только контролируются геодезическими методами, однако и в этом случае отклонения кристаллизатора от проекта не превышали 7...10 мм, т.е. все равно точность выставки МНЛЗ существенно увеличивается.

5. Применение онлайн-технологии геодезических измерений на горизонтальном участке МНЛЗ показало, что точность выставки значительно повышается (0,1...0,2 мм), а время измерений и выставки сокращается в 2...3 раза, по сравнению с традиционной технологией выставки с помощью нивелира и горизонтального линейного шаблона и уровня.

Эксплуатация МНЛЗ после выставки по рассмотренной методике (для разных МНЛЗ от 9 до 15 месяцев) по данным ЧАО "Металлургический комбинат "Азовсталь" показала следующее:

1. Количество дефектов заготовок сократилось с 3...4 баллов до 1,5...2 (баллы – это интегральная характеристика, которая оценивает число и значимость дефектов).

2. Число замен механизмов сократилось с 10 за 2 недели до 1...2.

3. Отсутствовали случаи выхода из строя роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ, вызванных неправильной установкой.

4. За счет более правильной установки кристаллизатора, повысилась точность центровки и соосности погружного стакана промежуточного ковша и кристаллизатора МНЛЗ, что способствует снижению числа дефектов, связанных с включением шлака и пузырьков газа в непрерывнолитой слиток.

5. За счет уменьшения числа прокладок под рамами и роликовыми секциями и более правильной выставки конструкция МНЛЗ стала более жесткой и менее подверженной деформациям. Это подтверждается тем, что замена механизмов роликов и кассет выполняется более просто, чем ранее, т.к. отклонения требующие корректировки при установке новых механизмов не превышают 0,5...1 мм.

Эффективность применения данной технологии выставки очевидна, остается открытым вопрос о периодичности проведения работ по высокоточной геодезической выставке оборудования МНЛЗ. Этот вопрос должен решаться практически, накапливая статистику изменения качества заготовок, срока службы роликовых секций, числа ремонтов и контрольной проверкой технического состояния МНЛЗ через определенный период. Такая информация поможет принять обоснованное решение о периодичности выполнения геодезических работ и необходимости создания и оснащения собственной геодезической службы ЧАО "Металлургический комбинат "Азовсталь" приборами, оснасткой и программным обеспечением для выполнения таких работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ведомственные строительные нормы: ВСН 396-85. Монтаж технологического оборудования сталеплавильных цехов. – М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1986. – 30 с.
2. Тимохин *О.А.* Особенности расчета технологической оси МНЛЗ и ее контроля / *Сталь*. – 2000. – №2. – С. 16-21.
3. Leica TDRA6000. Product Brochure. Version 01/2009. - Unterentfelden (Switzerland): Hexagon AB, 2009. - 8 p.
4. Industrial 3D Surveying with Optical Instruments. - Witten (Germany): GLM Lasermeßtechnik GmbH, 2007. - 16 p.
5. Laser Tracker use in industrial maintenance: machine and plant engineering. Press Release. - Mannheim (Germany): Automated Precision Deutschland GmbH, 2007. - 3 p.
6. Шоломицкий А.А., Сотников А.Л., Адаменко В.И. Контроль геометрических параметров машины непрерывного литья заготовок / *Металлургические процессы и оборудование*. – 2007. – №3. – С. 27-30.
7. Сотников А.Л. Контроль соосности оборудования МНЛЗ / *Металлургические процессы и оборудование*. – 2006. – №1. – С. 24-27.
8. Измерительный комплекс "Визир 3D" на предприятиях Украины: Геодезический контроль и выверка технологического оборудования / С.Г. Могильный, А.А. Шоломицкий, В.Н. Ревуцкий, В.А. Пригаров // *Геопрофиль*. – 2009. – №3(6). – С. 12-19.
9. Могильный С.Г., Шоломицкий А.А., Шморгун Є.І. Трьохкоординатний вимірювальний комплекс "Визир 3D" / *Наук. пр. Донец. нац. техн. ун-ту* / Редкол.: Мінаєв О.А. (голова) та інші. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – Вип.9(143) – С. 13-25.
10. Машины непрерывного литья заготовок. Теория и расчет / Л.В. Буланов, Л.Г. Корзунин, Е.П. Парфенов и др. – Екатеринбург: Уральский центр ПР и рекламы – "Марат", 2004. – 349 с.
11. Онлайн-геодезический измерительный комплекс «ВИЗИР 3D» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis.dgtu.donetsk.ua/software/vizir.html>

© С.Г. Могильный, А.А. Шоломицкий, И.С. Фролов, 2013

ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ГРАФОВ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ГЕОДЕЗИИ

Светлана Александровна Егорова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доцент кафедры прикладной информатики, тел. (923)109-05-15, e-mail: EgorovaS.A@yandex.ru

Рассматриваются вопросы формирования матрицы коэффициентов параметрических уравнений поправок.

Ключевые слова: теория графов, геодезическая сеть, матрица коэффициентов.

GRAPH THEORY FOR SOLVING APPLIED PROBLEMS OF GEODESY

Svetlana A. Yegorova

Assist. Prof., Department of Applied Informatics, Siberian, State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, phone: 923 1090515, e-mail: EgorovaS.A@yandex.ru

The problems of developing the coefficient matrix for parametric equations of corrections are considered.

Key words: theory of graphs, geodetic network, matrix of factors.

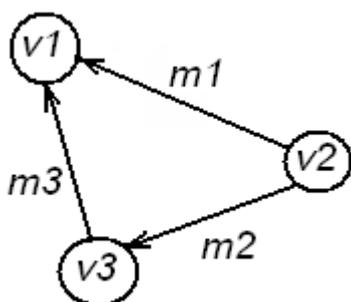


Рис. 1. Пример ориентированного графа

Теория графов естественным образом применима к рассмотрению топологии геодезических сетей. Среди разнообразия видов графов (смешанные, изоморфные, связные, взвешенные, планарные, хордальные и т.д.), для решения прикладных задач в геодезии целесообразно применение ориентированных графов (рис. 1) $G := (V, M)$, для которых выполнены следующие условия:

$|V|$ – непустое множество вершин или узлов;

$|M|$ – множество (упорядоченных) пар различных вершин, называемых дугами или ориентированными рёбрами.

Если, например, упорядоченная пара вершин v_k и v_{k+1} определяет дугу $m1 = \{v_k, v_{k+1}\}$, то вершину v_k называют началом, а v_{k+1} – концом дуги. Можно отметить, что дуга $m1$ ведёт от вершины v_k к вершине v_{k+1} , т.е. $v_k \rightarrow v_{k+1}$. Элементы графа $|V|$ и $|M|$ определяют порядок и размер графа соответственно.

Язык теории графов хорошо приспособлен для анализа разного рода структур и передачи состояний. В соответствии с этим можно отметить, что и некоторые задачи геодезии также можно решать с помощью теории графов, например можно выполнить формализацию и построение общей структурной модели объекта на разных уровнях его сложности.

При уравнивании сетей приходится создавать матрицу коэффициентов параметрических уравнений поправок, в которой необходимо ставить в соответствие связи между узлами. Если сеть большая, то сформировать такую матрицу достаточно трудоемко.

В помощь можно взять некоторые элементы из теории графов. Все задачи теории графов могут решаться как в графической, так и в матричной форме. В случае записи в матричной форме возможность передачи сообщения из данной вершины в другую обозначается единицей, а ее отсутствие – нулем, т.е. каждая строка матрицы соответствует определённой вершине графа, а столбцы ее соответствуют связям графа. Такую матрицу называют матрицей инцидентности, где как столбцы, так и строки соответствуют вершинам графа. В каждой ячейке этой матрицы записывается число, определяющее наличие связи от вершины-строки к вершине-столбцу (либо наоборот).

Например, в матрице $N(i, j)$ в ячейку на пересечении i -ой строки с j -м столбцом записывается: 1, в случае, если связь j «выходит» из вершины i ; -1, если связь «входит» в вершину; 0 – во всех остальных случаях (то есть если связь не инцидентна вершине).

Пусть имеется свободная нивелирная сеть с равномерно измеренными превышениями (рис. 2). Для построения псевдообратной матрицы по рекурсивному алгоритму [1, 2] необходимо сформировать матрицу коэффициентов параметрических уравнений поправок.

Следуя теории графов, каждая компонента сети может быть представлена в виде графа, поэтому для формирования такой матрицы в *MatLab* 6.5 была создана программа, обеспечивающая ввод количества реперов (узлов) и установление связей между узлами.

При традиционном приеме программирования, создать матрицу коэффициентов достаточно трудоемко, т.к. приходится использовать большое количество проверок и циклов, и флагов.

Предлагается следующий алгоритм создания матрицы коэффициентов.

В программе матрица $N(i, j)$, состоящая из трех столбцов и трех строк, заполняется нулями и единицами в соответствии с правилами ориентированного графа. В такой матрице строки и столбцы определяют номера узлов, а элементы главной диагонали равны нулю.

$$N = \begin{vmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}. \quad (1)$$

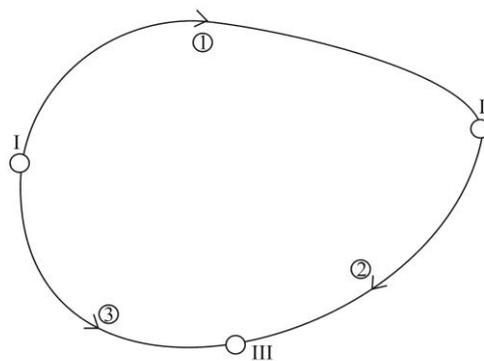


Рис. 2. Пример свободной нивелирной сети

В предложенном алгоритме обрабатывается только нижняя треугольная часть матрицы N , а верхняя треугольная часть матрицы N заполняется автоматически, т.к. она является симметричным отражением нижней треугольной матрицы.

Данный способ является самым ёмким (размер пропорционален $|V||M|$) для хранения, что облегчает нахождение циклов в графе.

Далее из матрицы N (1) выбираются две треугольные матрицы: $N1$ – нижняя (2), используя функцию *tril* и $N2$ – верхняя, используя функцию *triu* (3):

$$N1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}, \quad (2)$$

$$N2 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

После обработки каждой из них, формируется матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок для свободной нивелирной сети (рис.1):

$$A = \begin{vmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (4)$$

Фрагмент программы, созданной в *MatLab* 6.5, формирования матрицы коэффициентов представлен на рис. 3.

```

for d=1:nn n1=n-ff;
  for i=1:n1 h=0;
    for j=1:k
      if A(i,j)==0 h=h+1; end; end;
      if h==k zap=i;break; end; end;
m=A(1:zap-1,:);
m1=A(zap+1:end,:);
massv2=[m;m1];
A=massv2;
m=[]; m1=[]; massv2=[];
ff=ff+1;
end;

```

Рис. 3. Фрагмент программы создания матрицы коэффициентов

Таким образом, инцидентная матрица $A(i, j)$, состоящая из трех столбцов и трех строк (4), заполняется нулями и единицами в соответствии с правилами

ориентированного графа, где столбцы соответствуют номерам узлов, а строки – номерам связей между узлами.

Таким же способом можно создавать матрицу коэффициентов параметрических уравнений поправок любых свободных нивелирных сетей [3], что значительно сокращает время разработчика на ее формирование.

Зарождение теории графов в XVIII в. связано с математическими головоломками, но особенно сильный толчок ее развитию был дан в XX веке, когда обнаружились возможности ее практических приложений, в том числе для решения геодезических задач прикладного характера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барлиани А. Г. Разработка алгоритмов уравнивания и оценки точности свободных несвободных геодезических сетей на основе пседонормального решения : монография / А. Г. Барлиани. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 135 с.
2. Барлиани А.Г. Единый рекурсивный алгоритм уравнивания и оценки точности геодезических наблюдений / А.Г. Барлиани, С.А. Егорова // ГЕО-Сибирь 2012, Т. 1. – Новосибирск: СГГА, 2012, стр. 85-89.
3. Барлиани А.Г. Исследование рекурсивного алгоритма псевдообращения на возмущение исходных данных / А.Г. Барлиани, С.А. Егорова // ГЕО-Сибирь 2012, Т. 1. – Новосибирск: СГГА, 2012, стр. 90-94.

© С.А. Егорова, 2013

ПРИМЕНЕНИЕ ПО AUTOCAD ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ И ДАЛЬНЕЙШЕГО УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ ДАННЫМИ НА ВСЕХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Анна Анатольевна Ершова

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

При работе над крупными проектами встает главная задача – это правильный выбор программного обеспечения. Для решения инженерных задач необходимо выбрать такой продукт САПР, который можно эффективно использовать в работе при обработке геодезических данных. При этом именно изыскательский отдел является ведущим подразделением, так как именно геодезические данные являются исходными для разработки всего проекта, а потому, если что-то изначально некорректно, то исправление ведет к большим затратам.

Ключевые слова: AutoCAD, САПР, управление инженерными данными.

USING AUTOCAD FOR DEVELOPING TOPOGRAPHIC PLANS AND FURTHER MANAGEMENT OF ENGINEERING DATA AT ALL STAGES OF DESIGNING

Anna A. Yershova

Post-graduate, Ddepartment of Engineering Geodesy and Information Systems, Siberian, State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St, phone: 8 906 9095008, e-mail: yershova.anna@yandex.ru

Choosing proper software is the main problem of designing. To solve engineering problems it is necessary to apply the CAD most suitable for geodetic data processing. Geodetic data are very important for the design, because if the initial data are wrong correction work is likely to be costly.

Key words: AutoCad, CAD, engineering data management

Сегодня системы автоматизированного проектирования резко увеличили продуктивность конструкторско-технологических разработок, при этом в процессе проектирования, кроме чертежей, создается множество других взаимосвязанных данных. Поэтому инженерные данные – сложно устроенная, информационно-насыщенная и дорогая интеллектуальная собственность, особенно в применении к большому комплексному проекту, над которым работают много групп разносторонних специалистов. Управлять ими нужно для того, чтобы обеспечить взаимодействие групп разработчиков в процессе проектирования и эксплуатации объекта на разных стадиях жизненного цикла, начиная с обработки геодезических данных.

Главная мысль этой статьи внесена в заголовок. Но прежде чем к ней перейти, давайте разберемся, зачем вообще нужно управлять инженерными данными и какую роль в этом процессе играет топографическая основа проектирования, что происходит, если этого не делать, и как управление должно происходить.

По сути, инженерные данные – это полное описание проектируемого объекта в электронном виде. К ним относятся все файлы, которые производят конструкторско-технологические отделы промышленных предприятий, начиная с топографических чертежей, профилей, спецификаций, трехмерных моделей, различных схем и заканчивая связями между файлами, офисными документами и т.д.

При работе над крупными проектами, где вся инженерная работа начинается с изыскательских данных и заканчивается сметным расчетом, предприятия постоянно сталкиваются с необходимостью сокращения сроков разработки. Такую задачу ставят и заказчики и руководства предприятий. Также всегда хочется минимизировать ошибки в стыковке технических решений смежных отделов. Например, при разработке стройгенплана или плана земельного участка строительства ошибки топографической основы играют важную роль. Встает главная задача – это правильный выбор программного обеспечения.

Приоритетной задачей в процедуре автоматизации разработки топографического плана является правильный выбор программных средств. Особенно интенсивно программные средства для данной области инженерной деятельности стали развиваться в последние десять лет. Количество программных средств, применяемых геодезистами, составляет около двух десятков — от примитивного двухмерного черчения до использования высокоинтеллектуальных программных комплексов.

Рост частных геодезических предприятий вывел геодезическое производство на новый уровень. Правильная организация работ и умелое управление производством определяет успех предприятия, делает его конкурентоспособным, а значит, обеспечивает ему выживание в жестком мире бизнеса. Для планирования геодезических проектов при изыскательских работах или при капитальном строительстве, особенно важно сделать правильный выбор программного продукта.

Изучая статьи в журналах, специализирующихся на САПР, можно увидеть множество рекламы и узнать, что именно и у кого следует ее приобрести. Многие компании сразу же хотят приобрести программу. Но сдерживает только знакомство с прайс-листами. В табл. 1 приведен прайс-лист на стоимость программных лицензированных геодезических продуктов.

Когда речь идет о работе в едином информационном пространстве, то возникает вопрос, как обеспечить взаимодействие смежников, работающих с разными программными продуктами. Поэтому при выборе программного обеспечения многие руководители предприятий, как показывает опыт, останавливаются на одном AutoCAD Civil 3D как основном продукте проектирования. Так как эта версия продукта проста и продуктивна в использовании.

На основании цифровых данных, полученных в результате тахеометрической съемки, в AutoCAD Civil 3D в считанные секунды создается черновая модель топоплана, которая требует в дальнейшем порядка двух часов для редактирования. В Civil 3D при изменении цифровой модели автоматически пересчитываются все профили и сечения, что крайне важно. Такую динамическую

связь другие программы автоматизации проектирования не обеспечивают. В цифровую модель вносятся затем геологические данные, то есть описание пространственного расположения грунтов, а также положение границы между ними. Модель постоянно обновляется в соответствии с результатами работ, что обеспечивает актуальность данных.

Таблица 1

Стоимость программных лицензированных геодезических продуктов на март 2013 г.

Программный продукт	Цена на март 2013 г.
Программное обеспечение AutoCAD 2013, коммерческий	3835,00 €
Программное обеспечение AutoCAD Civil 3D 2013, коммерческий	4500,00 €
Программное обеспечение AutoCAD Map 3D 2013, коммерческий, русский, сетевой	4500,00 €
GeoniCS ТОПОПЛАН (ситуация + рельеф) v.13.x, локальная лицензия	50 000 ₪
CREDO-Dialogue - CREDO Топоплан 1.1	52 000₪

Система автоматизированного проектирования объектов инфраструктуры AutoCAD Civil 3D за последний год стала незаменимым помощником в работе тысячам пользователей – а именно в большинстве инженерам-изыскателям, геодезистам, проектировщикам генплана, стройгенплана, объектов и сооружений транспорта, внешних инженерных сетей. После успешных внедрений программного комплекса в российских проектно-изыскательских предприятиях, как показывает практика, интерес к нему растет в среде специалистов лавинообразно.

Кроме того, проектирование в AutoCAD и выпуск продукции в формате dwg положительно влияет на имидж предприятия и позволяет наглядно представлять результаты работы заказчику.

Сегодня фирма Autodesk предлагает поэтапное лицензирование, если бюджет компании не позволяет. Цена его колеблется от 120 тыс. до 160 тыс. руб. за простую версию AutoCAD и AutoCAD LT. А цена геодезических программ AutoCAD Civil и AutoCAD Map от 140 тыс. до 250 тыс. руб. Простой расчет показывает, что для оснащения 100 рабочих мест (средняя по нынешним временам проектная организация) только минимально необходимыми программными продуктами и только «под Автокад» потребуется не менее 600 тыс. руб. Это при условии всех скидок на сетевые лицензии и количество лицензий, других расчетных программ. И без стоимости оборудования. Именно поэтому порой приобретаются продукты у неофициальных партнеров Autodesk.

В институтах и проектных организациях, до которых в свое время все-таки дошла выборочная информация о программных продуктах в области разработки геодезических чертежей. Некоторые, например, приобрели программный комплекс CREDO белорусской фирмы «Кредо-Диалог». Это стало возможно в результате широкой и умелой рекламной политики компании, разрабатывающей CREDO. На самом деле для изыскательских и дорожных организаций этот программный продукт очень неплох. Так, разработчики программного продукта CREDO вот уже почти пять лет переводят свои продукты на платформу Windows и работа до сих пор еще не завершена. Кроме того, для достижения конечного результата при использовании CREDO проектировщикам приходится дорабатывать оформление чертежей в AutoCAD или с использованием других программных средств для проектирования. Также при передаче из CREDO в другие системы существует риск частичной потери смысловой информации, используемой CREDO. Построение элементарных объектов в этом программном комплексе занимает много времени, поскольку программный продукт остался на старой технологии автоматизированного проектирования. В конечном счете, проектировщики вынуждены доделывать свои проекты в AutoCAD.

Поэтому для решения инженерных задач необходимо выбрать такой продукт САПР, который можно эффективно использовать в работе при обработке геодезических данных. При этом именно изыскательский отдел является ведущим подразделением, так как именно геодезические данные являются исходными для разработки всего проекта, а потому, если что-то изначально некорректно, то исправление ведет к большим затратам.

AutoCAD Civil 3D – полноценная программа управления инженерными данными. При этом очень простая и быстро внедряемая в работу. Использование AutoCAD Civil 3D позволяет предприятию сосредоточиться на своей главной задаче – быстрой разработке и выпуске конкурентоспособной продукции, не тратя ресурсы на сложное и долгое внедрение дополнительных дорогостоящих средств обработки инженерных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геоинформатика: в 2 кн. Кн. 2 : учебник для студ. Высш. Учеб. заведений [Текст] / Е.Г.Капралов, А.В.Кошкарев, В.С.Тикунов и др.; под ред. В.С.Тикунова. – 2-е изд., перераб. И доп. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
2. Форум на тему использование AutoCAD в геодезии [Электронный ресурс] / Технологии проектирования. – М., 2012. – Режим доступа: <http://forums.autodesk.com>, <http://forum.dwg.ru>.
3. Сайт по поддержке пользователей САПР [Электронный ресурс] / Технологии проектирования. – М., 2012. – Режим доступа: <http://www.cad.dp.ua/program.php>

© А.А. Ершова, 2013

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА SWINGLET ПРОИЗВОДСТВА КОМПАНИИ SenseFLY (ШВЕЙЦАРИЯ)

Михаил Викторович Петров

НПК "Йена Инструмент", директор по производству, тел. 8-495-645-37-13, e-mail: michael.petrov@jena.ru

Рассматривается практический опыт использования БПЛА Swinglet производства компании senseFly в различных отраслях. Детально описан проект проведения аэрофотосъемки небольших населенных пунктов для решения задач кадастра. Приведена оценка возможностей БПЛА для проведения экологического мониторинга.

Ключевые слова: БПЛА.

PRACTICAL EXPERIENCE OF UAV SWINGLET APPLICATION (SENSEFLY, SWITZERLAND)

Michail V. Petrov

NPK "Jena Instrument", production manager, tel. 8-495-645-37-13, michael.petrov@jena.ru

We show practical experience of UAV Swinglet application (senseFly, Switzerland) in various fields. The project with aerial photography of small towns to meet the challenges of the land registry and environment monitoring is described in details.

Key words: UAV.

Место БПЛА среди существующих способов сбора геопространственных данных

Использование беспилотных летательных аппаратов для проведения аэрофотосъемки является весьма актуальным направлением развития методов сбора геопространственных данных. Для того, чтобы оценить реальное место данной технологии среди существующих способов съемки предлагается взглянуть на график, представленный на рис. 1.

Вертикальная ось-это размер покрытия(вверх по оси-от большого к малому), горизонтальная-удобство использования и актуальность получаемых данных. Как видно из графика, данные космической съемки обладают максимальным покрытием, но актуальность данных не всегда на высоком уровне. Для некоторых территорий данные космической съемки приходится ждать месяцами. Технологии аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования обладают более высокой актуальностью, точностью и средним покрытием. И, наконец, использование БПЛА оправдано в случае, когда необходимо быстро получить точные данные на небольшие по площади территории. К тому же с учетом себестоимости каждой их технологий, БПЛА занимают достаточно выгодные позиции среди существующих способов съемки, а для некоторых проектов, вообще, являются по сути оптимальным с точки зрения трудозатрат способом.

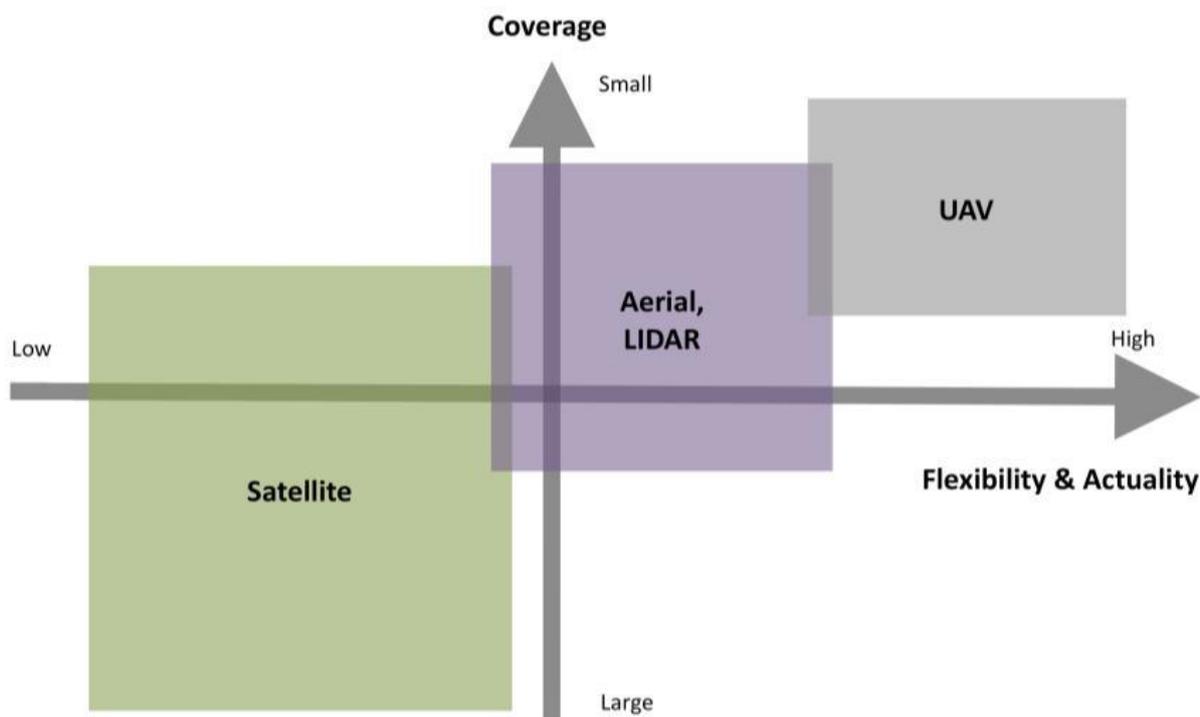


Рис. 1. Место БПЛА среди существующих методов дистанционного зондирования

Технические характеристики БПЛА Swinglet CAM

Компания НПК «Джи Пи Эс Ком» является дистрибьютором швейцарской компании senseFly(Швейцария), производящей сверхкомпактные БПЛА для крупномасштабной аэрофотосъемки. С одной из первых моделей БПЛА от senseF- Swinglet были проведены успешные полевые испытания и выполнены несколько проектов. SWINGLET Cam – небольшой суперлегкий беспилотный летательный аппарат, позволяющей производить аэрофотосъемку с высоты от 100 до 1000 метров с точностью от 4 до 30 см/пиксель. Технические характеристики БПЛА Swinglet представлены на рис. 2.

Он чрезвычайно прост в применении за счет возможности выполнения взлета и посадки в автоматическом режиме. Программное обеспечение eMotion 2 позволяет выполнять планирование, имитировать, отслеживать траекторию БПЛА Swinglet как во время полета, так и заблаговременно. С помощью простых операций перетаскивания и переноса вы можете обозначить зону картирования, создать план полета, а простым щелчком мыши обновить миссию или направить БПЛА Swinglet к точке начала маршрута. При помощи цифровой камеры с матрицей 12 МПикс, БПЛА способен создавать изображения с разрешением от 3 до 30 см на один пиксел на поверхности земли. За одну полетную миссию БПЛА Swinglet способен выполнить картирование площади от 1.5 до 10 км², в зависимости от установленного разрешения снимков и высоты полета. Комплект поставки включает в себя программное обеспечение Postflight Terra 3D – полностью автоматизированное программное обеспечение для 3D обра-

ботки снимков, разработки компании Pix4D. После выполнения процесса начальной проверки данных в поле (контроль по перекрытиям и получение ортомозаики в низком разрешении), программа Postflight Terra 3D создает точную геотрансформированную ортомозаику и цифровую модель рельефа. Кроме того, возможна дальнейшая оптимизация полученной модели по определяемым оператором контрольным точкам и контурам. Размах крыльев БПЛА составляет всего 80 см, поэтому его можно без проблем транспортировать в собранном состоянии. Весь комплект оборудования помещается в одну специально сконструированную коробку. SWINGLET Cam считается самым легким БПЛА в мире. Он весит всего 0,5 кг, что позволяет запускать его буквально из рук и приземлять практически на любую поверхность.



Рис. 2. Технические характеристики Swinglet CAM



Рис. 3. Небольшие размеры и масса БПЛА удобны для транспортировки и требуют малого времени подготовки к полетам

Технология обработки получаемых данных представлена на рис. 4.



Рис. 4. Этапы обработки снимков с БПЛА Swinglet

Практический опыт использования БПЛА Swinglet

С использованием БПЛА Swinglet летом 2012 года был выполнен проект по созданию ортофотомозаики масштаба 1:2000 населенных пунктов для решения инвентаризационных и кадастровых задач в Республике Казахстан. Особенностью проекта являлось то, что 47 населенных пунктов общей площадью всего около 140 кв.км были разбросаны на территории площадью более 10 000 кв.км. Поэтому использование аэрофотосъемки было экономически нецелесообразным, данные же космической съемки, имеющиеся в архиве не удовлетворяли по точности, а новых пришлось бы ждать более месяца. Аэрофотосъемка всех пунктов с использованием БПЛА Swinglet и дальнейшая камеральная обработка полученных данных заняли в общей сложности один месяц.

Еще одним проектом, в котором использовался БПЛА Swinglet был экологический мониторинг устья реки Келасур и пляжной зоны города Сухум(Абхазия). Специалистами Госкомитета Республики Абхазия по экологии и природопользованию снимки с БПЛА использовались для решения следующих задач:

- Оперативное выявление несанкционированных свалок мусорных отходов;
- Оперативное выявление и определение масштаба загрязнения сточными водами акватории Черного моря;
- Оценка последствий схода селевых потоков и горных обвалов;
- Выявление фактов незаконной застройки и самозахвата земель.



Рис. 5. Пример ортофотомозаики населенного пункта, созданной по снимкам с БПЛА Swinglet



Рис. 6. Место обнаружения несанкционированной свалки мусора (г. Сухум)



Рис. 7. Ортофотомозаика (разрешение-5см) устья реки Келасур

Первый опыт работы SWINGLET Cam оказался весьма удачным. В дальнейшем планируется использовать его для целей экологического мониторинга, оценки динамики экзогенных геологических процессов, инвентаризации объектов недвижимости и лесного хозяйства, создания планов застройки территорий, оценки объемов вырубki леса, мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, решения задач землеустройства, съемки промышленных объектов, отвалов горных пород при открытой добыче полезных ископаемых и даже для рекламной съемки.

© М.В. Петров, 2013

ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В КАЗАХСТАНЕ

Маржан Есенбековна Рахымбердина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 87773906720, e-mail: marzhanrakh@mail.ru

Данная статья носит обзорный характер. В статье выполнен анализ современного состояния метрологического обеспечения геодезических предприятий в Республике Казахстан, а также приведена нормативная и законодательная основа выполнения метрологических работ.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, геодезические приборы, поверка.

PROBLEMS OF METROLOGICAL ASSURANCE THE GEODETIC ENTERPRISES IN KAZAKHSTAN

Marzhan E. Rakhimberdina

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo st., post-graduate student, Engineering Geodesy and Information Systems department, tel. 87773906720, e-mail: marzhanrakh@mail.ru

This article has review character. In article, the analysis of state of the measurement assurance of geodetic enterprises in the Republic of Kazakhstan is made. And also, the standard and law-giving basis of performance of metrological works, is given.

Key words: measurement assurance, geodetic instrument, calibration.

В современном обществе при интенсивном развитии отраслей экономики, науки, образования, обеспечения обороны страны повышенные требования предъявляются к точности, качеству, достоверности и полноте содержания геодезической информации и картографических материалов. Поэтому вопросы метрологического обеспечения инженерно-геодезических измерений имеют актуальное значение. Обеспечение единообразия и правильности измерительной информации, получаемой с помощью геодезической измерительной техники, и составляет содержание метрологического обеспечения инженерно-геодезических работ.

Метрологическое обеспечение топографо-геодезического производства осуществляется административно-техническими мероприятиями и нормативными документами, регламентирующими вопросы производства, применения и поверок измерительных средств, а также осуществляющими контроль за их выполнением. Важная роль отводится государственной системе обеспечения единства измерений, основанной на комплексе взаимоувязанных правил, положений, требований и норм, устанавливаемых стандартами и другими нормативными документами, определяющими организацию и методику проведения работ по метрологическому обеспечению измерений [1, 8].

Надлежащее метрологическое обеспечение возможно только при полном регулировании, как законодательными, так и нормативными документами.

Законодательную основу метрологического обеспечения современного Казахстана составляют:

- Конституция Республики Казахстан от 30 августа 1995 года (с изменениями и дополнениями от 02.02.2011 г.);
- Соглашение стран СНГ от 13 марта 1992 г. «О проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации»;
- Закон Республики Казахстан «О техническом регулировании» от 9 ноября 2004 года № 603-ІІ (с изменениями и дополнениями от 10.07.2012 г.);
- Закон Республики Казахстан «О стандартизации» от 16 июля 1999 года № 433-І (с изменениями, внесенными Законом Республики Казахстан от 10.06.03 г. № 432-ІІ);
- Закон Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений» от 7 июля 2000 года «53- ІІ (с изменениями и дополнениями от 10.07.2012 г.)
- Закон Республики Казахстан «О защите прав потребителей» от 4 мая 2010 года № 274-ІV (с изменениями от 05.07.2011 г.)
- Экологический кодекс Республики Казахстан от 09.01.2007 № 212-ІІІ (с измерениями и дополнениями от 03.12.2011 г.);
- Указ Президента Республики Казахстан от 17 мая 2003 года № 1096 «О Стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2003-2015 годы» и др.

Нормативную основу в области геодезической метрологии Республики Казахстан составляют более 50 нормативных документа. К ним относятся группа стандартов «Государственная система обеспечения единства измерений», а также ГОСТы, методики поверок заводов-производителей, правила, инструкции, регулирующие выполнение определенных видов геодезических работ и др.

До распада СССР проблем с метрологическим обеспечением топографо-геодезического производства и землеустроительных работ в Республике Казахстан не существовало. Поверки, юстировки, калибровки, эталонирование геодезических приборов и инструментов выполнялись на аэрогеодезическом предприятии г. Алматы. Начиная с 1991 года, по причине развала ГУГК, ГИИЗов, Гипроводхозов и других специализированных научно-исследовательских институтов произошло значительное сокращение количества организаций, умеющих качественно выполнять поверки и юстировки геодезической техники [2]. В тоже время наблюдается тенденция расширения парка геодезических приборов, используемых при выполнении различных геодезических работ.

Постепенное насыщение казахстанского рынка современными геодезическими приборами и отсутствие сервисных центров, заставило дилеров геодезических приборов задуматься о создании собственных сервисных центров и подготовки специалистов.

Сегодня на рынке геодезической техники в Казахстане услуги по метрологическому обслуживанию геодезических приборов предоставляют следующие организации:

- ТОО «Геокурс»;
- ТОО «Геостройизыскания»;

- ТОО «ЕАТС»;
- АО «НаЦЭкС»;
- филиал РГКП «Казгеодезия» «Казгеокарт» Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами;
- РГП «Казахстанский институт метрологии» [5].

Вышеперечисленные первые три организаций являются дистрибьюторами геодезического оборудования определенных фирм, имеющих в своем составе сервисные центры, выполняющие ремонтные работы и обслуживание геодезических приборов, с выдачей метрологического сертификата о поверке.

Как правило, крупные сервисные центры, которые могут осуществлять обслуживание практически всего спектра геодезических приборов, сконцентрированы в городе Алматы и не имеют представительств в других городах. Соответственно для того, чтобы выполнить диагностику и юстировку геодезической техники, расположенной в городах Казахстана, производится транспортировка до сервисных центров, ремонт приборов и обратная доставка.

Исключением является компания АО «НаЦЭкС», которая оказывает широкий спектр услуг в области обеспечения единства измерений. Компания имеет в своем составе поверочные лаборатории в 18 филиалах на территории Казахстана, из них в десяти филиалах, расположенных в городах Алматы, Кокшетау, Актобе, Астана, Уральск, Павлодар, Кентау, Актау, Кызылорда, Караганда выполняются работы по метрологической поверке геодезических приборов и вспомогательного оборудования (нивелиры, теодолиты, тахеометры, нивелирные рейки).

Оставшиеся филиалы АО «НаЦЭкС» выполняют работы по метрологической поверке линейных средств измерений, представленных лазерными дальномерами и рулетками [5].

РГП «Казахстанский институт метрологии» оказывает широкий спектр услуг по метрологии, однако имеет узкую направленность по осуществлению метрологической поверки геодезических приборов, в основном представлен линейными средствами измерениями.

Филиал РГКП «Казгеодезия» «Казгеокарт» Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами в основном выполняет работы по метрологической поверке геодезических приборов структурных подразделений Казгеодезии.

Наиболее широкий парк геодезического оборудования охвачен сервисными центрами ТОО «Геокурс», ТОО «Геостройизыскания», ТОО «ЕАТС».

Первый сервисный центр был открыт в г. Алматы предприятием ТОО «ЕАТС», который является официальным дистрибьютором фирмы Leica Geosystems, и выполняет сервисное обслуживание следующих групп приборов: электронные тахеометры, электронные теодолиты, GPS-приемники, нивелиры оптические и цифровые, лазерные дальнометры, сканеры и др.

В область аккредитации поверочной лаборатории ТОО «Геокурс», созданной в 2010 году в г. Алматы, входят: электронные тахеометры; электронные и

оптические теодолиты; GPS-приемники; оптические и цифровые нивелиры; лазерные дальномеры; сканеры; нивелирные рейки и др. [4, 5].

Как правило, в сервисном центре «Геокурс» проводят ремонт и обслуживание геодезической техники фирм Trimble Navigation, Sokkia, Topcon, Spectra Precision, Nikon, Leica Geosystems, ОАО ПО УОМЗ им. Э. С. Яламова и другие.

Поверочная лаборатория ТОО «Геостройизыскания», созданная в начале 2011 года, расположена в г. Алматы и проводит ремонт, обслуживание следующих групп приборов фирм Topcon, Sokkia, Tamaya, Vega, Setl и другие:

- электронных теодолитов;
- электронных тахеометров;
- оптических и цифровых нивелиров;
- геодезических спутниковых систем;
- лазерных дальнометров;
- сканеров [3, 5].

Сервисные центры по метрологическому обслуживанию геодезических приборов оснащены контрольно-измерительными средствами для проведения работ по метрологической поверке геодезических приборов, как в лабораторных, так и в полевых условиях и представлены:

- эталонными базами разного разряда;
- стендами универсальными коллиматорными;
- экзаменаторами;
- установками автоколлимационными для поверки нивелиров и теодолитов

АУПНТ;

- компараторами и т.д.

Таким образом, анализируя современное состояние предприятий, оказывающих услуги по метрологическому обслуживанию геодезических приборов в Республике Казахстан, можно сделать вывод, что наблюдается тенденция увеличения количества поверочных лабораторий и сервисных центров на территории республики за последние годы, а также увеличение количества утвержденных средств измерений, внесенных в государственный реестр системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Так по состоянию на февраль 2013 года в WEB-сервисе РГП «Казахстанский институт метрологии» зарегистрировано 36 наименований тахеометров, 34 наименования нивелиров, 16 наименований теодолитов, 10 наименований свето- и лазерных дальнометров, 6 наименований GPS-приемников, 5 наименования сканеров [7].

Вместе с тем, следует отметить, что одним из факторов, замедляющих процесс метрологической аттестации геодезических приборов, является низкая осведомленность предприятий, выполняющих геодезические работы, о необходимости прохождения метрологической поверки и важности прохождения данной процедуры.

На пути развития казахстанской геодезической метрологии важным является создание единой базы регистрации геодезических приборов, прошедших процедуру метрологической поверки в поверочных лабораториях предприятий.

Таким образом, заказчики работ имели бы возможность отслеживать геодезические приборы, прошедшие метрологическую поверку.

Немаловажным является и тот факт, что территория Республики Казахстан не достаточно охвачена центрами по ремонту и обслуживанию геодезических приборов, особенно неохваченным в территориальном отношении является Восточный регион, а также сконцентрированность сервисных центров, в которых выполняется обслуживание более широкого спектра геодезических приборов, в г. Алматы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений» от 7 июля 2000 года «53- II (с изменениями и дополнениями от 10.07.2012 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zakon.kz>
2. Хасенов, К. Б. Проблемы метрологического обеспечения топографо-геодезического производства и землеустроительных работ [Текст] / К. Б. Хасенов, К. М. Калеева, Ю. Д. Гусаренко, Е. А. Таныгина, Н. Б. Иванова // Проблемы метрологического обеспечения топографо-геодезического производства и землеустроительных работ: сб. материалов науч.-метод. конф. 17-21 дек. 2001, Новосибирск. - Новосибирск: СГГА, 2001. – С. 91
3. Геостройизыскания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.topcon.kz>
4. Геокурс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geocourse.kz>
5. Метрология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.naceks.kz/ru/metrology>
6. Законодательные акты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.naceks.kz>
7. Казахстанский институт метрологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kazinmetr.kz>
8. Спиридонов А.И., Кулагин Ю.Н., Кузьмин М.В. Поверка геодезических приборов. – М.: Недра, 1981. – с. 159

© М.Е. Рахымбердина, 2013

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ НАБЛЮДЕНИЙ ТАХЕОМЕТРОМ НА НИВЕЛИРНОЙ СТАНЦИИ СПОСОБОМ ИЗ СЕРЕДИНЫ

Георгий Афанасьевич Уставич

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. +7 (383) 361-00-92, e-mail: ustaych@mail.ru

Маржан Есенбековна Рахымбердина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 87773906720, e-mail: marzhanrakh@mail.ru

В статье приведены программы наблюдений тахеометром на нивелирной станции способом из середины с учетом влияния оседания системы «штатив-тахеометр» на величину измеренного превышения при выполнении наблюдений при одном и двух горизонтах прибора.

Ключевые слова: тригонометрическое нивелирование, тахеометр, превышение.

DEVELOPMENT OF OBSERVATION PROGRAMS BY THE TOTAL STATION ON THE METHOD OF THE MIDDLE ON LEVELING STATION

Georgy A. Ustavich

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10, Plakhotnogo Ul, Doctor of Department of «Engineering geodesy and information systems», tel.: +7 (383) 361-00-92, e-mail: ustaych@mail.ru

Marzhan E. Rakhimberdina

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo st., post-graduate student, Engineering Geodesy and Information Systems department, tel. 87773906720, e-mail: marzhanrakh@mail.ru

The article is showed observation programs by the total station on method of the middle on leveling station and taking into account influence of subsidence of systems of the "tripod-total station" on the value of the measured height in carrying out observations at one and two horizons instrument.

Key words: trigonometric leveling, total station, excess.

Известно [8], что при выполнении высокоточного нивелирования I, II классов основными источниками ошибок измерения превышения на станции являются перемещение костылей и штатива и изменение угла i в процессе выполнения нивелирования. Применительно к выполнению тригонометрического нивелирования в условиях влияния вибрации аналогом данных источников ошибок является перемещение системы «штатив - тахеометр», а также изменение места нуля (МО) вертикального круга.

С учетом сказанного, нами разработаны программы наблюдения на станции, которые позволяют учитывать влияние на измеряемое превышение воз-

возможного перемещения системы «штатив - тахеометр», а также минимизировать это влияние на измеренное превышение с сохранением максимальной производительности нивелирных работ. Перемещение штатива (его оседание) на промплощадке возникает вследствие влияния следующих факторов:

- вибрации на систему «штатив - тахеометр» при установке ее на гладкий пол;
- оседания при установке системы на асфальтовое покрытие в летнее время;
- оседания при установке системы на насыпной грунт, который при строительстве сооружения на 60 - 70 % покрывает промплощадку.

При выполнении нивелирования при одном горизонте тахеометра наблюдения на станции могут производиться по следующим трем программам:

- а) первая программа: наблюдение по программе $Z_{КЛ}$, $П_{КЛ}$, $П_{КП}$, $Z_{КП}$.
- б) вторая программа: наблюдение по программе $Z_{КЛ}$, $П_{КЛ}$, $Z_{КП}$, $П_{КП}$.
- в) третья программа: наблюдения по программе $Z_{КЛ}$, $Z_{КП}$, $П_{КЛ}$, $П_{КП}$.

Производство наблюдение по первой программе. Предположим, что при выполнении работ на станции система «штатив - тахеометр» под влиянием вибрации оседает равномерно. Для удобства рассмотрения предположим также, что превышение между осадочными марками A и B (рис. 1, а) равно нулю и визирный луч тахеометра во время визирования на заднюю рейку при круге лево (КЛ) располагается горизонтально, т. е. $МО=0$. Тогда при реализации первой программы на станции отсчет по заднему отражателю будет равен A .

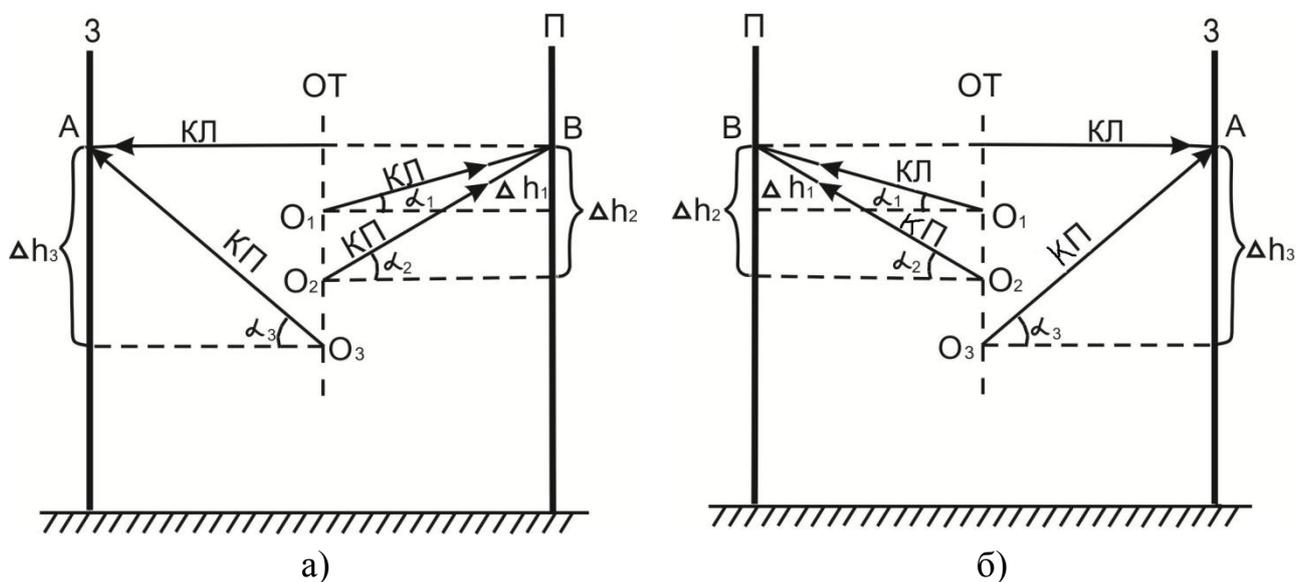


Рис. 1. Влияние оседания системы «штатив – тахеометр» на измеряемое превышение при симметричном наведении на отражатель:

а) при 1-ом горизонте, б) при 2-ом горизонте

Если бы не было оседания системы «штатив - тахеометр», то по переднему отражателю (марке) отсчет был бы равен B и превышение было бы равно нулю

$$h_{КЛ} = 3 - П = A - B. \quad (1)$$

Так как система «штатив - тахеометр» перемещается вниз, то при визировании на передний отражатель, на точку B , при КЛ она опустится в точку O_1 . В этом случае для выполнения визирования зрительную трубу тахеометра необходимо будет наклонить вверх, вследствие чего появится угол наклона α_1 и, следовательно, произойдет условное поднятие марки B на величину Δh_1 . Тогда величина превышения между марками A и B будет равна

$$h_{KL} = Z_{KL} - П_{KL} = A - B = A - (B + \Delta h_1) = - \Delta h_1. \quad (2)$$

Таким образом, при определении превышения между двумя марками одним полуприемом измеренное превышение будет отягощено величиной оседания системы «штатив - тахеометр». Следовательно, выполнять высокоточное нивелирование в условиях влияния вибрации одним полуприемом нельзя.

При измерении превышения вторым полуприемом зрительная труба при круге право (КП) может наводиться или на марку B или на марку A . Рассмотрим сначала вариант, когда труба наводится на марку B . За время наведения на марку B система «штатив - тахеометр» из точки O_1 опустится в точку O_2 . Тем самым снова появится угол наклона α_2 и снова произойдет условное поднятие марки B на величину Δh_2 , т. е. $КП = B + (\Delta h_1 + \Delta h_2)$. При выполнении второго полуприема за время визирования при КП на марку B также произойдет дальнейшее опускание системы «штатив - тахеометр», она переместится в точку O_3 и также появится угол наклона α_3 и произойдет суммарное условное поднятие марки B на величину $\Delta h_3 = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3$. Принимая, что величины Δh_i опускания системы «штатив - тахеометр» между наведениями при КЛ и при КП равны между собой можем записать

$$h_{KP} = Z_{KP} - П_{KP} = A - B = (A + \Delta h_3) - (B + \Delta h_2) = \Delta h_1. \quad (3)$$

Тогда величина измеренного превышения полным приемом с учетом формул (2) и (3) будет равна

$$h_{изм} = h_{cp} = h_{ист}. \quad (4)$$

Таким образом, при определении превышения между двумя марками одним приемом измеренное превышение не будет отягощено величиной оседания системы «штатив - тахеометр» при ее равномерном опускании. Следовательно, данная программа является симметричной относительно времени наблюдений на отражателе.

Производство наблюдение по второй программе. При реализации данной программы зрительная труба при КЛ (рис. 2, а) наводится на задний отражатель и отсчет по нему будет A . После этого также при КЛ зрительная труба наводится на передний отражатель. Так как система «штатив - тахеометр» перемещается вниз, то при визировании на передний отражатель, на точку B , при КЛ она опустится в точку O_1 . В этом случае для выполнения визирования зрительную трубу тахеометра необходимо будет наклонить вверх, вследствие чего появится угол наклона

α_1 и, следовательно, произойдет условное поднятие марки B на величину Δh_1 . Тогда величина превышения между марками A и B будет вычисляться по формуле (2).

Таким образом, при определении превышения между двумя марками одним полуприемом измеренное превышение будет отягощено величиной оседания системы «штатив - тахеометр».

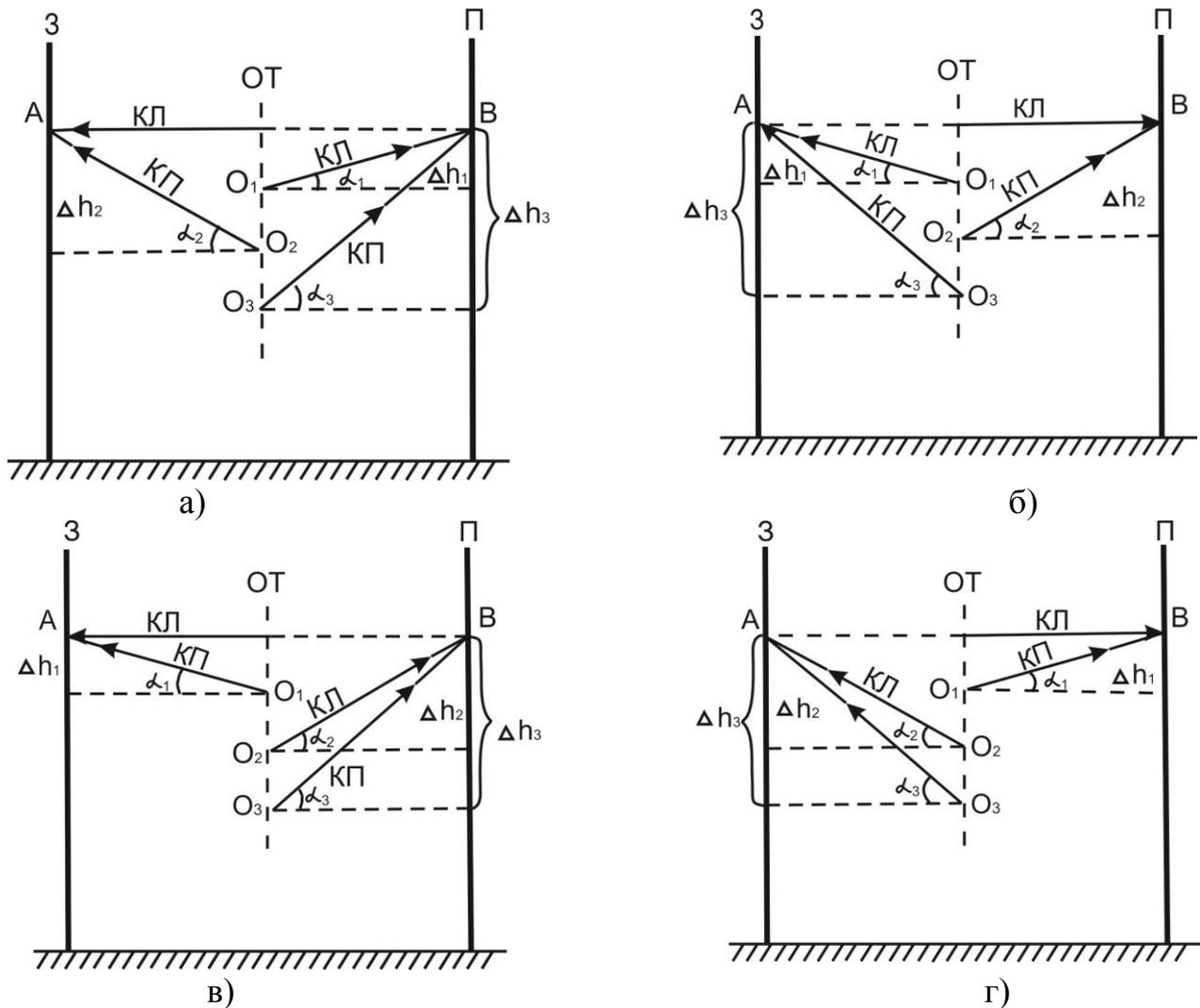


Рис. 2. Влияние оседания системы «штатив – тахеометр» на измеряемое превышение: а) по второй программе при 1-ом горизонте; б) по второй программе при 2-ом горизонте; в) по третьей программе при 1-ом горизонте; г) по третьей программе при 2-ом горизонте

При измерении превышения вторым полуприемом измеренное превышение будет равно

$$h_{КП} = Z_{КП} - П_{КП} = A - B = (A + \Delta h_2) - (B + \Delta h_3) = -\Delta h_1. \quad (5)$$

Тогда величина измеренного превышения полным приемом с учетом формул (2) и (5) будет равна

$$h_{изм} = h_{ср} = - \Delta h_1. \quad (6)$$

Таким образом, при определении превышения между двумя марками по второй программе одним приемом измеренное превышение будет отягощено величиной оседания системы «штатив - тахеометр» на величину минус Δh_1 .

Производство наблюдение по третьей программе. При реализации данной программы зрительная труба при КЛ (рис. 2, в) наводится на задний отражатель и отсчет по нему будет А. Затем на этот задний отражатель производится наведение и при КП. После этого сразу при КЛ и КП производится наведение на передний отражатель.

Из рис. 2, в следует, что среднее значение превышения, измеренного полным приемом будет равно

$$h_{изм} = h_{ср} = - 2\Delta h_1. \quad (7)$$

Таким образом, при определении превышения между двумя марками по третьей программе одним приемом измеренное превышение будет отягощено величиной оседания системы «штатив - тахеометр» на величину минус $2\Delta h_1$.

Из анализа трех программ наблюдений одним приемом следует, что практически полностью компенсация величины оседания системы «штатив - тахеометр» происходит при применении первой программы.

Для повышения точности и надежности измерений превышения на станции необходимо увеличивать число приемов. Применительно к ослаблению влияния оседания системы «штатив - тахеометр» на станции необходимо изменить программу наблюдений с таким расчетом, чтобы она стала симметричной.

Первая программа при двух горизонтах. При её реализации наблюдение на станции можно производить следующим образом (рис. 1, а, б):

1-й горизонт $Z_{КЛ}, P_{КЛ}, P_{КП}, Z_{КП}$; 2-й горизонт $Z_{КЛ}, P_{КЛ}, P_{КП}, Z_{КП}$ или

1-й горизонт $Z_{КЛ}, P_{КЛ}, P_{КП}, Z_{КП}$; 2-й горизонт $P_{КЛ}, Z_{КЛ}, Z_{КП}, P_{КП}$.

В обоих случаях согласно формуле (4) влияния оседания системы «штатив - тахеометр» на станции компенсируются практически полностью.

Вторая программа при двух горизонтах. При её реализации наблюдение на нивелирной станции можно производить следующим образом (рис. 2, а, б):

1-й горизонт $Z_{КЛ}, P_{КЛ}, Z_{КП}, P_{КП}$; 2-й горизонт $P_{КЛ}, Z_{КЛ}, P_{КП}, Z_{КП}$.

Третья программа при двух горизонтах. При её реализации наблюдение на станции можно производить следующим образом (рис. 2, в, г):

1-й горизонт $Z_{КЛ}, Z_{КП}, P_{КЛ}, P_{КП}$; 2-й горизонт $P_{КЛ}, P_{КП}, Z_{КЛ}, Z_{КП}$.

Анализ программ наблюдений показал, что измерение превышения на станции двумя приемами с изменением порядка визирования на отражатели делают программы симметричными, а полученные результаты - практически свободными от влияния оседания системы «штатив - тахеометр». Однако наиболее удачной программой наблюдения является первая программа, так как компенсация оседания системы «штатив - тахеометр» происходит и при одном и при двух горизонтах данной системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СО 153-34.21.322-2003 «Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций».
2. МДС 13-22.2009 «Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений».
3. Хаметов Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 200с.
4. Беспалов Ю.И., Мирошниченко С.Г. Исследование точности измерения превышений электронными тахеометрами // Геодезия и картография. – 2009. – №3. – С. 12–13.
5. 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.
6. Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980. – 248 с.
7. Пискунов М.Е., Нгуен Ван Дау. Метод высокоточного тригонометрического нивелирования короткими (до 100м) лучами // Изв. Вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1971. – № 6. – 37–48;
8. Ашраф А. Бешр, Рябова Н.М., Сальников В. Г., Теплых А. Н., Рахымбердина М.Р. Исследование влияния вибрации на точность измерений цифровыми нивелирами и электронными тахеометрами // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. - №3. - С.123-126/

© Г.А. Уставич, М.Е. Рахымбердина, 2013

ТЕОРИЯ УПРУГОЙ ОТДАЧИ, ДИЛАТАНСИЯ, ГЕОДЕЗИЯ – ПРОГНОЗ

Виктор Петрович Савиных

Московский государственный университет геодезии и картографии, **105064**, Россия, г. Москва, **Гороховский пер., 4**, тел. (499) 261-46-19, академик Международной академии астронавтики, Российской инженерной академии, член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор, летчик-космонавт СССР

Анатолий Кузьмич Певнев

Институт физики Земли РАН, 123995, Россия, ГСП-5, Москва Д-242, Б. Грузинская ул., 10, стр. 1, профессор, д.т.н., тел. (499)152-61-93, e-mail: apevnev-an@mail.ru

Харьес Каюмович Ямбаев

Московский государственный университет геодезии и картографии, **105064**, Россия, г. Москва, **Гороховский пер., 4**, профессор, д.т.н., проректор по научной работе, тел. +7(499)763-34-35, e-mail: yambaev@miigaik.ru

Проблема прогноза землетрясений – одна из наиболее значимых в науках о Земле. Конечно, значимость проблемы уже давно осознана ученым сообществом многих стран мира (Япония, Китай, Россия – СССР и др.), однако она далека от решения и мы до сих не умеем прогнозировать даже сильные землетрясения.

Ключевые слова: землетрясения, прогноз, теория упругой отдачи, прогнозные построения.

THEORY OF ELASTIC RECOIL, DILATANCY, GEODESY: EARTHQUAKE FORECASTING

Victor P. Savinykh

Ph.D., Prof., Academician, Russian Engineering Academy, International Academy of Astronautics, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, space pilot, Moscow State University of Geodesy and Cartography, 4 Gorokhovsky per., Moscow, 105064, phone: (499)2614619

Anatoly K. Pevnev

Ph.D., Prof., Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, 10 Bolshaya Gruzinskaya St., Moscow, D-242, phone: (499)1526193, e-mail: apevnev-an@mail.ru

Kharyes K. Yambayev

Ph.D., Vice-rector for Research, Moscow State University of Geodesy and Cartography, 4 Gorokhovsky per., Moscow, 105064, phone: +7(499)2614619, e-mail: yambaev@miigaik.ru

The problem of earthquake prediction is one of the most significant for Earth's sciences. Though the scientists of many countries (Japan, China, Russia and others) are aware of the problem urgency, it has not been solved as yet. We cannot forecast even major earthquakes.

Key words: earthquake, prediction, theory of elastic recoil, forecasting.

Проблема прогноза землетрясений – одна из наиболее значимых в науках о Земле. Конечно, значимость проблемы уже давно осознана ученым сообществом многих стран мира (Япония, Китай, Россия – СССР и др.), однако она далека от решения и мы до сих пор не умеем прогнозировать даже сильные землетрясения (примеры: Спитакское $M=7.2$, Сахалинское $M=7.5$, Кобе $M=7.0$ и др.).

Понятно, что есть объективные трудности, связанные со сложностью самой проблемы. Широкомасштабные эксперименты по выдаче краткосрочного прогноза выполняются в районе Паркфилда в Калифорнии (США) и районе Кобе (Япония).

Однако пока нет общепризнанных концепций развития очага будущего землетрясения даже для наиболее частых и изученных случаев коровых землетрясений, когда землетрясение происходит как внезапное проскальзывание в противоположных направлениях существующих крупных разломов типа Сан – Андреас в Калифорнии, Памбак – Севакского в Армении, Северо – Анатомитского в Турции и т.д.

Геодезический (деформационный) метод прогноза землетрясений основывается на теории упругой отдачи, основанной на главном положении гипотезы Г.Ф. Рейда, а именно: «Разрушение горной породы, вызывающее тектоническое землетрясение является результатом упругих деформаций, обусловленных относительным смещением прилегающих друг к другу участков земной коры.

Эти смещения – сдвиги, возможно, могут вызывать увеличение объема горных пород из-за явления дилатансии (*dilatansiya*). Так можно интерпретировать механический принцип, лежащий в основе коровых землетрясений, выражающийся деформациями верхней (дневной) поверхности сейсмогенного слоя земной коры.

Результаты повторных геодезических измерений могут показать характер накопления напряжений по изменению величин плановых и высотных деформаций земной коры в пунктах наблюдений (**рис.1**), количество и взаимное положение которых зависит от геолого – тектонической структуры того или иного сейсмоактивного участка (региона) Земли.

Новозеландский сейсмолог Дж. Эйби в работе пишет: «Сегодня мало кто из сейсмологов сомневается в корректности теории упругой отдачи в целом».

Убедительным подтверждением теории упругой отдачи является землетрясение в 1819 г. На побережье залива Кач в Индии, где ярко проявились противоположно направленные вертикальные деформации (смещения) земной коры.

Считать накапливаемые деформации прогнозным признаком можно лишь, если полагать деформации упругими. При подготовке сильных коровых землетрясений регулярное изгибание испытывает и земная поверхность над очагом, являющаяся его верхней границей. Именно участие земной поверхности в процессе подготовки очага и открывает реальные возможности геодезического метода обнаружения и отслеживания искомого прямого признака – предвестника землетрясения.

Если в какой-либо малой части тела приложена уравновешенная система сил, то она вызывает в теле напряжения, очень быстро убывающие по мере удаления от этой части (экспоненциальный характер затухания напряжений".

Поэтому из-за появления концентратора напряжений (спайки) возникшее местное поле упругих напряжений будет закономерно, экспоненциально изменяющимся полем, обеспечивающим упругую изгибную деформацию (упругий изгиб) горных пород в готовящемся очаге землетрясения. *Максимальное упругое смещение будут иметь горные породы, примыкающие к остановившемуся участку разлома, а по мере удаления в обе стороны от этого участка упругие смещения горных пород будут быстро и закономерно убывать.*

Теоретическое обоснование вида деформационного предвестника землетрясения - это упругий изгиб горных пород в очаге готовящегося землетрясения, определяется следующим уравнением

$$d = De^{ax} \quad (1)$$

где d - величина упругого смещения рассматриваемой точки земной поверхности; x - удаление этой точки от разлома; D - максимальное упругое смещение на разломе ($x=0$); a - параметр, характеризующий упругие свойства горных пород в очаге.

Имеющиеся данные повторных геодезических измерений в эпицентральных зонах сильных коровых землетрясений (рис.1) убедительно свидетельствуют в пользу того, что процесс подготовки очага корового землетрясения затрагивает и земную поверхность.

Предлагаемые решения основаны на теории упругой отдачи Г.Ф. Рейда и известного явления изменения объема материала (горных пород) при сдвиговой деформации – дилатансия (dilatasiya) – термин введен О. Рейнольдсом (1885 г.) и изучен М. Рейнером (1963 г.)

Выполненными в последние годы исследованиями были установлены реальные возможности и найдено действительное место деформационного (геодезического) метода в проблеме прогноза землетрясений. Исследованиями установлено, что подготовка очага сильного корового землетрясения сопровождается прямым и единственно достоверным прогнозным признаком, которым является закономерная деформация - накапливаемый во времени упругий сейсмогенный изгиб горных пород в очаге. И теоретические соображения, а, самое главное экспериментальные данные – результаты повторных геодезических измерений, выполненных в эпицентральных зонах случившихся землетрясений и структура полей афтершоков после сильных землетрясений – с полной определенностью говорят о том, что указанный изгиб испытывает и земная поверхность над готовящимся очагом. Благодаря этому обстоятельству открывается реальная возможность путем повторных геодезических измерений отслеживать процесс накопления сейсмогенных деформаций в этом очаге, что равнозначно осуществлению прогноза места готовящегося очага землетрясения.

Итак, для осуществления прогноза места очага необходимо обнаружить участок сейсмогенной зоны, испытывающий закономерное упругое изгибание. Именно решению этой задачи должны быть подчинены вид и размеры специальных геодезических построений, количество пунктов и их взаимное расположение в этих построениях.

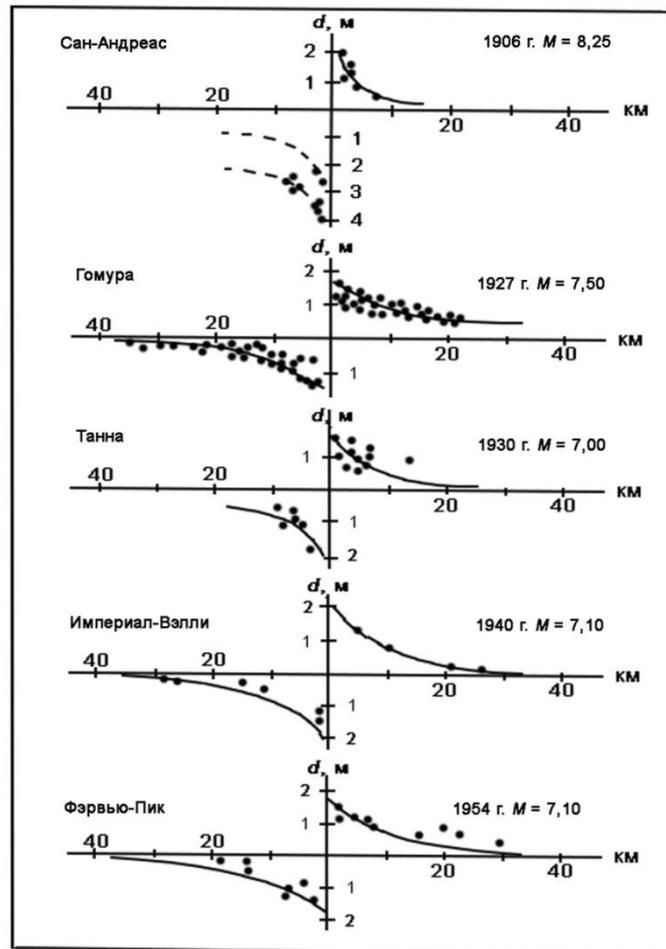


Рис. 1. Реальное распределение смещений d геодезических пунктов в зонах сейсмогенных разломов при сильных коровых землетрясениях в зависимости от удаления геодезических пунктов от разломов

Следует отметить, что в арсенале геодезии имеется достаточное количество различных методов, средств и систем измерений, которые могут быть взяты на вооружение при создании деформационных (геодезических) полигонов (сетей), которые следует выбирать как с учетом необходимой точности определения величин смещений пунктов, так и с учетом других условий.

Для уверенного определения вида деформаций исследуемого участка земной поверхности полигон должен иметь большую густоту пунктов, которая может быть переменной: в наиболее деформируемой центральной части сейсмогенной зоны пункты нужно располагать чаще, а к краям зоны их можно располагать реже.

Совершенно очевидно, что схема расположения пунктов должна корректироваться для каждого конкретного геодезического полигона.

Расположения пунктов должно оптимизироваться для фиксации как нарастающего во времени упругого изгиба (максимального в зоне сейсмического шва

и вблизи него), так и сбрасываемых напряжений (деформаций), возникающих в очаге при его разрушении.

Это и есть реальный путь к точному и достоверному прогнозу местоположения готовящегося очага землетрясения.

На рис. 2 показана принципиальная схема обнаружения очага готовящегося землетрясения.

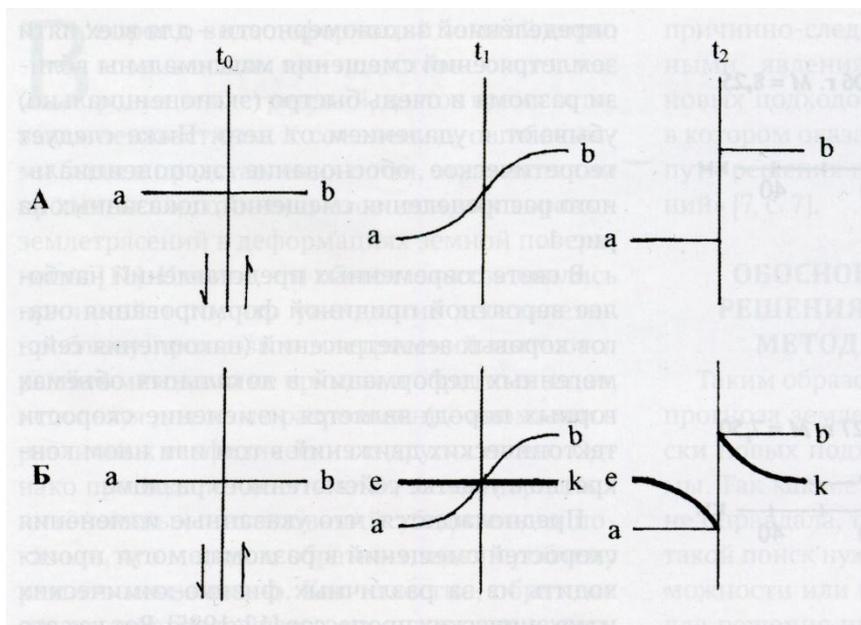


Рис. 2. Принципиальная схема обнаружения очага готовящегося землетрясения

На этом рисунке: вертикальные линии - сейсмогенный разлом, смещения по которому показаны стрелками; t_0 - момент создания прямолинейного геодезического прогнозного профиля *aob*, черные точки на профиле - геодезические пункты. t_1 - момент повторных измерений на профиле. Если прямолинейный профиль был создан над уже готовящимся очагом землетрясения, или подготовка очага началась в промежутке между t_0 и t_1 , то в момент t_1 пункты геодезического профиля будут располагаться на экспоненциальной кривой *aob*, являющейся единственным достоверным признаком процесса накопления упругих сейсмогенных деформаций в исследуемом участке сейсмогенного разлома.

Именно такое использование геодезического метода откроет путь к прогнозу места очага готовящегося землетрясения.

Геодезическому методу доступен не только прогноз места очага, но и прогноз его силы. Дело в том, что сила землетрясения функционально связана с размерами его очага и, следовательно, к прогнозу силы готовящегося землетрясения можно подойти через определение размеров его очага.

Длину и ширину очага готовящегося землетрясения можно определять геодезическим методом, создав на всем протяжении исследуемой сейсмогенной зоны ту или иную комбинацию прогнозных геодезических построений рассчи-

танную на достоверное обнаружение готовящихся очагов тех или иных размеров; такие построения назовем "геодезическими прогнозными системами" — ГПС

Так можно решить проблему прогноза максимально возможной силы готовящегося землетрясения. На рис. 3 модель деформирования земной поверхности в районе ГПС.

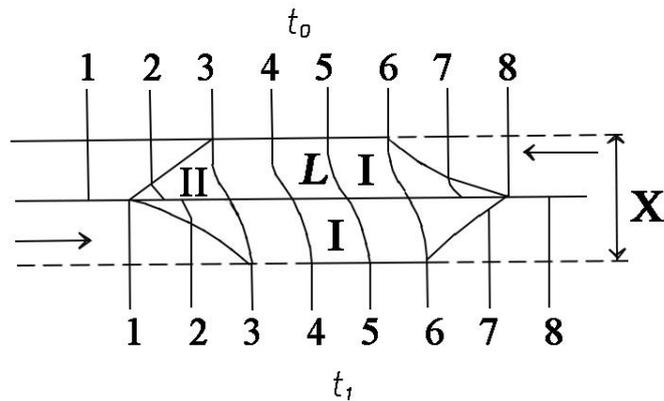


Рис. 3. Модель упругого деформирования земной поверхности над очагом готовящегося землетрясения (в момент t_1)

Линии (1-1,...8-8) - геодезические профили, которые в момент зарождения очага (t_0) представляли собой сплошные прямые линии, в процессе подготовки очага были либо разорваны и смещены по разлому (1-1 и 8-8), либо деформированы и смещены (2-2 и 7-7), либо упруго деформированы над очагом (3-3, ...6-6); I - зона сжатия; II - зона растяжения; L - линия прекращения смещений по разлому т.е. искомая длина очага готовящегося землетрясения («спайка»); X - ширина очага землетрясения.

Размещение ГПС (частота их расположения вдоль сейсмогенной зоны) зависит от минимальной силы землетрясения, очаг которого должен быть распознан. Так, если ставить целью прогнозировать землетрясения с магнитудой $M \geq 7$, то ГПС можно располагать через 30-40 км, так как длина очага землетрясений с $M=7$ составляет около 60 км и, следовательно, при размещении профилей через 30 км такой очаг не будет пропущен. Длина очага землетрясения с $M=6$ составляет примерно 20 км и поэтому ГПС можно размещать через 10 км. Для землетрясений с $M=5$ профили следует располагать не реже чем через 4-6 км, так как длина очага такого землетрясения около 8 км.

Приведенная схема геодезического мониторинга позволяет осуществлять два прогноза - прогноз места готовящегося очага землетрясения и прогноз силы, которую способен породить исследуемый очаг.

И.П. Добровольским на основе взглядов Г.А. Гамбурцева разработана консолидационная (физическая) модель подготовки и протекания землетрясения.

Г. А. Гамбушев полагал, что очаг землетрясения должен представлять тело, преобладающими деформациями которого являются упругие деформации.

Это условие является необходимым и достаточным для зарождения и формирования очага землетрясения. Такие консолидационные участки в сейсмогенных разломах? Он метко назвал «спайками» и полагая, что в сейсмогенных разломах наряду с процессом разрушения – уменьшения прочности отдельных участков сейсмогенных швов, - может идти обратный процесс «залечивания» разрушенных мест, образование новых «спаек» между соседними блоками. Это, видимо, можно объяснить действием эффекта «дилатансии» - расширение объема пород вследствие сдвиговой деформации. Таким образом, происходит закономерная смена взаимосвязанных процессов накопления и разрушения напряжений.

Переход состояния среды из неустойчивого в устойчивое сопровождается выделением энергии E , величина которой обусловлена размерами блока и его энергонасыщенностью, а не энергией возмущения ΔE , которая всегда оказывается много меньше E .

Второй и третьей особенностями земной коры являются непрерывное движение, наличие горизонтальных и вертикальных перемещений, а также наличие значительных касательных напряжений.

Консолидационная модель учитывает определяющие свойства земной коры и основана на анализе поведения ансамбля блоков, находящихся в состоянии относительного движения. Ее сущность, кратко, состоит в следующем: цикл одиночного землетрясения имеет три фазы, следующие друг за другом в периодической последовательности (рис. 4).

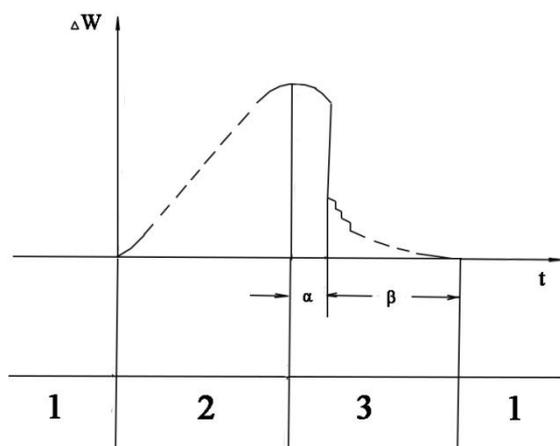


Рис. 4. Схема процесса подготовки и протекания землетрясения по консолидационной модели. ΔW – приращение упругой потенциальной энергии зоны подготовки, t – время, 1 – фаза регулярного состояния, 2 – фаза консолидации, 3 – фаза разрушения

Фаза регулярного состояния сменяется фазой консолидации, на которой два или несколько блоков входят постепенно в относительно прочное зацепление, образуя консолидированную область или неоднородность, чьи осреднен-

ные свойства отличаются, очевидно, от аналогичных ее свойств до консолидации. Далее на фазе разрушения происходит распад консолидированной области путем быстрых пластических подвижек, форшоков, магистрального разрыва (или роя) афтершоков, которые приводят среду вновь в фазу регулярного состояния.

Часть фазы разрушения от ее начала до магистрального разрыва (или начала роя землетрясений) названа α стадией, а оставшаяся часть фазы – β стадией. На α стадии возникают пластические подвижки форшоки краткосрочные предвестники, β стадия характеризуется афтершоковой деятельностью.

Консолидированная область является тем особым объемом в земной коре, разрушение которого магистральным разрывом и вызывает землетрясение.

«В консолидированной области и ее ближайшей окрестности по границам между блоками могут происходить пластические подвижки, которые проявляются на поверхности соответствующими изменениями наклонов и деформаций.

На фазе разрушения происходит распад некоторого особого объема a , поскольку до сих пор особым объемом было включение, то происходит распад некоторого расширяющегося объема среды – дилатансия (рис. 5).

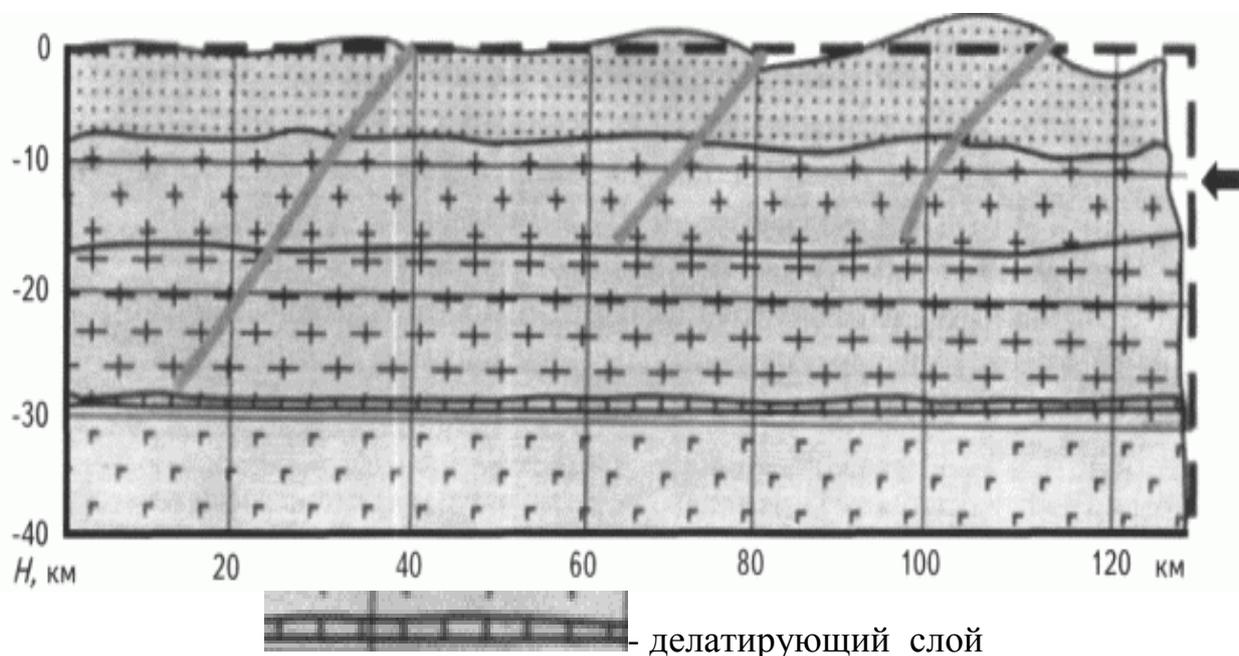


Рис. 5. Модель действия эффекта дилатансии

Таким образом, в конце XX века находит дальнейшее развитие идея высказанная Г. Рейдом в начале века.

измерений, выполненных до и после землетрясений. Ниже приводятся результаты геодезического мониторинга движений земной коры (рис. 6, 7, 8), подтверждающее эффективность геодезического деформационного прогнозного метода, основанного на вышерассмотренной теории упругой отдачи и дилатансии.

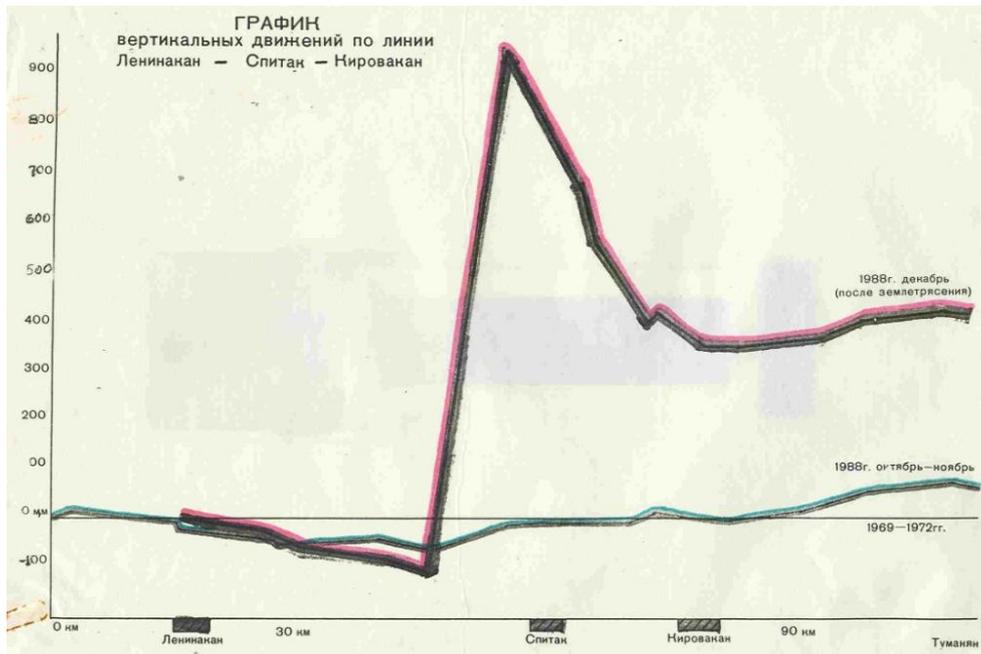


Рис. 6. График вертикальных движений по линии Ленинакан – Спитак – Кироваван

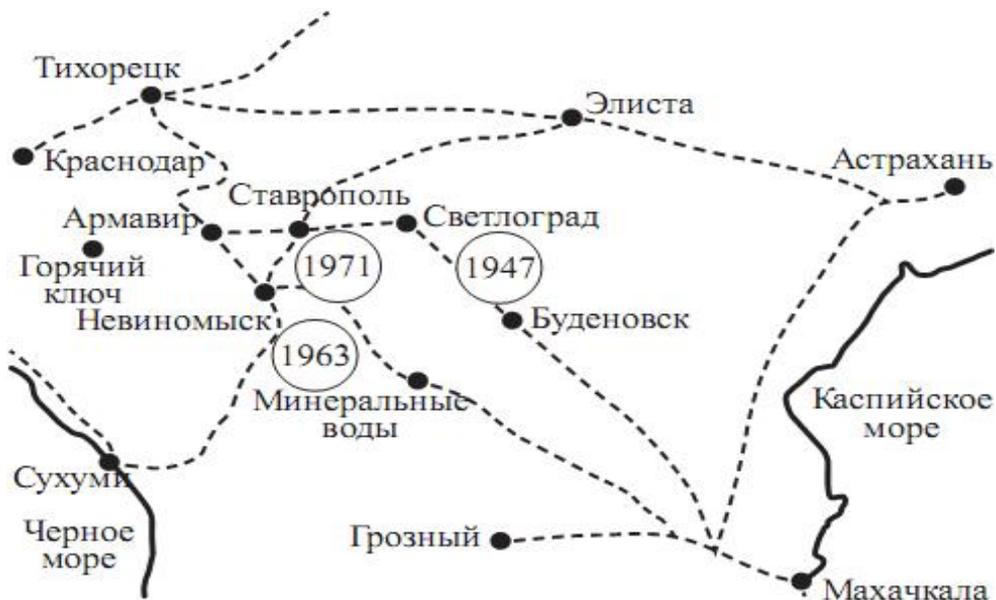


Рис. 7. Схема повторных нивелировок на Северном Кавказе

Крупнейшие землетрясения в Армении (г. Спитак) в 1988 г. вызвало деформации земной коры (рис. 6), полностью коррелированные с консолидационной моделью ИП Добровольского (см. рис. 4).

На Северном Кавказе до и после трех происшедших, соответственно, в 1947, 1963 и 1971 г. землетрясений (рис. 7) результаты повторных нивелировок представлены, соответственно, на рис. 8.

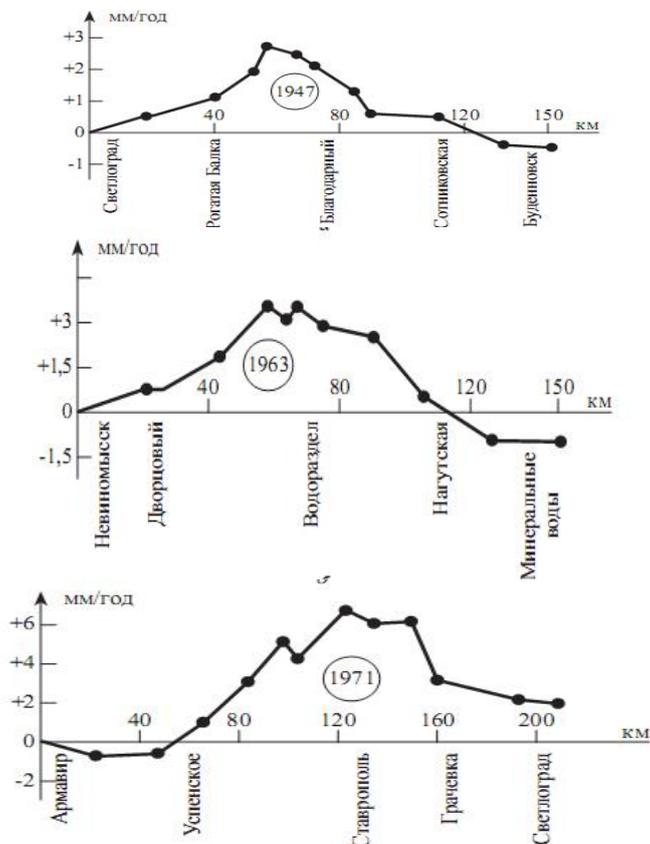


Рис. 8. Скорости движения земной коры по результатам повторных нивелировок
 а - Светлоград-Буденновск; б - Невинномыск-Минеральные воды;
 в - Армавир-Светлоград

Вышеприведенные результаты повторных нивелировок согласуются с теорией упругой отдачи (изгиба) и могут быть доказательством правомочности геодезического метода прогноза землетрясения.

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.

При надлежащем расположении и закреплении пунктов референц-сетей в городах и на территориях регионов, при введении в их компьютерно-коммуникационную систему блока деформационного мониторинга и некоторых других доступных по стоимости обременений такие региональные референц-системы (РРС) также могут быть одним из реальных путей геодинамического мониторинга, особенно в сейсмоактивных регионах.

Таким образом, при надлежащем отношении органов государственной власти регион может получить возможность организации геодезического мониторинга с минимальными финансовыми вложениями. Разработку такого геодезического блока (см. рис. 9), обязательного в составе региональной референц-системы, возможно осуществить на примере действующих РРС.

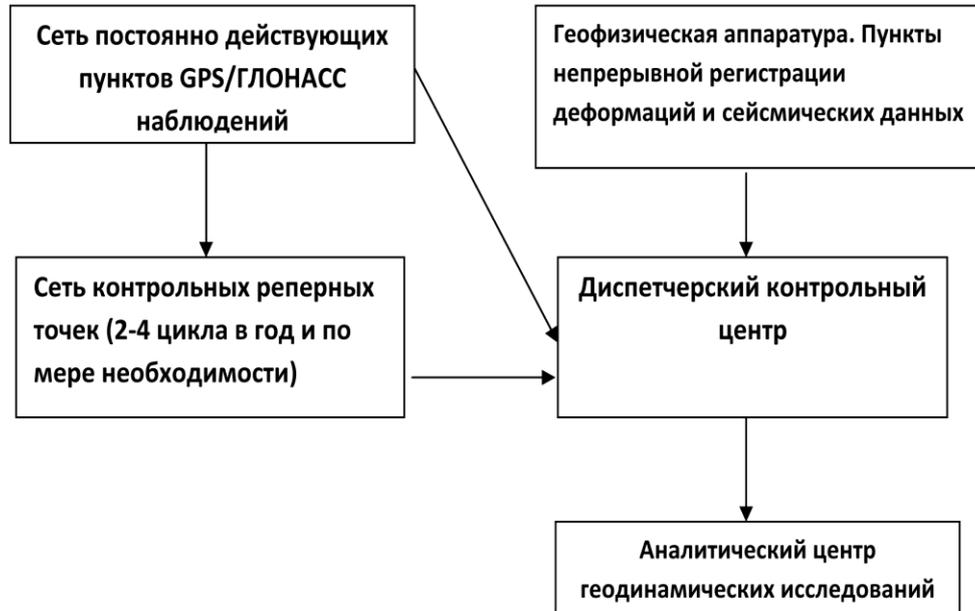


Рис. 9. Структура системы деформационного мониторинга

© В.П. Савиных, А.К. Певнев, Х.К. Ямбаев, 2013

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БЛОКОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Инна Евгеньевна Дорогова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры высшей геодезии, тел. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

В статье рассмотрено применение иерархического аломеративного метода кластерного анализа для изучения структуры земной поверхности, претерпевающей горизонтальные движения вращательного характера, по результатам геодезических наблюдений. Предложена методика выделения блоков внутри исследуемой области земной коры.

Ключевые слова: блоковая структура земной коры, вращательные движения, геодезические наблюдения.

APPLICATION METHODS OF CLUSTER ANALYSIS FOR RESEARCH EARTH'S CRUST PARTS BLOCK STRUCTURE

Inna E. Dorogova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plahotnogo, post-graduate student, department of higher geodesy, tel. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

The article is devoted to the Earth's crust parts exposed by rotational movements 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.

Методы кластерного анализа получили широкое применение при решении задач классификации объектов по сходным группам. Одной из важных особенностей является возможность применения методов кластерного анализа для классификации объектов в ситуации, когда неизвестно конечное число групп.

Одним из методов кластерного анализа является иерархический агломеративный метод, который позволяет производить поэтапное объединение двух наиболее схожих кластеров на основании некоторой меры сходства, при этом на каждом последующем этапе объединение производится для кластеров предыдущего этапа [1].

Задача определения блоковой структуры области земной коры по результатам геодезических данных может быть решена методами кластерного анализа. В данной статье для выявления блоковой структуры области предлагается использовать методику, основанную на применении иерархического агломеративного метода кластерного анализа. Ниже представлено решение этой задачи на примере смоделированных смещений 18 пунктов. Данные смоделированы таким образом, что движения пунктов представляют собой вращения вокруг трех центров. Координаты и смещения пунктов между циклами наблюдений представлены в табл. 1.

Координаты и смещения пунктов

№ пункта	X, м	Y, м	ΔX , мм	ΔY , мм
1	1395,0	525,0	4,0	-12,0
2	1215,0	562,0	7,0	1,0
3	1280,0	658,0	13,0	-4,0
4	1123,0	581,0	8,0	7,0
5	1032,0	481,0	5,0	20,0
6	1078,0	738,0	-7,0	22,0
7	920,0	650,0	-1,0	14,0
8	955,0	753,0	-3,0	15,5
9	829,0	636,0	-2,0	12,0
10	934,0	894,0	-11,0	13,0
11	791,0	832,0	-9,0	8,0
12	713,0	729,0	-6,0	7,0
13	945,0	1008,0	3,0	-2,0
14	1018,0	873,0	9,0	2,0
15	1149,0	782,0	9,0	12,0
16	1168,0	935,0	5,0	7,0
17	1377,0	831,0	11,0	16,0
18	1331,0	928,0	7,0	14,0

В качестве критерия для объединения кластеров использовалось взвешенное Евклидово расстояние, которое в общем виде для вращательных движений может быть определено по формуле [2]:

$$\rho = \sqrt{P_X(X_0^j - X_0^i)^2 + P_Y(Y_0^j - Y_0^i)^2 + P_\omega(\omega^j - \omega^i)^2}, \quad (1)$$

где $X_0^i, Y_0^i, X_0^j, Y_0^j$ – координаты центра вращения, определенные для i -го и j -го кластеров соответственно;

ω^i, ω^j – угловые скорости вращения i -го и j -го кластеров, выраженные в рад.;

P_X, P_Y, P_ω – веса соответствующих параметров вращения.

Поскольку порядок величин $(X_0^j - X_0^i), (Y_0^j - Y_0^i)$ в среднем одинаков, а величина $(\omega^j - \omega^i)$ значительно меньше, для вычисления Евклидова расстояния ρ вводились веса $P_x=P_y=1, P_\omega=M$ и критерий вычислялся по следующей формуле:

$$\rho = \sqrt{(X_0^j - X_0^i)^2 + (Y_0^j - Y_0^i)^2 + M(\omega^j - \omega^i)^2}, \quad (2)$$

где $X_0^i, Y_0^i, X_0^j, Y_0^j$ – координаты центра вращения, определенные для i -го и j -го кластеров соответственно;

ω^i, ω^j – угловые скорости вращения i -го и j -го кластеров, выраженные в рад.;

M – масштаб, обеспечивающий равное влияние параметров вращательного движения на вычисляемое значение критерия ρ .

На начальном этапе кластер-процедуры в качестве кластеров участвуют 9 пар соседних пунктов, выделенных при условии $\sum \rho_i^2 = \min$, где ρ_i – мера сходства i -ой пары, определенная по формуле [2]:

$$\rho = \sqrt{P_X(V_X^j - V_X^i)^2 + P_Y(V_Y^j - V_Y^i)^2}, \quad (3)$$

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 .

Значение масштаба M , участвующего в формуле (2), выбиралось исходя из значения отношения величин $(X_0^j - X_0^i)^2$ и $(Y_0^j - Y_0^i)^2$ к величине $(\omega^j - \omega^i)^2$. Для решаемого примера масштаб выбирался в диапазоне $M = 10^{12} - 10^{18}$. Для этого все вычисления на первом этапе кластер-процедуры выполнялись для нескольких значений масштаба в указанном интервале, после чего был построен график зависимости критерия объединения от масштаба и для дальнейших вычислений было выбрано значение масштаба $M = 10^{15}$ (рис. 1).

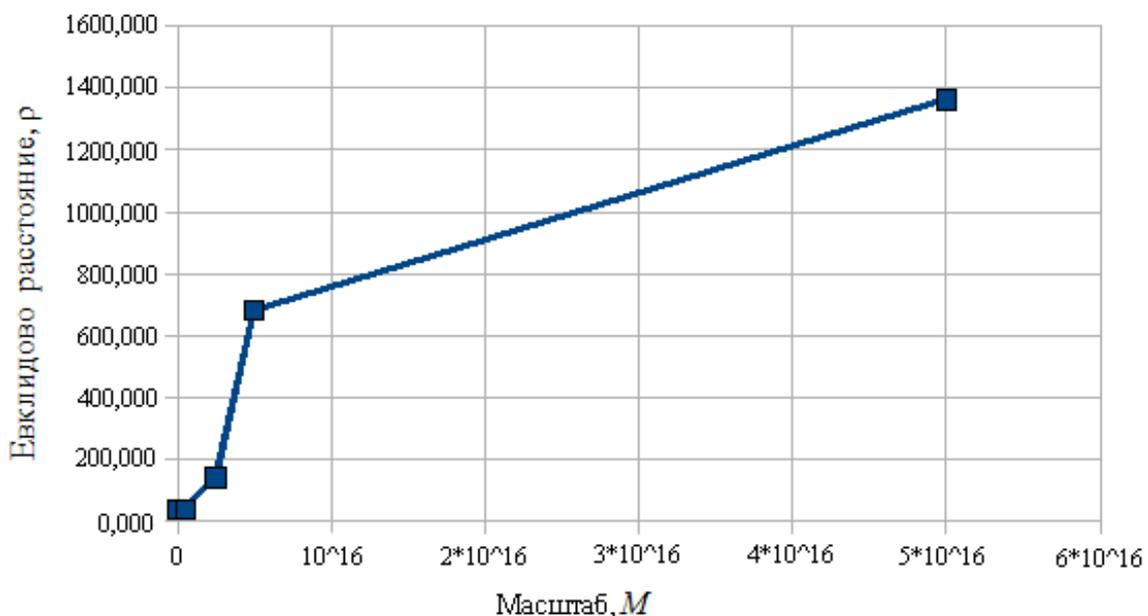


Рис. 1. График зависимости значений взвешенного Евклидова расстояния ρ от выбранного масштаба M

Для выбранного масштаба были выполнены 6 циклов 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 седьмом этапе выполнения процедуры произошел существенный скачок значения меры сходства (рис. 2) и было принято решение об окончании кластер-процедуры.

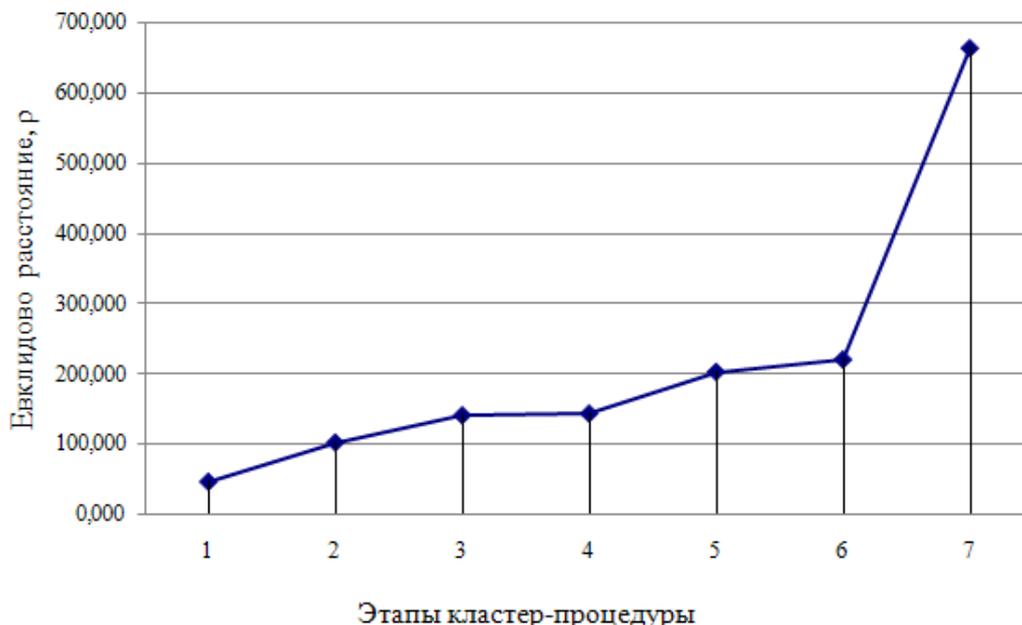


Рис. 2. График значений Евклидовых расстояний на различных этапах кластер-процедуры

При этом параметры вращения пары пунктов на каждом этапе процедуры определялись по формулам:

$$X_0 = \frac{x_i^I(y_j^I - y_j^{II}) - x_j^I(y_i^I - y_i^{II})}{(y_j^I - y_j^{II}) - (y_i^I - y_i^{II})},$$

$$Y_0 = \frac{y_i^I(x_j^I - x_j^{II}) - y_j^I(x_i^I - x_i^{II})}{(x_j^I - x_j^{II}) - (x_i^I - x_i^{II})} \quad (4)$$

$$\omega_i = \frac{|v_i|}{s_{oi}} = \sqrt{\frac{(x_i^{II} - x_i^I)^2 + (y_i^{II} - y_i^I)^2}{(x_0 - x_i^I)^2 + (y_0 - y_i^I)^2}},$$

где $X_i^I, Y_i^I, X_j^I, Y_j^I$ – координаты i -го и j -го пунктов на первую эпоху наблюдений;

$X_i^{II}, Y_i^{II}, X_j^{II}, Y_j^{II}$ – координаты i -го и j -го пунктов на вторую эпоху наблюдений.

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:

$$\Delta^2 = (V_i - V_i^0)^2, \quad (5)$$

где V_i – скорость смещения i -го пункта;

V_i^0 – скорость смещения i -го пункта, определяемая по следующей формуле:

$$V_i^0 = \omega_i S_{oi} = \omega_i \sqrt{(X_i^1 - X_0)^2 + (Y_i^1 - Y_0)^2}, \quad (6)$$

где X_i^1, Y_i^1 – координаты i -го пункта;

X_0, Y_0, ω_i – параметры вращения блока, вычисленные по формулам (4).

Выбор оптимальных параметров вращения блока предполагает перебор значительного количества конкурирующих вариантов, поэтому он был автоматизирован с помощью языка программирования C++. В таблице 2 приведены параметры вращения трех блоков, выделенных внутри исследуемой области.

Таблица 2

Параметры вращения блоков земной поверхности, выделенных внутри исследуемой области

Описание блока	Параметр	Значение параметра
Блок I (пункты 1, 2, 3, 4)	X_I , м	1226,417
	Y_I , м	447,445
	ω_I , рад. / ω_I "	0,000061785 / 12,74
Блок II (пункты 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12)	X_{II} , м	608,290
	Y_{II} , м	632,146
	ω_{II} рад. / ω_{II} "	0,000045937 / 9,48
Блок III (пункты 13, 14, 15, 16, 17, 18)	X_{III} , м	1094,925
	Y_{III} , м	1106,438
	ω_{III} рад. / ω_{III} "	0,000044126 / 9,10

Таким образом, в результате изучения блоковой структуры области земной коры, имеющей в том числе вращательную компоненту горизонтальных движений, в пределах исследуемой области земной коры удалось выявить три жестких блока и определить параметры их движения.

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. 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.

© И.Е. Дорогова, 2013

ИЗУЧЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ GPS-НАБЛЮДЕНИЙ И НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА

Наталья Николаевна Кобелева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры высшей геодезии, тел. (383) 343-29-11

Инна Евгеньевна Дорогова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры высшей геодезии, тел. (383) 343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

По результатам десяти циклов наблюдений GPS-измерений и нивелирования 1 класса на пунктах геодинимического полигона Таштагольского железорудного месторождения был выполнен анализ движения и деформации земной коры с помощью метода конечных элементов. Построены поля распределения деформационных характеристик и вычислены уклонения нормалей проведенных к каждому конечному элементу (треугольнику).

Ключевые слова: геодезические наблюдения, движения земной коры, конечный элемент, нормаль, визуализация.

INVESTIGATION OF EARTH'S CRUST HORIZONTAL AND VERTICAL MOVEMENTS BY GPS-OBSERVATIONS AND FIRST-ORDER LEVELING

Natalya N. Kobeleva

Senior lecturer, Department of Advanced Geodesy, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., phone: (383) 3432911

Inna E. Dorogova

Post-graduate student, Department of Advanced Geodesy, Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., phone: (383) 3432911, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Analysis of the Earth's crust movements and deformations using finite-element method was conducted on the basis of ten cycles of GPS-measurements and first-order leveling at the points of geodynamic testing area (Tashtagol iron-ore deposit). The fields of deformation characteristics distribution were constructed, deviations of normal drawn to each finite element (triangle) were calculated.

Key words: geodetic observations, earth's crust movements, finite element, normal, vizualization.

Движения и деформации земной коры природного или техногенного характера вызывают смещения пространственного положения точек или блоков земной поверхности. Так как любое движение является следствием воздействия многочисленных временных факторов, то и их количественные характеристики могут быть получены на основе повторных спутниковых, астрономо-геодезических и гравиметрических наблюдений, выполняемых с определенной периодичностью. Эти методы наблюдения дают дискретную информацию о смещениях точек с известными координатами.

На пунктах геодинамического полигона Таштагольского железорудного месторождения были выполнены десять циклов GPS-наблюдений и нивелирование I класса (с 14.06.2005г. по 19.09.2008г.) Измерения проводились сотрудниками лаборатории сдвижения горных пород Восточного научно-исследовательского горнорудного института (г. Новокузнецк) и лаборатории горной информатики Института горного дела СО РАН (г. Новосибирск)[1]. В результате были получены наблюдения горизонтальных и вертикальных смещений пунктов, которые послужили исходными данными для анализа напряженно-деформированного состояния объекта.

По выполненным измерениям построены графики изменения координат пунктов во времени и вычислены их скорости смещения. Из анализа данных графиков сделан вывод о том, что скорости горизонтальных смещений пунктов резко возрастают с начала наблюдений и достигают максимальных значений примерно через 3 месяца, затем быстро снижаются и к 14 месяцу наблюдений приобретают значения близкие к нулю. Скорости вертикальных смещений пунктов изменяются неравномерно от цикла к циклу и значения скоростей становятся близкими к нулю только к концу наблюдений. Значительные изменения скоростей связаны с добывающими процессами в пределах площадки месторождения.

Дальнейшее изучение горизонтальных и вертикальных движений земной коры выполнялось с применением метода конечных элементов. Для изучения горизонтальных движений выполнено разбиение исследуемой области на конечные элементы (рис. 1) и получены поля распределения деформационных характеристик, приведенные в работе [2].

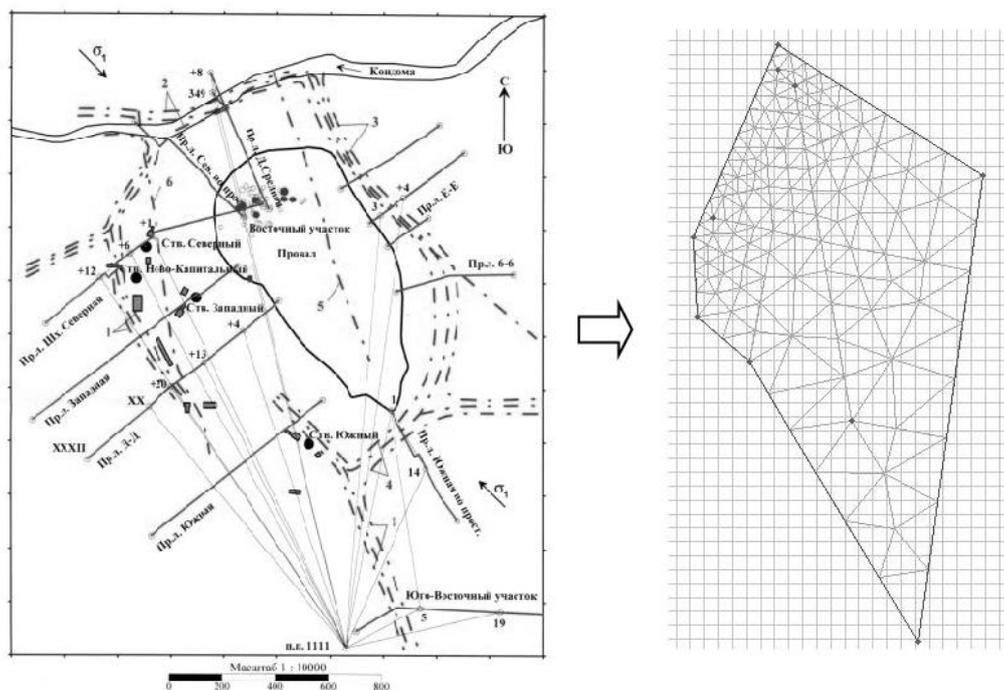


Рис. 1. Выделение конечных элементов для Таштагольского ГДП в программе Elcut

Недостатком полученных результатов [2] является то, что в центре геодинамического полигона находится провал, который не дает выполнить инструментальные измерения и усложняет анализ данных о смещениях земной коры центральной части полигона.

Для устранения этого недостатка и изучения вертикальных движений из созданной ранее геометрической модели полигона, состоящей из одиннадцати пунктов, были выбраны шесть, для которых известны смещения координат для каждого из десяти циклов наблюдения. Модель разбиения геодинамического полигона на конечные элементы в виде треугольников показана на рис. 2.

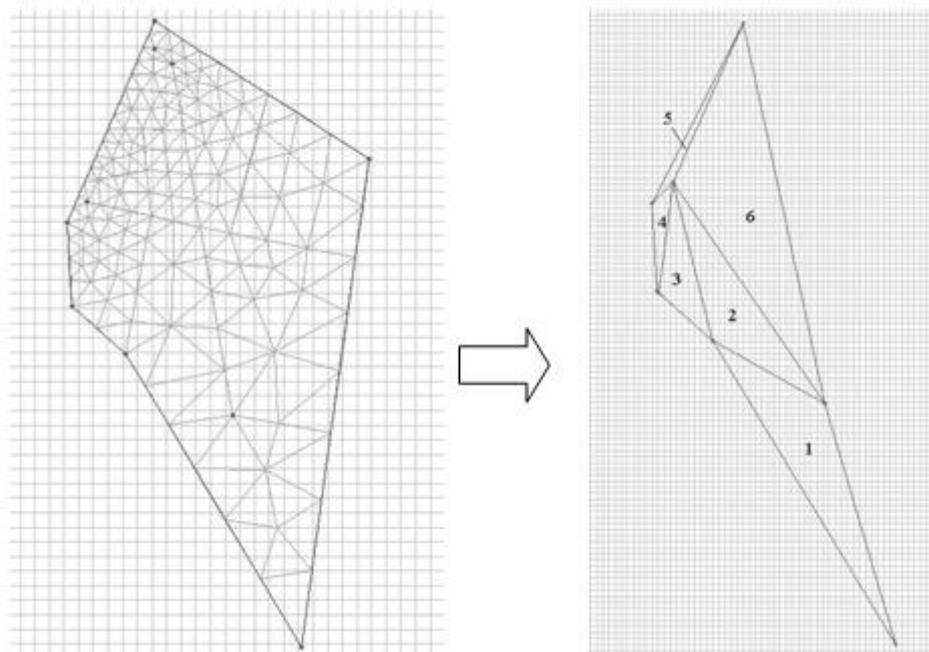


Рис. 2. Выделение конечных элементов западной части Таштагольского полигона

Выделение конечных элементов для Таштагольского полигона значительно отличается от модели месторождения, выполненного в программе Elcut. В данном случае учтен тот факт, что разбивать исследуемую территорию на треугольники над провалом нецелесообразно из-за отсутствия необходимых измерений. Таким образом, исследуется западная часть Таштагольского месторождения, которая включает небольшой участок разрабатываемого карьера.

Для оценки всей поверхности конечного элемента в качестве третьей вершины принимается центр тяжести треугольника. Каждый треугольник представляется в виде векторов. Тогда координаты нормали к плоскости данной фигуры можно найти, используя формулы векторной алгебры, приведенные в [3].

После определения координат нормальных векторов для каждого цикла, были найдены углы между нормальными нулевого и каждого последующего циклов. Результаты вычислений показывают, что значительные смещения пунктов

по высоте произошли через один год после начала взрывных работ, что соответствует 8-10 циклам измерений. Наибольшие значения углов отклонения нормалей наблюдаются в треугольниках один, четыре и пять.

Следующим этапом обработки было нахождение углов отклонения нормалей между соседними циклами наблюдений. Результаты вычислений приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Значения углов между нормальными смежных циклов

№ треугольника	Смежные циклы										
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
1	53,35	4,69	27,82	59,31	41,88	13,32	15,57	9,44	16,89	30,65	
2	12,13	5,76	8,83	3,00	24,45	12,35	3,09	2,68	12,08	14,15	
3	5,02	8,00	25,48	10,83	26,72	16,51	3,43	10,25	32,31	12,17	
4	17,28	22,62	26,23	31,48	19,35	55,84	16,09	29,86	16,75	14,16	
5	44,67	30,19	29,58	15,25	30,60	4,01	25,29	16,73	37,44	35,68	
6	5,39	6,91	10,92	7,83	0,48	21,35	4,08	9,92	13,50	3,98	

Анализ полученных результатов позволяет сделать выводы, что максимальные изменения в положении пунктов замечены между вторым и третьим циклами, что соответствует периоду с первого по третий месяц наблюдений. Наибольшие деформации испытывают плоскости треугольников один, четыре и пять. Похожие результаты дало исследование горизонтальных движений земной коры с учетом основных законов теории упругости.

В заключении стоит отметить, что необходимо продолжать комплексное изучение вертикальных и горизонтальных движений земной коры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобанова, Т.В. Разработка научно-методических основ геомеханического обеспечения подземной отработки железорудных месторождений Сибири в геодинамически активном регионе: автореф. дис. доктора техн. наук. – Новосибирск, 2009. – 37 с.
2. 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.
3. Кобелева Н.Н. Использование метода конечных элементов к описанию вертикальных движений земной коры // Сб. материалов международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2008», Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 1. Ч. 2. – С. 65-67.

© Н.Н. Кобелева, И.Е. Дорогова, 2013

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Инна Евгеньевна Дорогова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры высшей геодезии, тел. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Выполнен анализ горизонтальных движений и деформаций земной коры по смоделированным данным повторных геодезических наблюдений с учетом основных законов теории упругости и использованием метода конечных элементов. Получено графическое представление векторов смещений, тензоров деформации и полей смещений и деформаций.

Ключевые слова: геодезические наблюдения, движения земной коры, визуализация.

STUDY OF THE EARTH'S CRUST DEFORMATION TO THE RESULTS OF GEODETIC DATA USING THE FINITE ELEMENTS METHOD

Inna E. Dorogova

Siberian State Academy of Geodesy, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plahotnogo, post-graduate student, department of higher geodesy, tel. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

The analysis of the Earth's crust horizontal movements and deformations to simulated data of repeated geodetic observations is performed with help the finite elements method. The graphical representation of deformation's parameters is obtained.

Key words: geodetic observations, Earth's crust movement, visualization.

Результаты повторных геодезических наблюдений, дают возможность определения величин смещений и значений деформационных характеристик для некоторого конечного числа точек исследуемой области земной коры. Для получения информации о деформациях, происходящих на всей территории геодинамического полигона, применяются различные интерполяционные и численные методы, одним из которых является метод конечных элементов.

Согласно методу конечных элементов [1] исследуемая область разбивается на конечное число элементов, имеющих небольшие размеры. Обычно элементы имеют треугольную или четырехугольную форму. Деформация внутри каждого из элементов считается однородной и описывается некоторой функциональной зависимостью. Таким образом, поскольку вся область геодинамического полигона разбивается на конечные элементы, возможно распределение деформаций на всей территории исследуемой области.

В качестве характеристик, описывающих горизонтальные деформации земной коры, обычно используют относительные деформации ε_{xx} , ε_{yy} ; деформацию сдвига ε_{xy} и, составленный по их значениям, тензор деформации T_ε [2]:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{xx} &= \frac{\partial u_x}{\partial x}, \\ \varepsilon_{yy} &= \frac{\partial u_y}{\partial y}, \\ \varepsilon_{xy} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right), \\ T_\varepsilon &= \begin{pmatrix} \varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{yx} & \varepsilon_{yy} \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (1)$$

Значения данных характеристик вычисляются для пунктов, горизонтальные смещения которых известны, затем распространяются на всю территорию геодинамического полигона с помощью метода конечных элементов. Полученные результаты удобно представлять визуально в виде полей векторов и полей распределения деформационных характеристик [3,4].

Для апробации применения метода конечных элементов для изучения горизонтальных движений с учетом вращения и деформаций земной коры были смоделированы данные двух циклов геодезических наблюдений. Данные смоделированы таким образом, что движения пунктов представляют собой вращения вокруг трех центров (рис. 1).

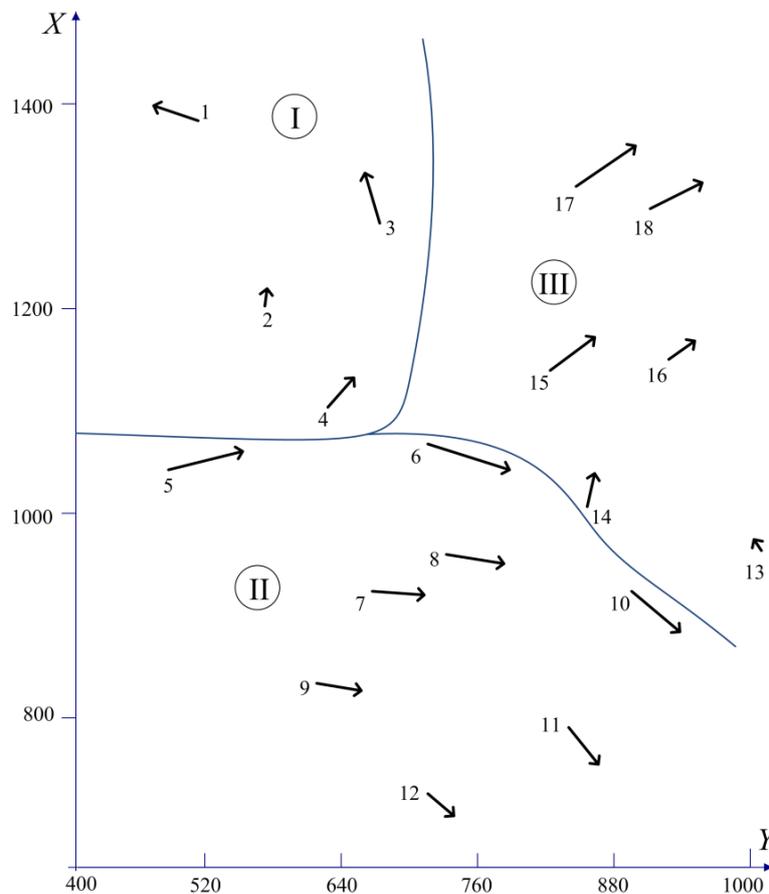


Рис. 1. Границы блоков земной поверхности, выделенных внутри исследуемой области

В результате определения горизонтальных смещений и деформаций земной коры в вершинах конечных элементов были получены распределение векторов смещений и тензоров деформации, поля деформаций и напряжений земной коры. Характер распределения и направление векторов, представленных на рис. 2а, совпадают с движением блоков и позволяют выделить их границы. На рис. 2б приведено распределение тензоров деформации, максимальные сжатия и растяжения совпадают с границами блоков.

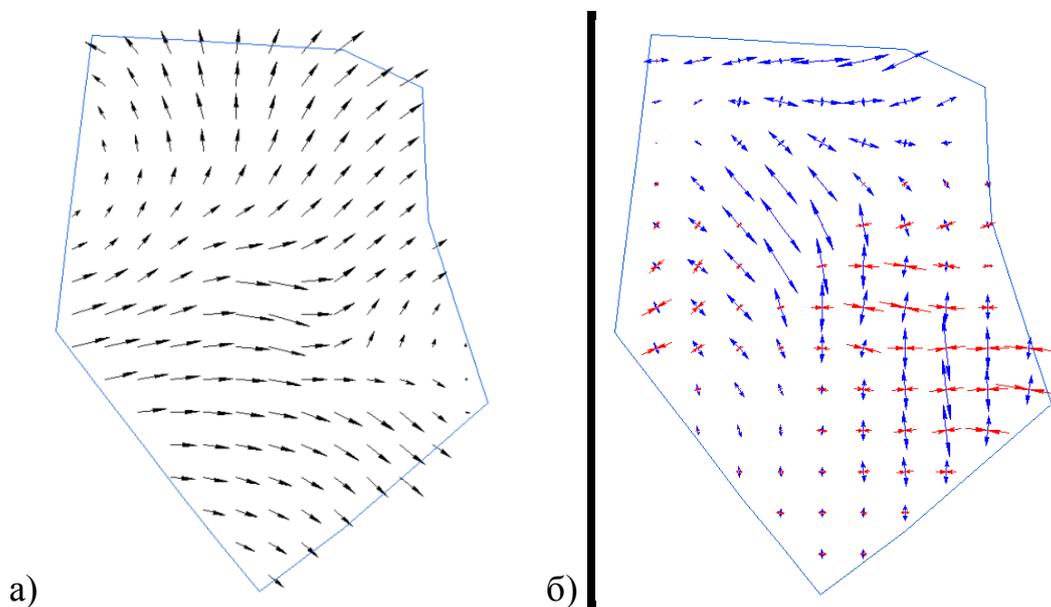


Рис. 2. Распределения векторов смещений и тензоров деформации

Рис. 3 иллюстрирует изменение границ и формы тела полигона. На рис. 3а представлена форма полигона на момент первого цикла измерений, тело полигона разбито сеткой квадратов. На рис. 3б приведено искажение формы и границ полигона между первым и вторым циклами наблюдений, искажения представлены в укрупненном масштабе. На рис. 3б наблюдается растяжение полигона в направлении север-юг и сжатие в направлении запад-восток.

Также по результатам наблюдений были получены поля распределения компонент деформаций и главных деформаций и аналогичные поля для напряжений земной коры, которые позволяют соотнести наибольшие значения деформаций с границами блоков земной коры. Максимальные значения напряжений и деформаций соответствуют центральной части полигона, где происходит столкновение границ всех трех смоделированных блоков земной коры.

Таким образом, использование метода конечных элементов для исследования горизонтальных движений и деформаций земной коры позволило получить распределение основных деформационных характеристик на всей территории геодинамического полигона. Полученные результаты хорошо согласуются с блоковой структурой исследуемой области.

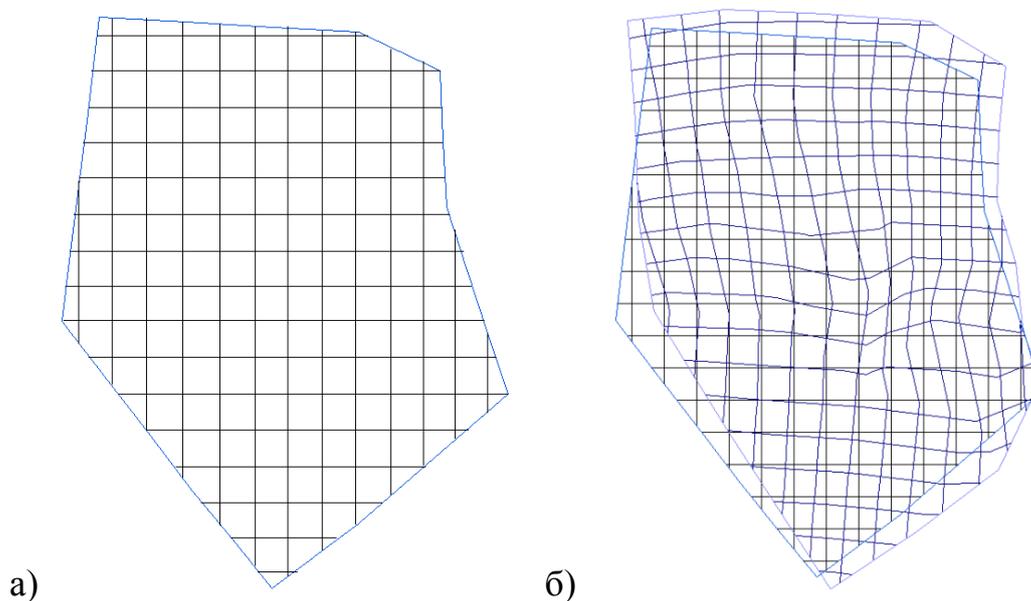


Рис. 3. Изменение формы тела и границ геодинамического полигона

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
2. Середович В.А. и др. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем по комплексным геодезическим и геофизическим наблюдениям: Монография / В.А. Середович, В.К. Панкрушин, Ю.И. Кузнецов, Б.Т. Мазуров, В.Ф. Ловягин; Под общ. редакцией В.К. Панкрушина; СГГА. – Новосибирск, 2004. – 356 с.
3. 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.
4. Мазуров, Б.Т. Некоторые примеры определения вращательного характера движений земных блоков по геодезическим данным // Геодезия и картография. – 2010. – №10.

© И.Е. Дорогова, 2013

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДАМИ ПАССИВНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ

Сергей Александрович Ефимов

Институт вычислительной математики и математической геофизики, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник лаборатории геофизической информатики, тел. (383) 330-70-69, e-mail: serg@opg.sccc.ru

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований деформации поверхности земли методом пассивной сейсмологии. Представлена математическая модель взаимодействия крупных геологических блоков.

Ключевые слова: структура земной поверхности, сейсмический шум, математическая модель.

EXPERIMENTAL STUDY OF SURFACE DEFORMATION OF PASSIVE SEISMOLOGY

Sergey A. Efimov

Institute computing mathematicians and mathematical geophysics (ICMMG SB RAS), 630090, Russia, Novosibirsk, Pr. Lavrenteva, the house 6, geophysical research laboratory informatics, tel. (383)330-70-69, e-mail: serg@opg.sccc.ru

The article describes the results of experimental studies of deformation of the surface land of passive seismology. A mathematical model of the interaction of major geological units.

Key words: structure of the earth's surface, the seismic noise, mathematical model.

Постановка задачи. В последние десятилетия геофизиками активно разрабатываются новые методы сейсмологии для исследования структуры земной поверхности. При этом особое внимание исследователей привлекают методы пассивной сейсмологии, т.е. те методы, в которых отсутствуют искусственные источники сейсмических волн. При этом отмечается, что техногенные источники сейсмического шума, являющиеся помехой при активной сейсмологии, при использовании пассивных методов приобретают позитивных фактор. Важной теоретической базой для объяснения эффектов геодинамики послужила концепция о блочно-иерархическом строении массивов горных пород академика М.А. Садовского [1]. Это современное научное направление, активно развиваемое во многих научных центрах, формирует методологию геофизического эксперимента, результаты которого прямо или косвенно подтверждают концепцию академика М.А. Садовского. В данной работе представлено исследование данных геофизического эксперимента с целью формирования адекватной математической модели взаимодействия геологических блоков (геоблоков). Математическая модель взаимодействия геоблоков основана на концепции: энергетическое взаимодействие геоблоков аналогично поведению связанных резонансных структур.

Анализ данных геофизического эксперимента. В 1996 году в рамках проекта РФФИ сотрудниками ИВМиМГ СО РАН в районе поселка Кайтанак Горного Алтая проведены вибросейсмические эксперименты, связанные с исследованием деформации литосферы. Технология вибросейсмического просвечивания земли предполагает периодическую регистрацию сейсмического шума для оценки точности и достоверности полученных сейсмограмм. Получаемые при этом данные использованы для изучения резонансных особенностей локальных неоднородностей литосферы. Поскольку вблизи локальных резонансных образований изменяется структура волнового поля [2], здесь должен изменяться и характер спектра сейсмического шума. Обработка периодических записей сейсмического шума позволила выделить ряд признаков, которые характеризуют, по мнению автора, движение крупных геоблоков. На рис.1 приведены графики спектральных характеристик сейсмического шума в период с 23 часов 5 октября до 7 часов 6 октября 1996 года.

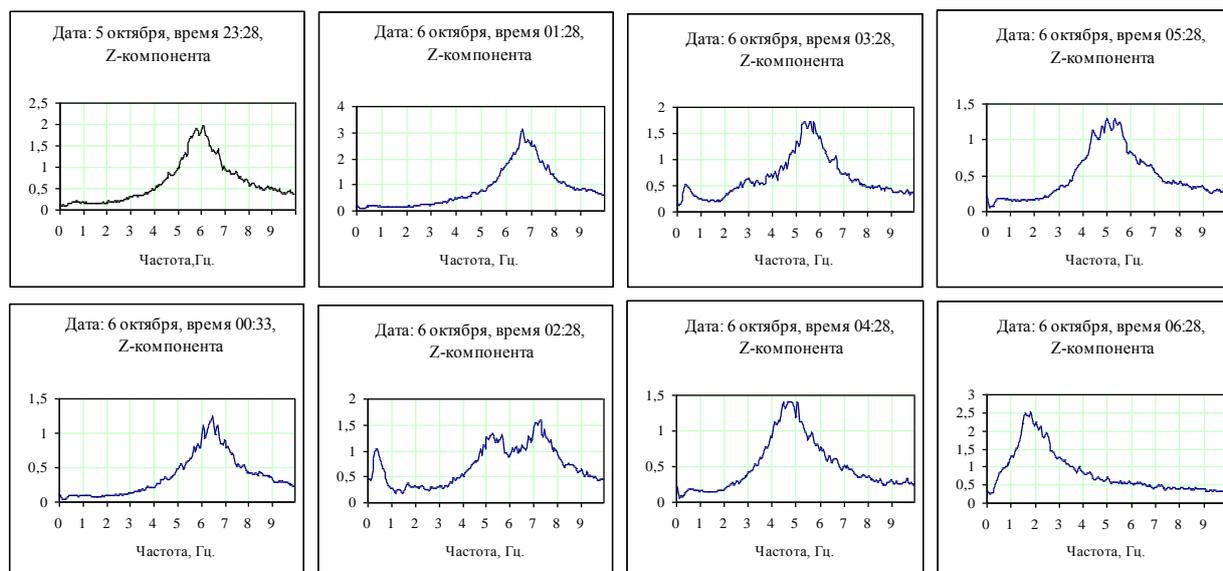


Рис. 1. Графики спектральной плотности сейсмического шума, зарегистрированные на сейсмостанции «ВИРС» 5-6 октября 1996 г.

Характерной особенностью графиков рис.1 является наличие резонансных подъемов и связанные с ними максимумы. При этом значение резонансной частоты в течение указанного периода измерений меняется в диапазоне 1,5-7,5 Гц.

Отличительной особенностью графика спектральной плотности шума, зарегистрированного 6 октября в 02 часа 28 мин. (время записи 20 мин.) является присутствие двух резонансных подъемов и соответствующих им два значения резонансной частоты: 5,2 Гц и 7,2 Гц. На рис. 2 приведены графики спектральных характеристик сейсмического шума в период с 23 часов 3 октября до 7 часов 4 октября 1996 года. График спектральной плотности шума на рис.2, соответствующий регистрации шума 3 октября в 23 часа 58 мин., имеет так же две резонансные частоты: 1,8 Гц и 7,5 Гц. Явно выраженные два резонанса могут быть обусловле-

ны взаимодействием двух горизонтальных геоблоков. Качественный анализ динамики сейсмического шума показывает изменение параметров резонанса геоблоков в течение суток. Сравнение записей 3-4 октября с записями 5-6 октября показывает, что суточные характеристики резонанса 5-6 октября не повторяются в период 3-4 октября. Это обстоятельство приводит к гипотезе о проявлении в характеристиках сейсмического шума динамики взаимодействия геоблоков.

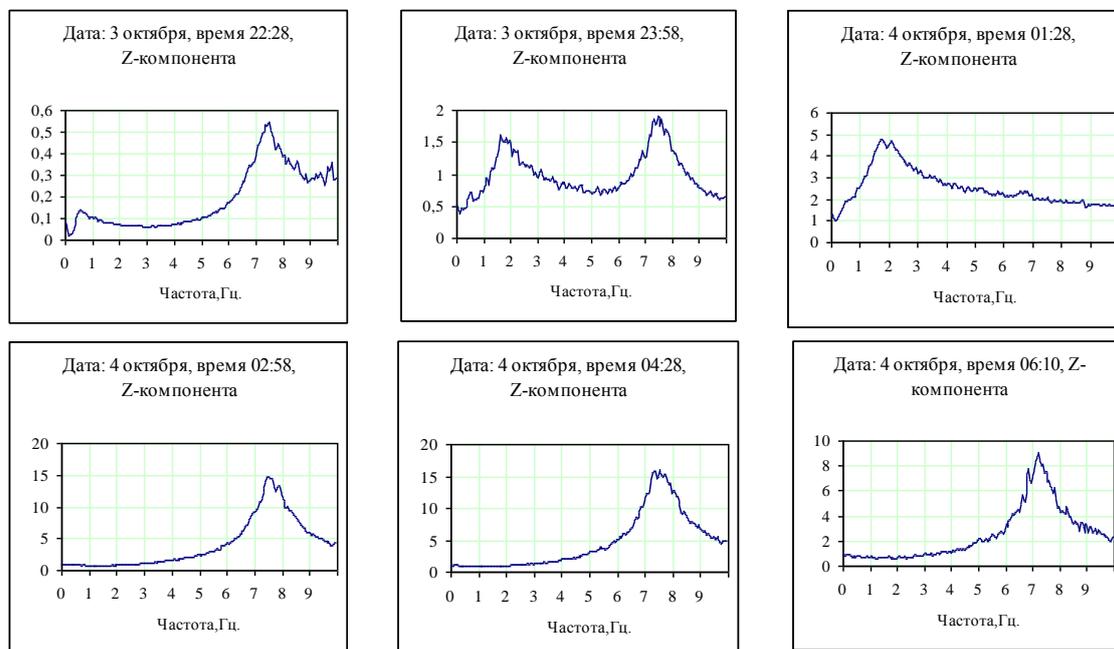


Рис. 2. Графики спектральной плотности сейсмического шума, зарегистрированные на сейсмостанции «ВИРС» 3-4 октября 1996 г.

Сравнение записей 3-4 октября с записями 5-6 октября показывает, что суточные характеристики резонанса 5-6 октября не повторяются в период 3-4 октября. Это обстоятельство приводит к гипотезе о проявлении в характеристиках сейсмического шума динамики взаимодействия геоблоков. Для исследования этого явления рассмотрена следующая математическая модель: взаимодействие геоблоков соответствует поведению связанных резонансных систем, причем фактор связи между системами (а значит и обмен энергией) меняется во времени в зависимости от состояния литосферы.

Математическая модель взаимодействия геоблоков. Резонансные явления в природе связаны с колебательными системами. При наличии двух взаимосвязанных колебательных систем дифференциальное уравнение имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 y_1}{dt^2} + \frac{\beta_1}{m_1} \cdot \frac{dy_1}{dt} + \frac{D_1}{m_1} y_1 + M \cdot \frac{dy_2}{dt} = F_1, \quad \frac{D_1}{m_1} = \omega_{01}^2, \\ \frac{d^2 y_2}{dt^2} + \frac{\beta_2}{m_2} \cdot \frac{dy_2}{dt} + \frac{D_2}{m_2} y_2 + M \cdot \frac{dy_1}{dt} = F_2, \quad \frac{D_2}{m_2} = \omega_{02}^2. \end{aligned} \quad (1)$$

где y – отклонение системы; dy/dt – скорость отклонения; d^2y/dt^2 – ускорение отклонения; β – коэффициент трения; D – жесткость системы; m – масса системы; ω_0 – собственная угловая частота колебаний; M – коэффициент фактора связи; F_1, F_2 – сила воздействия.

Использование операторного метода анализа приводит систему уравнения (2) к следующему виду:

$$\begin{aligned} p^2 y_1 + p \cdot \frac{\beta_1}{m_1} \cdot y_1 + \frac{D_1}{m_1} y_1 + p \cdot M \cdot y_2 &= F_1(p), \\ p^2 y_2 + p \cdot \frac{\beta_2}{m_2} \cdot y_2 + \frac{D_2}{m_2} y_2 + p \cdot M \cdot y_1 &= F_2(p). \end{aligned} \quad (2)$$

где p – оператор Лапласа.

Далее используем следующие обозначения и условия:

$$\frac{\beta_1}{m_1} = 2 \cdot \delta_1; \quad \frac{D_1}{m_1} = \omega_{01}^2; \quad F_1(p) = 1; \quad \frac{\beta_2}{m_2} = 2 \cdot \delta_2; \quad \frac{D_2}{m_2} = \omega_{02}^2; \quad F_2(p) = 1; \quad (3)$$

где δ_1, δ_2 – коэффициенты затухания; ω_{01}, ω_{02} – частоты резонанса.

Решение уравнений (2) относительно $y_1(p)$ дает следующее выражение:

$$y_1(p) = \frac{p^2 + (2 \cdot \delta_2 - M) \cdot p + \omega_{02}^2}{(1 - M^2) \cdot (p^2 + (2 \cdot \delta_1 / (1 - M^2)) \cdot p + \omega_{01}^2 / (1 - M^2)) \cdot (p^2 + 2 \cdot \delta_2 \cdot p + \omega_{02}^2)}. \quad (4)$$

Анализ выражения (4) показывает, что вид амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) для связанных колебательных контуров зависит от значения коэффициента фактора связи M . На рис. 3 представлены графики АЧХ для разных значений M при одинаковых параметрах первой и второй колебательной системы. Величина a определяет относительную расстройку частоты по отношению к частоте резонанса ω_0 .

При слабой связи АЧХ ($M=0,56$) системы имеет один максимум, соответствующий частоте резонанса ω_0 . Один максимум остается до тех пор, пока величина M не достигнет критического значения. Если фактор связи M увеличивается дальше до $M=1,4$, на графике АЧХ системы появляются два близкорасположенных максимума. Дальнейшее увеличение фактора связи до $M=5,6$ приводит к провалу значения АЧХ на резонансной частоте и увеличению частотного расстояния между максимумами АЧХ колебательной системы. Сравнение графиков рис. 1, рис. 2 с графиками рис. 3, визуализирующих поведение математической модели по формуле (4), показывает адекватность использования системы связанных контуров для описания взаимодействия геоблоков.

Математическая модель взаимодействия геоблоков в соответствии с системой уравнений (2) хорошо описывает явление изменения резонансных частот и появление на графике спектральной плотности двух резонансов. Это явление обусловлено изменением величины фактора связи M . Для системы двух геоблоков фактор связи определяется степенью сжатия этих геоблоков, характеристикой трения и режима скольжения на поверхности границы геоблоков.

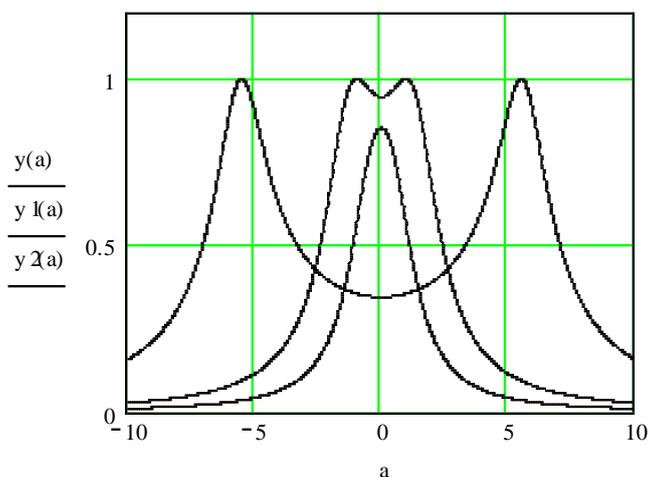


Рис. 3. Графики амплитудно-частотной характеристики для выражения (4) при разных значениях $M = \{0,56; 1,4; 5,6\}$

Рассмотрим поведение системы геоблоков по экспериментальным данным, полученным в районе п. Кайтанак 5-6 октября 1996 года (рис.1). В период с 23 час. 28 мин. 5 октября до 02 час. 28 мин. 6 октября геоблоки сжаты, но фактор связи двух геоблоков не достигает критического значения. После 02 часов 28 мин. 6 октября геоблоки сжимаются сильнее, и значение фактора связи превосходит критическую величину (появляются два резонанса). В период до 05 час. 28 мин. сила сжатия блоков ослабевает. Дальнейшее увеличение сжатия геоблоков наблюдаем в 06 час. 28 мин. На этом графике сформирован один низкочастотный резонанс на частоте 1.7 Гц. Два геоблока сжаты друг к другу настолько сильно, что превращаются в одну колебательную систему с частотой резонанса, соответствующей общей массе двух геоблоков. Этому состоянию геоблоков соответствует максимальный фактор связи. В период между 05 час. 48 мин. и 06 час 28 мин. запись сейсмического шума не проводилась и данные о параметрах резонанса отсутствуют. Однако можно предполагать, что в этот период спектральная характеристика шума имеет два резонанса, так как между докритическим значением фактора связи (05 час. 28 мин.) и максимальным значением этого фактора в 06 час 28 мин. должно быть критическое значение фактора связи. Вышеописанная интерпретация процесса взаимодействия геоблоков основана на экспериментальных данных, полученных на ограниченном временном участке. Это ограничение не позволяет выявить и определить связь полученной динамики геоблоков с конкретными тектоническими и астрономическими факторами. Тем не менее, вышеописанное явление концептуально совпадает с современными представлениями геофизиков о строении литосферы и активном взаимодействии отдельных геоблоков.

Выводы. Результаты выполненных исследований показывают суточную эволюцию взаимодействия блочной структуры литосферы и отражение этой динамики на спектральных характеристиках сейсмического шума. Проведенный анализ расширяет представления о процессах, происходящих в структуре

геоблоков при воздействии внешних астрономических и внутренних тектонических факторов. Показана возможность использования резонансных свойств геоблоков для анализа их состояния. Предложенная математическая модель взаимодействия геоблоков может быть использована для формирования прогнозных критериев и систематических поправок в расчетах сейсмической локации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. О свойствах дискретности горных пород // Изв. АН СССР. Физика Земли. – 1982. – №12.
2. Собисевич Л.Е., Собисевич П.Л. Волновые процессы и резонансы в геофизике. М.: ОИФЗ РАН, 2001. 297 с.

© С.А. Ефимов, 2013

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ DGPS и RTK ДЛЯ GPS-СЕТИ

Фавзи Зарзоура

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры высшей геодезии, тел. (383)343-29-11, e-mail: fawzyhamed2011@yahoo.com

Борис Тимофеевич Мазуров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кафедра высшей геодезии, профессор, д.т.н., тел. 3432911, e-mail: btmazurov@mail.ru

Быстрое и точное относительное позиционирование для базовых линий становится возможным при использовании двухчастотной GPS-аппаратуры. Несмотря на то, что для повышения точности путем уменьшения ошибок используется технология DGPS, она не может исключить орбитальные ошибки, а также ошибки, вызванные ионосферой и тропосферой [1]. В данной статье описано применение метода точного относительного позиционирования для обработки данных GPS (преимущества и недостатки) и выполнено сравнение с результатами измерений тех же самых точек сети постоянных базовых станций в Мекке.

Приведены выводы о повышении точности измерений DGPS при использовании точных эфемерид международной службы IGS сети с использованием модели ионосферы Клобучара и модели тропосферы Хопфилда или Саастамойнена.

Ключевые слова: GPS-сеть, точное позиционирование, уменьшение влияния ошибок.

ACCURACY ENHANCEMENT OF DGPS AND RTK FOR GPS NETWORK

Fawzy Zarzoura

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., aspirant, department of high geodesy, tel. 3432911, e-mail: fawzyhamed2011@yahoo.com

Boris T. Mazurov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., professor, department of high geodesy, tel. 3432911, e-mail: btmazurov@mail.ru

This paper outlines the use of accurate relative positioning for processing GPS data and compares the results with relative positioning in the same point of Mecca permanent GPS observation network.

Key words: DGPS, RTK, Klobucher model, Hopfield, Saastimoinen and IGS.

Our research is focused on improving the accuracy of differential GPS and Real Time Kinematic (RTK) observations using wide area GPS systems. Differential GPS (DGPS) and Real Time Kinematic (RTK) are observation techniques that can be used to remove or reduce the ionosphere effects arising in ordinary GPS [2]. In order to obtain precise coordinates of points from GPS data, a number of nuisance parameters first needs to be removed from the data. These may be classified as satellite errors, atmospheric errors, and receiver errors.

Observations Methodology

This procedure involves four observables for each of the visible satellites in each epoch. The two pseudo range and carrier phase observables can be linearly combined, thus reducing the effects of the ionosphere refraction. The use of a troposphere model, together with parameterization techniques, can reduce the troposphere refraction effects. It is possible to obtain precision of a few millimeters and a few centimeters in the horizontal and vertical components, respectively. Such levels of accuracy can be obtained for static point position, using a period of 24 hours of data. Once the coordinates for all stations are daily estimated, a solution for a specific epoch/can be obtained, as there is no correlation between the coordinates of different stations, such a solution may be obtained independently for each station [4].

Observation Sites and used Instruments

The location for the proposed GPS network is shown in Figure (1). A pilot network has been established over the Holly Mecca. The system involves permanently running GPS reference stations, at spacing up to 30 km, then feeding GPS data to a central processing computer. Five LEICA GPS SR530 dual frequency receivers collected the GPS data on 12 th February 2006, where point (G182) was a reference point of the whole DGPS work. At first, the static observations with rate in legal two seconds are performed. Four receiver of the same LEICA type is setup at the other points for more than 24 hours. The Reference Stations are designed to support high-precision positioning over a wide area.

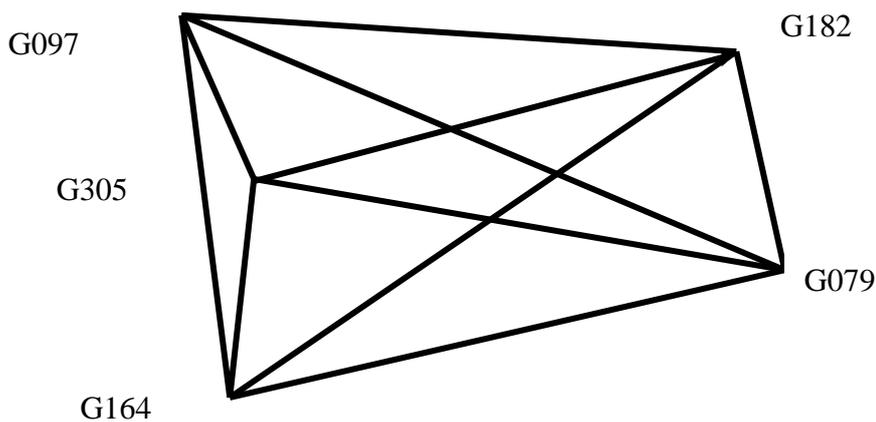


Figure (1): The shape of Mecca network

The weighted average position of points obtained from the solution of points in code- phase solution with Hopfield troposphere model, Klobucher Ionosphere model, precise orbit and mask angle 15° . This value is to be adopted as the position to be used as a reference to test the accuracy and precision in all subsequent investigations.

Table (1): The two reference solutions, namely Code solution and Code-Phase solution

point	Code solution			Code-phase solution (adopted value)			The difference		
	East (m)	North (m)	Ht (m)	East (m)	North (m)	Ht. (m)	ΔE (m)	ΔN (m)	ΔH (m)
G079	604847.109	2358799.827	344.232	604847.605	2358799.313	344.1557	-0.4975	0.5137	0.0758
G097	581954.337	2379143.209	265.318	581954.305	2379142.648	264.7447	0.0319	0.5618	0.5729
G164	584332.702	2353111.952	222.583	584333.051	2353112.241	222.2416	-0.3488	-0.2893	0.3416
G182 reference	603577.634	2377008.347	418.155	603577.634	2377008.347	418.1548	0.0000	0.0000	0.0000
M305	584002.934	2366022.109	273.465	584003.240	2366022.323	273.1244	-0.3053	-0.2142	0.341

Observations Analysis

Leica Geostationary Office programme (LGO) is used for analysis the data . The software is particularly well suited for the rapid processing of small size single and dual frequency surveys, permanent network processing, ambiguity resolution on long baselines, ionosphere and troposphere modeling, clock estimation and time transfer, combination of different receiver types, simulation studies, orbit determination and estimation of Earth rotation parameters and the generation of so called free network solutions. The results and analysis of observations will be introduced into three steps as following:

Orbital errors

To study the effect of satellite position on the solution, a process of Mecca Code-Phase observations have been done twice. Every run utilized the same processing parameters except that the first run used the broadcast ephemeris, and the second run used the precise ephemeris as produced by International GPS Service “IGS”. The differences between the resulted coordinates [5].

As it is demonstrated in table (2), the horizontal Position coordinates varies in a wide range from 0.53 mm to 0.605 mm. The range for height is varies from 0.83 mm to 1.94 mm. As a closing remark for this section, on can easy detect the contribution of how can precise ephemeris improve the solution against the broadcast solution.

Table (2): The differences between the default code- phase solution and the code-phase solution by replacing the orbit model to precise model at Mecca network

Point	$\Delta E(\text{mm})$	$\Delta N(\text{mm})$	$\Delta H(\text{mm})$
G-079	0.23	0.51	1.4
G-097	0.13	0.45	0.83
G-164	0.52	0.54	0.98
G-182	0.00	0.00	0.00
M-305	0.71	0.69	1.94

Ionosphere errors

To study the effect of ionosphere error on the solution, a process of Mecca Code-Phase observations have been done several times, in this observation using of klobucher ionosphere model with the adopted values [8]. Every run utilized the same processing parameters except that the first run utilized an ionosphere model from the following models:

- Computed Model
- Standard
- Global/Regional

Table (3): The differences between the default solution and the other models solution by changing the ionosphere model at Mecca network

	point	$\Delta E(\text{mm})$	$\Delta N(\text{mm})$	$\Delta H(\text{mm})$
The differences between the default solution and the solution by replacing the ionosphere model to computed model	G-079	0.00	0.00	0.01
	G-097	0.01	0.00	-0.03
	G-164	0.00	0.00	0.00
	G-182	0.00	0.00	0.00
	M-305	0.11	-0.11	0.04
The differences between the default solution and the solution by replacing the ionosphere model to standard model	G-079	0.00	0.00	-0.01
	G-097	0.00	0.00	0.01
	G-164	0.01	-0.03	-0.1
	G-182	0.00	0.00	0.00
	M-305	-0.22	0.04	-0.11
The differences between the default solution and the solution by replacing the ionosphere model to global model	G-079	0.00	0.00	0.00
	G-097	0.00	0.00	0.01
	G-164	0.00	0.00	0.00
	G-182	0.00	0.00	0.00
	M-305	0.34	0.14	0.13

As it is indicated in table The coordinates vary in a clear range from sub millimeter with respect to all types of Ionosphere models but for Then the use of Klobucher model rather than other Ionospheres models as the most common ionosphere model used.

Troposphere errors

To study the effect of troposphere error on the solution, a process of Mecca Code-Phase observations have been done several times. Every run utilized the same processing parameters except that the first run utilized a troposphere model from the following models:

- Simplified Hopfiled Model
- Saastimoinen Model
- Essen & Froome Model
- No Troposphere Model

The differences between the resulted coordinates for each used troposphere model and the original values are depicted in table 4

Table (4): The differences between the default code- phase solution and the code-phase solution by replacing the troposphere models at Mecca network

	point	$\Delta E(\text{mm})$	$\Delta N(\text{mm})$	$\Delta H(\text{mm})$
The differences between the default code- phase solution and the code-phase solution by replacing the troposphere model to simplified Hopfield	G-079	-1.0	0.4	9.6
	G-097	0.2	0.5	20.3
	G-164	0.1	1.0	26.3
	G-182	0.0	0.0	0.0
	M-305	0.2	0.6	19.1
The differences between the default code- phase solution and the code-phase solution by replacing the troposphere model to Saastamoinen model	G-079	-0.1	0.0	0.3
	G-097	0.1	0.1	0.7
	G-164	0.1	0.1	1.0
	G-182	0.0	0.0	0.0
	M-305	0.0	0.1	0.7
The differences between the default code- phase solution and the code-phase solution by replacing the troposphere model to Essen and Froome model	G-079	0.0	-0.2	-7.4
	G-097	0.1	-0.3	-16.2
	G-164	0.1	-0.6	-21.1
	G-182	0.0	0.0	0.0
	M-305	0.2	-0.3	-15.6
The differences between the default code- phase solution and the code-phase solution by replacing the troposphere model to no troposphere model	G-079	-13.6	25.9	-83.4
	G-097	13.5	-5.6	-143.7
	G-164	4.5	20.2	-217.8
	G-182	0.0	0.0	0.0
	M-305	16.7	20.0	-132.9

The differences between the Simplified Hopfield troposphere model values and the computed values are ranging between -0.1mm and -0.2mm in east component, 0.5mm to 1.0 mm in north component and ranging between 9.6 to 26.3 mm in height component.

The differences between the Saastimoinen troposphere model values and the computed values are ranging between 0.3mm and 1.0 mm in height component and 0.1mm differences in east and north component.

The differences between the Essen & Froome troposphere model values and the computed values are ranging between 0.1mm and 0.2mm in east component, -0.2 mm to -0.6 mm in north component and ranging between -0.7 to -21.1 mm in height component.

The differences between the computed values and the values, which no troposphere model used, are ranging between -13.6mm and 16.7mm in east component and -5.6 mm to 25.9 mm on north component and in height component ranging between -83.4 to -217.8 mm.

Finally, it can be easy to detect that the effect of troposphere models on the height component has the greatest effect than on the east and north component. The difference between the troposphere models was very small but it was high if no troposphere model used, so that the use of any troposphere model is better than no model used.

Conclusions

In this research 5 stations of Holly Mecca were processed with Leica Geostationary Office software (LGO) and compare the result with those obtain in ITRF2000 with. The result shows the general agreement. Solution is better than 40mm for daily solutions, and the repeatability is about 20mm, 35mm, 45mm for N,E,H components. The difference between the coordinates and those obtain in relative mode in ITRF 2000 are due to the ambiguity resolution and combination of solution in software. The difference between baseline computed and relative mode is better than 30 mm. The use of precise ephemeris rather than broadcast ephemeris, Klobucher ionosphere model, and Hopfield or Saastimoinen troposphere model would give an appreciable improvement for all baselines. Also, The troposphere models have the same effect on the all observation techniques , the Hopfield model give the same results with the Saastimoinen model as addition of model result values between the Simplified Hopfield model and Essen & Froome model.

REFERENCES

1. Alves P. (2004) Development of two novel carrier phase-based methods for multiple Reference station positioning, PhD, The University of Calgary, Canada.
2. Hofmann et al (1997), "GPS:Theory and Practice". 4th revised ed., Springer Wien New York 389p..
3. Kouba, J. and Heroux, P.(2000), "GPS Precise Point Positioning) using IGS Orbit Products", GSD,NRCan.
4. Shen ,X.(2002), "Improving ambiguity Convergence in Carrier Phase-based Precise Point Positioning" MSc. Theses, Department of Geometrics Engineering, University of Calgary.
5. Zarzoura. F., (2008) " Accuracy study of wide area GPS networks " MSc thesis department of public work Mansoura University Egypt.

© *Ф. Зарзюра, Б.Т. Мазуров, 2013*

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА САМОТЛОРСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

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: sussen@mail.ru

Юрий Владимирович Васильев

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 625048, Россия, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, к.г.-м.н., заведующий сектором, тел. (3452)688-791, e-mail: radan92@list.ru

В статье рассмотрен комплексный анализ высокоточных геодезических и геофизических измерений на Самотлорском геодинамическом полигоне за период с 2002 по 2012 годы. Изучены современные деформационные процессы, выявлена мульда оседания земной поверхности, определены взаимосвязи динамики перераспределения масс плотностных характеристик с зонами падения пластовых давлений и максимальных отборов углеводородного сырья.

Ключевые слова: современные геодинамические процессы, динамически напряженные зоны, нивелирование, GPS-наблюдения, динамические аномалии плотностных характеристик, высокоточная гравиметрия, приращение сил тяжести.

COMPLEX ANALYSIS GEODETIC AND GEOPHYSICAL STUDIES IN THE SAMOTLOR GEODYNAMIC TESTING GROUND

Michael L. Yur'ev

leading engineer, West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Russia, Tyumen, Taimirskaya str. 74, tel. (3452)688-791, e-mail: sussen@mail.ru

Yuriy V. Vasil'ev

PhD, head of department, West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Russia, Tyumen, Taimirskaya str. 74, tel. (3452)688-791, e-mail: radan92@list.ru

The article describes complex analysis of high-precision geodetic and geophysical measurements made on Samotlor geodynamic polygon from 2002 to 2012. Current deformation processes were researched, earth surface sinking trough was identified, interrelation between density parameter masses redistribution and zones of reservoir pressure drops and maximum extractions of hydrocarbons.

Key words: current geodynamic processes, dynamically stressed zones, levelling, GPS measurements, dynamic anomalies of density parameters, high-precision gravimetry, gravity force increments.

В соответствии с требованиями условий лицензионного соглашения и действующих нормативных документов Ростехнадзора на территории Самотлорского месторождения ОАО «Самотлорнефтегаз» и ОАО «ТНК-

Нижневартовск» в 2002 году был создан Самотлорский геодинимический полигон (СГДП), состоящий из 95 глубинных реперов. С 2003 года по настоящее время ежегодно выполняется комплекс геодезических и гравиметрических исследований для определения характеристик напряженно-деформационного состояния недр.

Самотлорское месторождение нефти открыто в 1965 году и введено в разработку в 1969 году. По состоянию на начало 2013 г. из недр месторождения накопленная добыча жидкости составила 11,6 млрд. тонн, в том числе накопленная добыча нефти составила 2,4 млрд. Для получения такого результата в систему ППД закачено 13,4 млрд м³ рабочего агента (подземных, поверхностных и сточных вод). Общий фонд скважин составляет 15508 единиц. Площадь горного отвода лицензионного участка ОАО «СНГ» составляет 1675 км². Такая гигантская техногенная нагрузка (почти 10 скважин на 1 км² площади) инициирует проявление геодинимических процессов природно-техногенного генезиса, которые формируют деформационные, сейсмические и флюидодинамические изменения в недрах.

Основной целью работы на геодинимическом полигоне является обеспечение геодинимической и промышленной безопасности от техногенного влияния разработки месторождения на природную среду, промышленные и гражданские сооружения, попадающие в площадь горного отвода (Нижневартовская ГРЭС, пос. Излучинск), посредством создания эффективной системы мониторинга.

Для решения поставленных целей и задач использовалась методологическая основа комплексирования нескольких методов: анализ высокоточных геодезических измерений, гравиметрии, площадная радарная спутниковая интерферометрия, анализ геолого-промысловой обстановки, гидрогеологических и инженерно-геологических условий. Работы на Самотлорском геодинимическом полигоне выполнялись в соответствии с требованиями инструкций и Проекта, согласованного в Ростехнадзоре.

Результаты десяти циклов высокоточных геодезических измерений, полученных методом **нивелирования II класса**, за период 2002-2012 гг. выявили, что у подавляющего числа пунктов высоты уменьшились. Максимальная величина суммарной осадки составляет -162 мм (пункт 0061), что свидетельствует о стабильном оседании земной поверхности над обрабатываемой территорией. Анализ геодезических измерений за период наблюдений 2002-2012 годы позволил совместить муьды оседания 2002-2003, 2002-2005, 2002-2007, 2002-2009, 2002-2011, 2002-2012 годов и построить усредненную муьду оседания по нулевым значениям. Все эти построения позволяют сделать вывод о том, что по изолинии -30 мм интегральная муьда занимает 2/3, а по изолинии -50 мм почти 1/2 территории лицензионного участка (рис. 1).

Спутниковые наблюдения выполнялись для определения изменений координат центров глубинных реперов и направления их горизонтальных смещений в геоцентрической системе координат ITRF. Измерения выполнялись относительным методом с использованием пунктов международной службы IGS. Максимальная величина горизонтального сдвигения зафиксирована в пункте 0003 -28 мм.

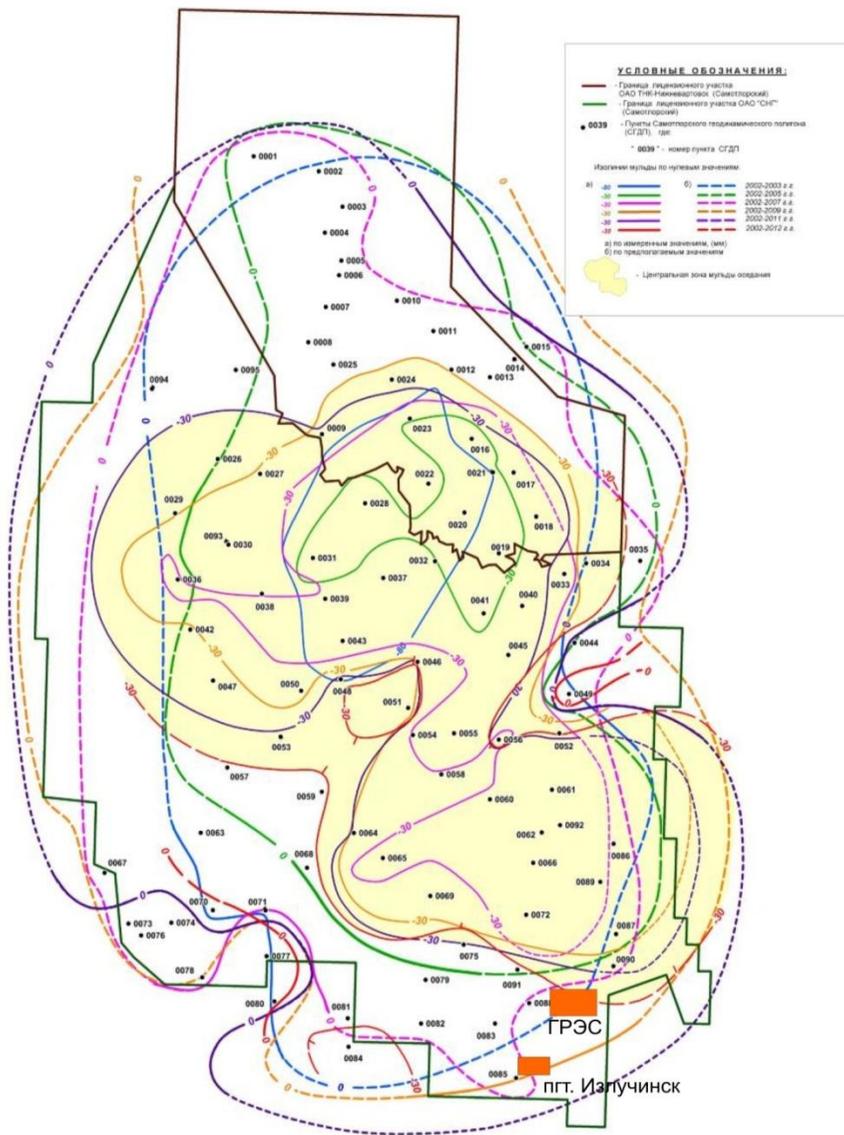


Рис. 1. Формирование мульды оседания земной поверхности за период 2002 – 2012 гг.

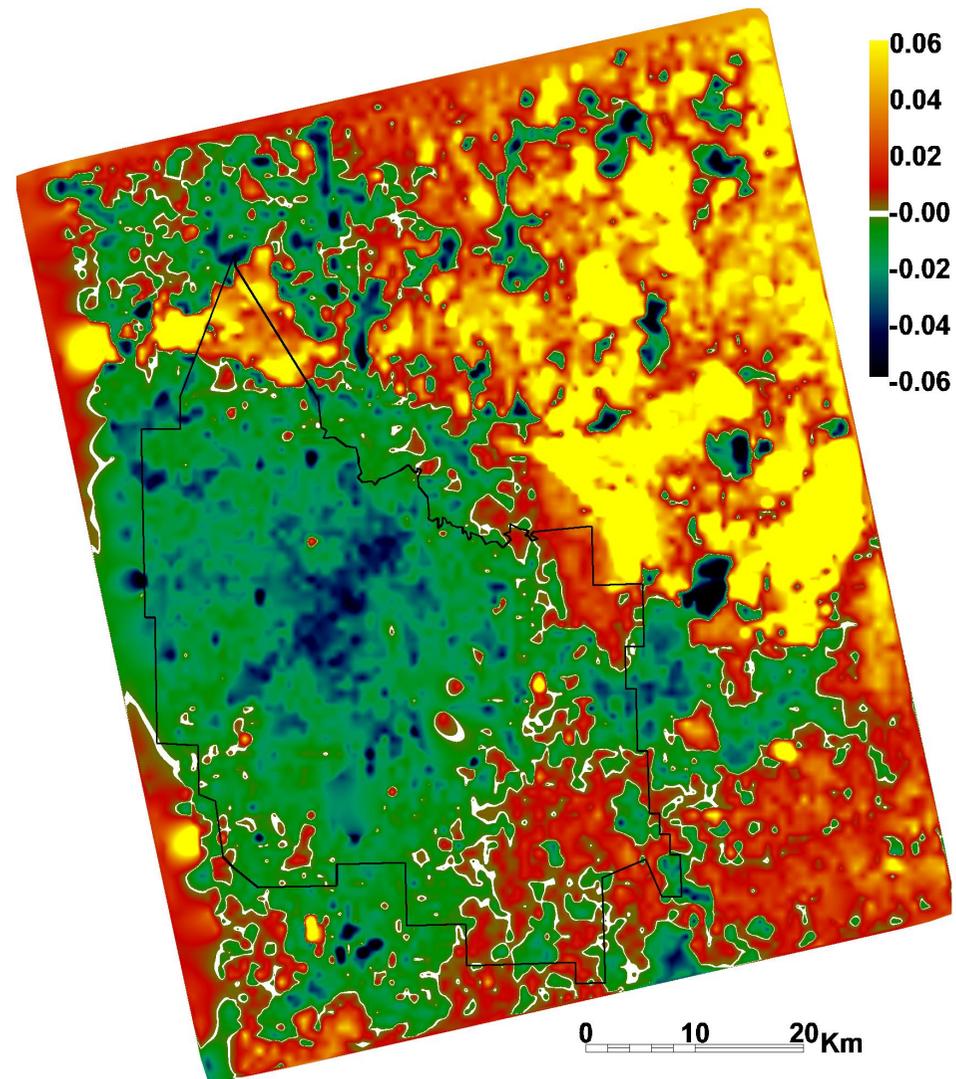


Рис. 2. Интерферометрическая обработка радиолокационных космических снимков за 2008-2011 гг.

Высокоточная гравиметрия направлена на выявление динамических аномалий во времени сил тяжести земли на дневной поверхности, которые обусловлены изменениями плотностных характеристик на глубине. В результате многолетних гравиметрических выявлено, что изменение гравитационного поля зависит от режима флюидодинамических процессов происходящих в недрах, поскольку прослеживается закономерность изменения сил тяжести от добычи нефти на месторождении.

Интерферометрическая обработка радиолокационной съемки с повторных орбит космического аппарата (КА) – это современный способ дистанционного зондирования, позволил получить цифровую модель рельефа (ЦМР) и схему динамики подстилающих покровов за время между съемками 2007-2011 годы. Полученные результаты по интерферометрии являются возможностью проследить не только нулевую изогипсу на период 2007-2011 годы, но и тенденцию ее развития, а так же определить влияние соседних месторождений на деформационные процессы Самотлорского месторождения: на западе это Аганское и Ваттинское, на востоке и юго-востоке – Тарховское и Советское (рис. 2).

Выполненное геодинамическое районирование территории Самотлорского месторождения базируется на использовании наземных и аэрокосмических методов, изучения истории геологического развития, тектонического строения, неотектонического и современного режима геоблоков земной коры, простирающихся зон планетарно-тектонической трещиноватости. Построенная карта современной геодинамической обстановки на 2002-2012 годы **выделяет 5 зон геодинамического риска**, которые приурочены к зонам максимального оседания, градиентным зонам изолиний вертикальных сдвижений, границам геоблоков (рис. 3).

Усть-Вахская площадь по данным комплекса геодезических и геофизических измерений, интерферометрии и анализа оптических снимков относится к территории со знакопеременными подвижками. В этой связи, по совокупности признаков таких как: геолого-тектоническое строение с наличием разломных зон обнаруженных от фундамента до кровли АВ₁¹⁻², сложные инженерно-геологические и гидрогеологические условия, наличие динамической и статической нагрузки агрегатов, техногенное влияние разработки месторождения, исследуемая площадь, где расположен пос. Излучинск и Нижневартовская ГРЭС, нами рассматривается как зона геодинамического риска.

Таким образом, системный подход к сбору, анализу и интерпретации данных по геолого-геофизической обстановке, основным геолого-промысловым показателям, гравиметрии позволяет определять генезис формирования современных деформационных процессов земной – природный или техногенный.

Сопоставительный анализ полученной информации по накопленной добыче нефти с данными по динамике приращения сил тяжести Земли и количественными показателями мульды оседания за рассматриваемый период наблюдений, свидетельствует о высокой взаимосвязи трёх методов.

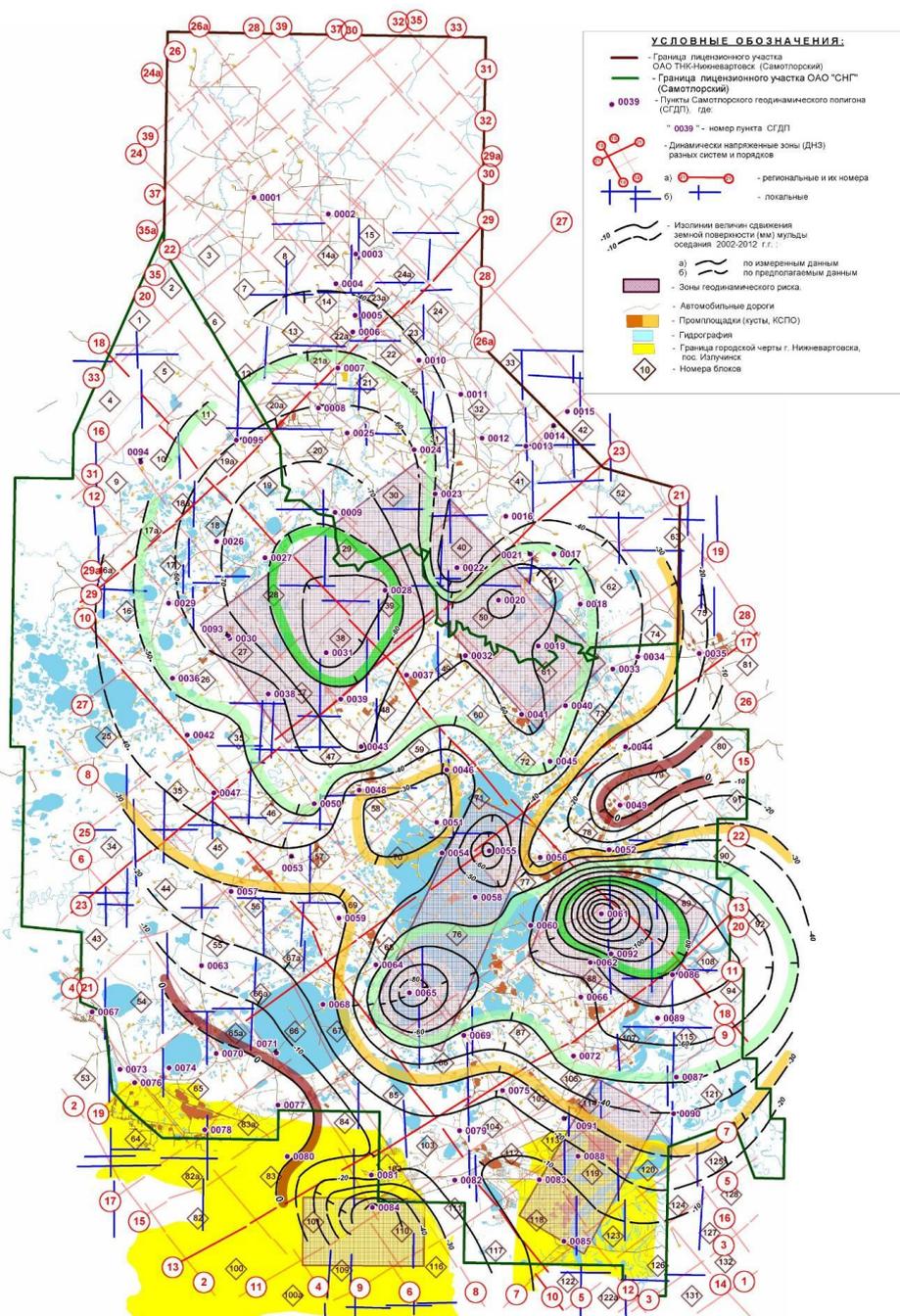


Рис. 3. Карта современной геодинамической обстановки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев Ю.В., Мартынов О.С. Анализ результатов исследований на геодинамическом полигоне Самотлорского месторождения. // Материалы восьмой научно-практической конференции «Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО». Х-Мансийск, 2005. Том 1. С. 452-461.
2. Васильев Ю.В., Мартынов О.С., М.Л. Юрьев, А.Ю. Белоносов, С.И. Яковлев.// Анализ результатов геодезических и гравиметрических измерений на Самотлорском геодинамическом полигоне // Маркшейдерский вестник. 2012. № 5. С.36-42.

© М.Л. Юрьев, Ю.В. Васильев, 2013

АППРОКСИМАЦИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА

Борис Тимофеевич Мазуров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кафедра высшей геодезии, профессор, д.т.н., тел. 3432911, e-mail: btmazurov@mail.ru

Ольга Игоревна Некрасова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кафедра высшей геодезии, аспирант, тел. 3432911, e-mail: olyanek@yandex.ru

Предлагается метод аппроксимации рельефа как совокупности параллелепипидов и оптимизация соответствующих вычислений с привлечением цифровых моделей рельефа.

Ключевые слова: аппроксимация силы тяжести, параллелепипед, цифровые модели рельефа.

NUMERICAL APPROXIMATION OF THE GRAVITATIONAL INFLUENCE OF THE EARTH TERRAIN

Boris T. Mazurov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., professor, department of high geodesy, tel. 3432911, e-mail: btmazurov@mail.ru

Olga I. Nekrasova

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., aspirant, department of high geodesy, tel. 3432911, e-mail: olyanek@yandex.ru

A method is proposed as a set of approximation earth terrain parallelepiped and optimizing the relevant calculations involving digital elevation models of the earth terrain.

Key words: approximation earth terrain, parallelepiped, digital elevation models of the earth terrain.

Геодезические методы в геодинамических исследованиях играют важную роль. На результаты геодезических наблюдений значимое влияние оказывает меняющееся гравитационное поле. Значимые вертикальные смещения точек земной поверхности и смещения уровенных поверхностей во времени могут возникать, в частности, при разработке крупных месторождений полезных ископаемых. Большие воздействия на приповерхностный слой Земли и изменения силы тяжести вызывают перемещения больших масс пород при крупномасштабных различных горных работах [1]. Выемка близповерхностных масс приводит к возникновению внутренних компенсационных процессов, связанных с уплотнением осадочных пород или разрушением горных пород, что, в свою очередь, вызывает опускание дневной поверхности; одновременно происходят изменения гидрологического режима. Перераспределение больших объемов пород и руды вызывает значительное изменение поля силы тяжести, а недоучет

влияния перемещаемых масс в результате нивелирования может быть причиной неверного представления о картине вертикальных движений и оказывает влияние на результаты геодезических измерений и определяемые по ним деформации земной поверхности.

Важную информацию при изучении твердой Земли дают параметры гравитационного поля. Считается, что они являются функциями распределения земных масс. Центробежное ускорение, как составляющая общего вектора силы тяжести, может быть вычислена без особых проблем. Но другая составляющая часть поля силы тяжести позволяет (с некоторыми сложностями) определять функцию плотности.

При интерпретации аномального поля силы тяжести неизбежно возникают трудности, которые относятся к неоднозначным, некорректным обратным задачам геофизики. Суть обратной задачи состоит в определении функции плотности (положение, форма и плотность аномальных масс) по измеренным параметрам поля. К сожалению, итоговое интегральное уравнение не имеет единственного решения. В этом проявляется неоднозначность обратной задачи.

На практике возникает вопрос решения прямой задачи – определение гравитационного влияния распределенных в пространстве масс. Их положение, форма и плотность каким-то образом заданы или определены. В этом случае, в соответствии с законом всемирного тяготения, получается единственное решение.

В местной декартовой системе координат аномалия силы тяжести определяется формулой

$$\Delta g(r) = G \iiint_v \frac{\Delta \rho(r')(z' - z)}{|r' - r|^3} dv,$$

где $\Delta \rho$ - разность плотности возмущающего тела и плотности окружающей его среды, $dv = dx' dy' dz'$ – элементарный объем.

Многие тела простой формы и постоянной плотности имеют влияние на силу тяготения, выражаемое аналитически в замкнутой форме (в квадратурах). Для шара радиуса R с постоянной плотностью или состоящего из концентрических слоев известна формула

$$\Delta g = \frac{4}{3} \pi G R^3 \Delta \rho \frac{z}{(x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}},$$

где x, y, z – координаты центра шара. Часто такие гравитирующие тела называют точечными массами, масконами.

Если гравитирующее тело представлять как бесконечно протяженное в горизонтальной плоскости, то формулы упрощаются. Есть технологическое допущение, что это возможно, когда горизонтальные размеры тела в два раза больше глубины его залегания. Иначе такую модель называют как «бесконечный» плоский слой.

Есть еще примеры аналитического подхода к анализу гравитирующего влияния тел простой формы. Например, вертикального цилиндра. Но формула

работает только для точек, расположенных на оси цилиндра. В случае конуса это так же ограничено расположением точки пространства и расположением гравитирующего конуса.

Для решения практических и научно-практических задач возможно использование аппроксимационных, конечно-элементных методов. Общая гравитирующая масса произвольной формы разделяется на некоторые элементарные тела (кубы, например). И далее выполняются замены этих неконцентрических масс на точечные с нахождением их координат как координат центра тяжести пространственного тела с учетом гомогенности - равномернораспределенной плотности пород.

Достаточно типичной формой рельефа в естественной и техногенной среде является конус. Конусообразными являются вулканы, отдельные составляющие горных хребтов. Вследствие выемки и первичной переработки руды образуются конусообразные карьеры, отвалы. В этом случае возникают ситуации ошутимого изменения локального поля силы тяжести в относительно короткие периоды времени. В работах [2, 3] приведены примеры конечно-элементной аппроксимации с делением конуса на сектора колец, послойно, с некоторым угловым шагом по периметру и различным радиусом колец.

В данной работе наш подход в решении задачи аппроксимации гравитационного влияния рельефа заключается в предложении методики аппроксимации тел сложной конфигурации с использованием аналитически выраженного замкнутого интеграла для параллелепипеда. Но все же разбиение общего массива на конечные элементы формы параллелепипеда будет конечно-элементной аппроксимацией. Однако, количество выбранных элементов сокращается значительно по сравнению с кубической аппроксимацией. Современные компьютеры позволяют вычислять все очень быстро и, эта часть технологии не является трудоемкой. Плюсом является в первую очередь качественное улучшение результата как более точное в совокупности вычисление для каждого параллелепипеда по аналитическим интегральным формулам.

Оптимизировать вычисления поможет достаточно развитая система данных цифровых моделей рельефа. Она позволит с помощью компьютера делать определение координаты z . Координаты x и y с равномерным шагом отображают сетку GRID на горизонтальной плоскости локального участка местности и они соответственно легко вычисляются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазуров, Б.Т. Математическая обработка нивелирных и гравиметрических наблюдений в условиях извлечения и перемещения больших объемов руды и пород / Б.Т. Мазуров // Изв. вузов. Горный журнал. – 2006. - № 4. - С. 99 – 104.
2. Мазуров, Б. Т. Аппроксимация гравитационного влияния конусообразных форм земного рельефа / Б. Т. Мазуров // Известия вузов. Горный журнал. - 2010. - N 8. - С. 62-66
3. Мазуров, Б.Т. Некоторые модели аппроксимации гравитирующего влияния усеченного конуса. Сб. материалов V Международного научного конгресса «ГЕО-СИБИРЬ-2009», т.1, ч.2. [Текст] – Новосибирск, 2009. – С. 35-39.

© Б.Т. Мазуров, О.И. Некрасова, 2013

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА ДЛЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ

Вадим Федорович Канушин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, к. т. н., доцент кафедры астрономии и гравиметрии, тел. (383-3)-61-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Ирина Геннадьевна Ганагина

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, к. т. н., доцент кафедры астрономии и гравиметрии, тел. (383-3)-61-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Рассматривается краевая задача с подвижной границей и динамическими граничными условиями, моделирующие кинематику с учетом динамики межфазового перехода и десорбционных процессов на поверхности.

Ключевые слова: определения динамической составляющей гравитационного потенциала, краевые задачи динамической геодезии, дифференциальное уравнение параболического типа.

APPLICATION OF THE DIFFERENTIAL EQUATION OF PARABOLIC TYPE FOR THE SOLUTION OF REGIONAL PROBLEMS OF DYNAMIC GEODESY

Vadim F. Kanushin

The Siberian state geodetic academy, 630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo St., 10, to. so-called, associate professor of astronomy and gravimetriya, ph. (383-3)-61-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

Irina G. Ganagina

The Siberian state geodetic academy, 630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo St., 10, to. so-called, associate professor of astronomy and gravimetriya, ph. (383-3)-61-01-59, e-mail: kaf.astronomy@ssga.ru

The regional task with mobile border and the dynamic boundary conditions, modeling kinematics taking into account dynamics of interphase transition and stripping processes on a surface is considered.

Key words: definitions of a dynamic component of gravitational potential, regional problems of dynamic geodesy, differential equation of parabolic type.

Природные геодинамические, а также техногенные явления по-разному влияют на результаты геодезических измерений, либо непосредственно через изменения положения пунктов на земной поверхности или опосредовано через временные изменения гравитационного поля, поскольку большинство геодезических измерений зависят от направления или модуля вектора силы тяжести. Кроме того системы координат, используемые для описания положения пунктов земной поверхности нестабильны: начала координат и направление осей

земной системы координат изменяются в зависимости от действия эндогенных и экзогенных геодинамических процессов; таким образом, в координатах точек на земной поверхности проявляются дополнительные временные вариации.

Путём регистрации временных изменений результатов геодезических измерений можно исследовать пространственно-временную структуру геодинамических процессов. Основным геодезическим вкладом в геодинамические исследования является контроль в сфере мониторинга временных вариаций гравитационного поля и смещения пунктов на поверхности Земли относительно выбранной системы координат.

В принципе, строгий четырёхмерный подход к этой проблеме ведёт к постановке пространственно-временной краевой или начально-краевой задачи с зависящими от времени граничными данными, требующий описания всех динамических процессов, являющихся результатом антагонистического действия процессов двух видов, вызванных эндогенными и экзогенными силами.

Так как эти процессы крайне сложны и недостаточно изучены, то решение пространственно-временной задачи представляется далеко не простым и однозначным. Большинство предлагаемых в геодезической литературе [1, 2] подходов к решению этой задачи основаны на сведении четырёхмерной задачи к временной последовательности трёхмерных краевых задач. Допуская, что граничные данные в некоторую дискретную эпоху заданы на деформируемую краевую поверхность, ставится и решается обычная, не зависящая от времени краевая задача для любой эпохи. Такой конечно-разностный метод, в котором учитывается линейная аппроксимация кинематического поведения краевой поверхности, формально схож с классическими не зависящими от времени краевыми задачами. В зависимости от типа краевых данных и предположений относительно кинематического поведения краевой поверхности формулируются различные типы зависящих от времени краевых задач. Например, если известна геометрия краевой поверхности на любую эпоху, а неизвестным является изменение потенциала силы тяжести и его дериват, то возникает так называемая фиксированная краевая задача. Если временные вариации краевой поверхности неизвестны, а известны лишь на этой поверхности временные изменения гравитационного потенциала, а также модуль и направления силы тяжести, то возникает обратная краевая задача динамической геодезии со свободной краевой поверхностью. Эта поверхность изменяет свою форму и положение в пространстве (X, Y, Z) со временем t :

$$\sum(X, Y, Z, t) = S_t \quad (1)$$

Каждому моменту t в трёхмерном пространстве (X, Y, Z) соответствует своя поверхность S_t . Пусть две поверхности $S_0(X, Y, Z, t_0)$ и $S_1(X, Y, Z, t_1)$ согласованы между собой тем, что любая точка $P_0 \in S_0(X, Y, Z, t_0)$ связана с точкой $P_1 \in S_1(X, Y, Z, t_1)$. И пусть в результате геодинамических процессов масса перераспределится так, что ни геометрия поверхностей S_0 и S_1 , ни потенциалы силы

тяжести W_0 и W_1 в точках P_0 и P_1 , отнесённые к эпохам t_0 и t_1 не совпадают. Разность между геоцентрическими радиусами-векторами $\vec{r}_0 = OP_0$ и $\vec{r}_1 = OP_1$ представляет собой вектор смещения (рис. 1).

$$\vec{\delta r}(P_1 - P_0, t_1 - t_0) = \vec{r}_1(P_1, t_1) - \vec{r}_0(P_0, t_0) \quad (2)$$

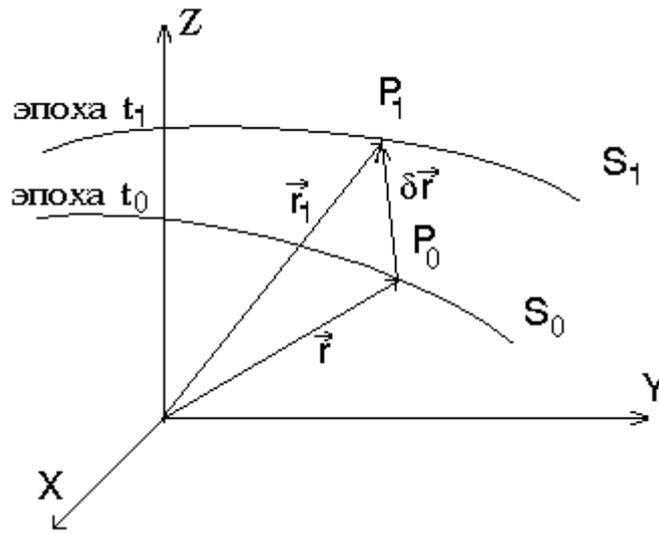


Рис. 1. Определение вектора смещения $\vec{\delta r} = P_0P_1$

Этот вектор можно записать в виде

$$\vec{\delta r} = \begin{vmatrix} X_1 - X_0 \\ Y_1 - Y_0 \\ Z_1 - Z_0 \end{vmatrix}.$$

Разность между значениями потенциалов W_0 и W_1 в точках $P_0(X, Y, Z)$ и $P_1(X, Y, Z)$

$$U(P_1 - P_0, t_1 - t_0) = W_1(P_1, t_1) - W_0(P_0, t_0) \quad (4)$$

– временная вариация потенциала силы тяжести.

Так как вектор силы тяжести равен

$$g = \text{grad}U, \quad (5)$$

то разность

$$\delta g = g_1(P_1, t_1) - g_0(P_0, t_0) = \text{grad}U \quad (6)$$

– разность временной вариации силы тяжести.

Если разности U и δg получены из повторного нивелирования и гравиметрических измерений в точках $P_0 \in (X, Y, Z, t_0)$ и $P_1 \in (X, Y, Z, t_1)$ и отнесены к поверхности $S_0(X, Y, Z, t_0)$, то, возможно, вследствие малости этих величин в сравнении с абсолютными координатами и параметрами гравитационного поля возникает зависящая от времени обратная краевая задача динамической геодезии со свободной границей для определения вектора смещения δg и изменения потенциала силы тяжести U во внешнем пространстве по граничным условиям $U(P_0, t_0)$ и $\delta g(P_0, t_0)$ на поверхности $S_0(X, Y, Z, t_0)$.

Эта задача имеет внешнее сходство с краевой геодезической задачей М. С. Молоденского [1, 3].

Таким образом, разнообразие формулировок, зависящей от времени обратной краевой задачи обусловлено тем, что в настоящее время ещё не разработана общая концепция решения задач динамической геодезии.

В лаборатории физической геодезии кафедры астрономии и гравиметрии СГГА для решения дифференциальных уравнений динамической геодезии разработано несколько методов их численного решения на ЭВМ [4-7].

В данной работе рассматривается один из методов составления и решения дифференциального уравнения параболического типа для определения динамической составляющей гравитационного потенциала.

Пусть функция $U(M, t) = U(X_1, X_2, X_3, t)$ – динамическая составляющая потенциала силы тяжести, которая в каждой фиксированной точке пространства (X_1, X_2, X_3) изменяет свое значение с течением времени.

Пусть σ_t изменение уровенной поверхности, соответствующее функции $U(M, t) = \sigma(t)$ и $\bar{n}(t)$ – вектор внешней нормали к этой поверхности с направляющими косинусами $\cos(n, X_1)$, $\cos(n, X_2)$, $\cos(n, X_3)$.

Тогда интеграл

$$- \iint_{\sigma_t} \left(\frac{\partial U}{\partial X_1} \cos(n, X_1) + \frac{\partial U}{\partial X_2} \cos(n, X_2) + \frac{\partial U}{\partial X_3} \cos(n, X_3) \right) d\sigma = - \iint_{\sigma_t} \text{grad } U_n d\sigma \quad (7)$$

– является потоком вектора $\text{grad } U_n$, через поверхность σ , в направлении, противоположном вектору \bar{n} в момент t .

За промежуток времени dt поток вектора $\text{grad } U_n$ через поверхность σ_t будет равен

$$K = -dt \iint_{\sigma_t} \text{grad } U_n d\sigma, \quad (8)$$

или применяя к формуле (8) теорему Гаусса-Остроградского [1] получим:

$$K = -dt \iint_{\sigma_t} \text{grad } U_n d\sigma = -dt \iiint_{\tau_t} \text{div grad } U_n d\tau \quad (9)$$

где τ_t – объем тела, ограниченного поверхностью σ_t .

Такое же количество силовых линий поля $grad U_n$ за промежуток времени dt можно получить по формуле:

$$K = -dt \iiint_{\tau_t} \frac{\partial U}{\partial t} d\tau. \quad (10)$$

Приравнивая правые части формул (9) и (10), будем иметь:

$$\iiint_{\tau_t} \frac{\partial U}{\partial t} d\tau = \iiint_{\tau_t} div grad U_n d\tau. \quad (11)$$

При произвольном объеме должно иметь место соотношение:

$$\iiint_{\tau_t} \left(\frac{\partial U}{\partial t} - div grad U_n \right) d\tau = 0, \quad (12)$$

откуда получим дифференциальное уравнение эволюционного (параболического) типа [2]:

$$\frac{\partial U}{\partial t} - div grad U_n = 0. \quad (13)$$

Метод конечных разностей, аппроксимирующий дифференциальное уравнение (13), в котором используется метод дробных шагов, разработанный в работе [8], позволяет обеспечить наилучшие соотношения скорости, точности полученного решения и простоты реализации вычислительного алгоритма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановка проблемы динамической геодезии, как решение геодезической краевой задачи М.С.Молоденского с краевыми условиями и граничной поверхностью, изменяющимися во времени. Отчет о НИР (промежуточный), руководитель Бузук В.В. N ГР.0196.00012360, ИИb.N 02. 97.0005664, СГГА. – Новосибирск. –1997. – 49с.
2. Неск В. Time - Dependent Geodetic Boundary Value Problems. Proc. Int.Symp. Figure and Dynamiok of the Earth, Moon, and Planets Pra gue. – 1988. – p. 195-225.
3. Молоденский, М.С. Методы изучения внешнего гравитационного поля и фигуры Земли// М.С. Молоденский, В.Ф. Еримеев, М.И. Юркина // Труды ЦНИИГАиК, вып. 131. – 1960. – 251 с.
4. Ганагина, И.Г. Современные проблемы физической геодезии [Текст]: учебно-методич. пособие по выполнению курсовой работы / И.Г. Ганагина, В.Ф., Канушин, Д.Н. Голдобин. – Новосибирск: СГГА. – 2012. – 76с.
5. Канушин, В.Ф.Определение когерентных составляющих физических полей Земли в представлении рядами Фурье / В.Ф. Канушин, И.Г. Ганагина, Д.Н. Голдобин //Сборник материалов Гео-Сибирь г. Новосибирск СГГА. – 2008. – С. 37-41.
6. Канушин, В.Ф. Решение краевой задачи типа Дирихле с помощью вевлет-анализа / В.Ф. Канушин, А.Г. Вахрушев, Е.Д. Румянцева // Сборник материалов Гео-Сибирь, г.Новосибирск: СГГА. – 2011. – С. 161-165.
7. Канушин, В.Ф. Применение метода вириала для решения задач динамической геодезии / Канушин В.Ф// Сборник материалов Гео-Сибирь г. Новосибирск СГГА. – 2011. – С. 170-173.
8. Бузук, В.В. О применении метода конечных разностей для решения краевых задач динамической геодезии / В.В. Бузук, В.Ф. Канушин, А. С. Горбунов // Тез. докл. 50 НТК. преподават. СГГА, – Новосибирск. –2000. – С. 34-35.

© В.Ф. Канушин, И.Г. Ганагина, 2013

К ПРОВЕДЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЭПИЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОНАХ РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА БЫВШЕМ СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ

Алексей Михайлович Яковенко

Институт геофизических исследований, 071100, Восточно-Казахстанская область, г. Курчатов, начальник группы топографо-геодезического обеспечения, тел. (722-51)2-31-46, e-mail: yakovenko@igr.kz

Рассмотрены вопросы создания наблюдательной сети и проведения геодезического мониторинга в районе эпицентров ранее проведенных подземных взрывов на примере скважины 1414 участка Балапан Семипалатинского испытательного полигона.

Ключевые слова: подземный ядерный взрыв, Семипалатинский испытательный полигон, деформация дневной поверхности, геодезический мониторинг.

ON CONDUCT OF GEODETIC MONITORING IN THE EPICENTRAL ZONES OF UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSIONS CONDUCTED IN THE PAST IN THE FORMER SEMIPALATINSK TEST SITE

Alexey M. Yakovenko

Institute of Geophysical Research, 071100, East Kazakhstan, Kurchatov, Chief of Topographic and Geodetic Support Group, tel. (722-51)2-31-46, e-mail: yakovenko@igr.kz

The report deals with created observation network and carrying out geodetic monitoring around epicenters of underground explosions conducted in the past. The case study is borehole 1414 in Balapan site of the former Semipalatinsk Test Site.

Key words: underground nuclear explosion, Semipalatinsk Test Site, deformation of a daylight surface, geodetic monitoring.

На территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) с 1949 по 1989 годы [1], проведено 456 испытаний ядерных устройств в атмосфере, на земле и под землей в горных выработках: горизонтальных – штольнях (участок Дегелен) и вертикальных – скважинах (участки Балапан, Сары-Узень, Телькем и др.). Подземные ядерные испытания привели к деформации дневной поверхности в их эпицентральных зонах. Наиболее значительно изменена дневная поверхность в районе так называемой боевой скважины «Глубокая» на участке Балапан, где испытание проведено в 1977 г. Через 15 лет здесь образовалась воронка [2], современный диаметр которой составляет около 110 м и глубина более 17 м (рис. 1).

В результате геоморфологического мониторинга 106 так называемых боевых скважин на участке Балапан, установлен характер изменений дневной поверхности - поднятия и проседания, что может свидетельствовать о различных процессах, происходящих над очаговыми полостями подземных ядерных взры-

вов (ПЯВ), что может привести к опасным явлениям как на самих объектах так и на удалении от них.



Рис. 1. Эпицентральная площадка скважины Глубокая участка Балапан

Для контроля за такими явлениями были выбраны 9 скважин, на которых явно выражены изменения дневной поверхности в результате проведения ПЯВ.

Одним из таких объектов является скважина 1414 участка Балапан. Испытание в скважине 1414 проведено 26.05.1984 г, количество зарядов 2, их мощность: 1 – 20 - 150, 2 – 0,001 - 20 кт, – глубина заложения 489 м. На рис. 2 показан вид приустьевой площадки скважины 1414.



Рис. 2. Скважина 1414 участка Балапан. Общий вид

В первую очередь необходимо было установить, действительно ли на объекте происходят изменения дневной поверхности в настоящее время. Для этого был разработан проект наблюдательной сети геомониторинга и произведен вынос в натуру и закрепление наблюдательных точек - реперов на объекте. На рис. 3 приведена наблюдательная сеть на объекте 1414.

Один из пунктов закреплен в зоне наибольших деформаций – на дне воронки, три репера заложены по бортам и один репер располагается на удалении от объекта, на устойчивой поверхности, вне зоны возможных деформаций от ПЯВ.

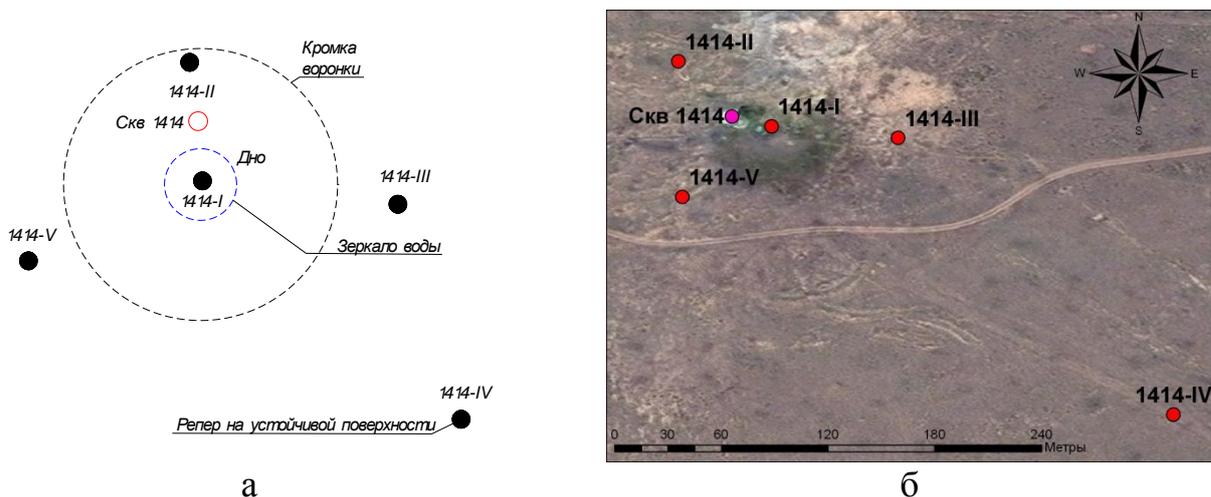


Рис. 3. Схема наблюдательной сети на скважине 1414

а – проект наблюдательной сети, б – созданная наблюдательная сеть

Наблюдения за положением пунктов наблюдений было принято выполнять нивелированием II класса, с использованием цифрового нивелира SOKKIASDL30, по фибергласовым рейкам с RAB-кодом.

В 2009 г. на пунктах системы геомониторинга проведены первые инструментальные наблюдения и получены первые отметки реперов. Для объекта выбрана условная система высот, за исходный, выбран репер на устойчивой поверхности. Далее измерения проводились с периодичностью раз в год, в осенний сезон.

В табл. 1 приведены результаты наблюдений на пунктах наблюдательной сети в период 2009-2012 гг.

Таблица 1

Отметки пунктов наблюдательной сети на объекте 1414

№ скважины, № репера	Н, м 2009 г.	Н, м 2010 г.	ΔН, мм 2010- 2009	Н, м 2011 г.	ΔН, мм 2011- 2010	Н, м 2012 г.	ΔН, мм 2012- 2011	Примечание
1414-I	-	-		-		-		Дно с водой
1414-II	302,8172	302,8206	+3,4	302,8190	-1,6	302,8172	-1,8	Борт
1414-III	301,9513	301,9572	+5,9	301,9530	-4,2	301,9484	-4,6	Борт
1414-IV	300,0000	300,0000		300,0000		300,0000		Баз.репер
1414-V	302,5650	302,5628	-2,2	302,5610	-1,8	302,5596	-1,4	Борт

Как следует из таблицы, в период 2009 - 2010 гг., наблюдалось поднятие в северо-западной и восточной части участка на пунктах г.р. II и г.р. III и понижение в юго-западной части на г.р. V. За последующие два периода (2010 - 2011 и 2011 – 2012 гг.) наблюдается стабильное понижение отметок всех реперов,

что свидетельствует о проседании дневной поверхности в окрестности скважины 1414. При этом максимальная деформация зафиксирована на г.р. III, расположенном в восточной части объекта (понижение на 8,8 мм).

На рис. 4 приведена диаграмма изменения отметок грунтовых реперов на приустьевой площадке скважины 1414.

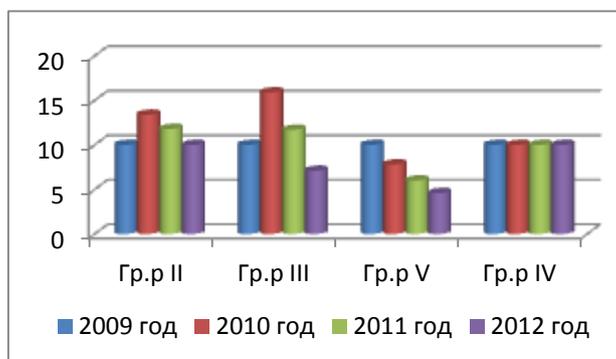


Рис. 4. Диаграмма изменения отметок грунтовых реперов на объекте 1414

По результатам наблюдений за период 2009 - 2012 гг., установлено что в эпицентральной зоне в местах проведения ПЯВ происходят процессы деформации дневной поверхности, в 2010 – 2012 г. они выражаются проседанием, отмеченным на всех пунктах наблюдения, расположенным на бортах воронок.

Сложившаяся ситуация подтверждает продолжение деформационных процессов в эпицентральной зоне ранее проведенных подземных ядерных взрывов в настоящее время и подтверждает необходимость дальнейшего проведения мониторинга и расширения наблюдательной сети, для получения более полной информации о происходящих геодинамических процессах на объекте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ядерные испытания СССР./ Коллектив авторов. Под редакцией В.Н. Михайлова. Москва ИздАТ. 1997.
2. Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2007-2009 гг. / Под рук. С.Н. Лукошенко – Павлодар: Дом печати, 2010.-528 с.

© А.М. Яковенко, 2013

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФИГУРЫ ЗЕМЛИ

Анатолий Степанович Суздалев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики, тел. 8(383)3431853, e-mail: kaf.pi@snga.ru

Нина Петровна Артемьева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, тел. 8(383)3431853, e-mail: kaf.pi@snga.ru

В статье рассмотрено определение основных установок современного геодинимического картографирования на примере разработки принципов структуры и картографического содержания самостоятельной ГИС посвященной геодинимике и тектонике литосферных плит, создание тематической коллекции карт, отражающих различные геодинимические параметры.

Ключевые слова: литосферные плиты, тектоника, геодинимика, геодинимический мониторинг, ГИС-технологии, дрейф континентов, картографирование.

IMPACT OF GEODYNAMIC PROCESSES ON FORMATION OF THE FIGURE OF EARTH

Anatoly S. Suzdalev

Siberian state geodetic academy, 630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo St., 10, Candidate of Technical Sciences, associate professor of applied informatics, 8(383)3431853, e-mail: kaf.pi@snga.ru

Nina P. Artemyeva

Siberian state geodetic academy, 630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo St., 10, senior teacher of chair of applied informatics, 8(383)3431853, e-mail: kaf.pi@snga.ru

In article definition of the main installations of modern geodynamic mapping on the example of development of the principles of structure and the cartographical maintenance of independent GIS to the devoted geodynamics and a tecktonik danse of earth's plates, creation of a thematic collection of the cards reflecting various geodynamic parameters is considered.

Key words: earth's plates, tectonics, geodynamics, geodynamic monitoring, GIS-technologies, drift of continents, mapping.

Геодинимика как наука возникла в конце 50-х годов XX. В это время теория движения литосферных плит была подтверждена научными открытиями в сфере изучения движений дна Мирового океана, обусловленных разломами и смещениями океанического дна. Главной задачей геодинимики – являлось изучение перемещения литосферных плит. Идея о дрейфе континентов была выдвинута на основе анализа картографических изображений в конце XVI века,

когда, благодаря Великим географическим открытиям, на картах появилось изображение Американского континента. Первыми на сходство береговых линий Африки, Европы и Америки обратили внимание Абрахам Ортелиус в 1596 г. и Фрэнсис Бэкон в 1620 г.[1]. Великий русский ученый М.В.Ломоносов указывал в XVIII веке на возможность горизонтального перемещения «великих частей земного шара». Но это скорее были гениальные догадки, чем начало новой теории. В конце XIX века появились первые научно обоснованные идеи передвижения участков земной коры. Английский пастор и талантливый физик Освальд Фишер в своем труде «Физика земной коры», изданном в 1889 году, за 70 лет до появления основополагающих работ по тектонике плит нарисовал модель развития геологических процессов на Земле, близкую к современным воззрениям. Он считал, что океаническая кора образуется за счет излияния базальтов из трещин в зонах ее растяжения, таких как, например, в Исландии и на осевых хребтах в океанах, а в существующих по периферии зонах сжатия, океаническое дно опускается под островные дуги и континентальные окраины. По мнению Фишера, континенты пассивно «дрейфуют» вместе с океанической корой от зон растяжения к зонам сжатия, и движущим механизмом для перемещения блоков служат конвективные течения магмы под земной корой.

В 1912 г. выдающийся немецкий физик и метеоролог Альфред Вегенер предложил гипотезу дрейфа континентов. Он обратил внимание на необычайную совместимость очертаний западных и восточных береговых линий Атлантического океана и провел анализ картографического изображения западного побережья Африки и восточного побережья Южной Америки, "соединив" их изображения в единое целое. Но только в 50-60 гг. XX в. были сделаны геофизические открытия, подтверждающие гипотезу о перемещении отдельных частей земной коры. Главную роль в этом сыграли исследования геологического строения океанического дна и связанных с ним полосчатых магнитных аномалий.

Интенсивное исследование океанического дна, начатое во время Второй Мировой войны и продолженное в 1950-х гг. ВМС США, привело к открытию крупнейшей системы подводных хребтов, расположенных по осевым зонам молодых океанов и опоясывающих Землю непрерывной цепью длиной до 70 тыс. км [2,3]. По гребням срединно-океанических хребтов были обнаружены рифтовые зоны (глубокие трещины растяжения), со дна которых всегда извлекаются только молодые базальты. Возраст дна всех океанов, судя по времени образования океанических островов и донных осадков, всегда оказывался сравнительно молодым - не более 150-160 млн лет, тогда как средний возраст самих континентов превышает 2-2,5 млрд лет. Гипотеза дрейфа континентов стала быстро возрождаться, но уже на новом уровне, и к концу 60-х гг. переросла в теорию тектоники литосферных плит. В 1968 г. американский геофизик Джейсон Морган и французский геофизик Ксавье Ле Пишон выделили наиболее крупные литосферные плиты и рассчитали параметры их движения по поверхности земного шара. С середины 1980-х годов исследования тектоники литосферных плит вышли на новый уровень развития.

Знание точных значений параметров перемещения плит (координаты полюса вращения и угловой скорости вращения), позволило решать важнейшие геодинамические и геодезические задачи: построение и уточнение земной системы координат, исследование океанических приливов на океанах и земной коре, изучение гравитационного поля и формы Земли, изучение особенностей ее вращения. Так как землетрясения чаще всего происходят на границах плит, то результаты изучения тектоники плит могут быть использованы для предсказания землетрясений. Планетарные динамические свойства Земли, зависящие от распределения масс в ее теле, изучают, используя фигуры сравнения (геоид, двухосный или трехосный эллипсоид). Общая теория планетарных геодезических задач, проблемы планетоцентрических координат и внешнего гравитационного поля на эпоху, геофизические и геодинамические аспекты задач современной геодезии разрабатывалась многими исследователями М.М. Машимовым, В.В. Бузуком, И.Г. Вовком, В.Ф. Канушиным, А.С. Суздальевым и другими исследователями [1,2,3]. В качестве математической модели динамической фигуры Земли. современная наука разделяет литосферу Земли, включая земную кору и субстрат, на шесть крупных плит: Евразийскую, Американскую, Африканскую, Тихоокеанскую, Индийскую и Атлантическую.

Развитие методов космической геодезии в последние десятилетия, обеспечивающее данными о скоростях движения точек на земной поверхности, позволило поднять геодинамические исследования на качественно новый уровень, а благодаря современным информационным технологиям исчезла проблема обработки больших массивов данных полученных из наблюдений. Для получения данных для геодинамических исследований тела Земли используют мониторинг с искусственных спутников Земли и других космических объектов, астрономо-геодезических измерений.

Как всякая область науки, занимающаяся изучением природных процессов, геодинамические исследования требуют соответствующего картографического сопровождения. До настоящего времени картографирование движения точек на земной поверхности должным образом не развивалось. Сравнительно немногочисленные карты, основывающиеся на результатах наблюдения космических геодезических систем, носят часто иллюстративный характер и имеют явные недостатки: бессистемность, отсутствие унификации, отсутствие единой картографической основы, представление информации в обобщенном виде. Отмеченные недостатки приводят к тому, что эти карты выполняют только одну функцию, присущую картографическим изображениям — фиксировать, визуализировать результаты наблюдений, но они не могут быть инструментом исследования. В то же время непрерывное накопление информации о движении точек на земной поверхности, большие массивы геологических и геофизических данных требуют создания системы картографического обеспечения геодинамических исследований, которая позволила бы выявлять пространственно-временные особенности и изменения управляемых геодинамических параметров. В полной мере, это может быть обеспечено только с использованием ГИС-технологий, что позволит проводить геодинамический мониторинг, обновлять

базы данных, систематизировать и визуализировать полученные результаты в виде различных тематических карт, выявлять взаимодействие различных явлений в геодинамике, геодезии, сейсмологии и других областях наук, связанных с тектоникой литосферных плит.

Определение основных установок современного геодинамического картографирования на примере разработки принципов структуры и картографического содержания самостоятельной ГИС, посвященной геодинамике и тектонике литосферных плит, создание тематической коллекции карт, отражающих различные геодинамические параметры должно развиваться в следующих направлениях:

- изучение предметной области геодинамики, что позволит сформулировать основные принципы картографирования геодинамических процессов и определить элементы содержания создаваемых карт;

- определение возможной структуры ГИС, соответствующей необходимому информационному обеспечению картографирования геодинамических процессов;

- экспериментальное картографирование различных геодинамических параметров: землетрясений, скоростей движения точек на земной поверхности, результатов геодинамического моделирования (невязок наблюдений и модельных скоростей);

- выявление потенциальной индикационной значимости картографируемых геодинамических параметров.

Центральной задачей тектоники плит является построение мгновенной, современной кинематической модели движения литосферных плит. В 1968 году Ле Питоном была создана модель для шести наиболее крупных плит: Тихоокеанской, Евразийской, Северо-Американской, Южно-Американской, Индийской, Африканской. Для нее было использовано около 30 значений линейных скоростей раздвижения плит в рифтовых зонах и почти столько же азимутов трансформных разломов в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах. В 1974 г. появилась модель Минстера и Джордана. Для вычисления глобальной замкнутой модели относительной мгновенной кинематики литосферных плит ими было использовано значительное количество определений фокальных механизмов в очагах землетрясений на трансформных разломах и в зонах подвига плит, а также использован метод максимального правдоподобия, позволивший получить решение математически более корректное, чем в ранних исследованиях и оценить значимость геологических и геофизических исходных данных. Еще более совершенная геолого-геофизическая модель - NUVEL-1 (с фиксированной Тихоокеанской плитой) была рассчитана Де Метсом, Гордоном, Аргусом (C.De Mets., R.G.Gordon, D.F.Argus) и др. в 1990 г.

Ни одна из существующих кинематических моделей не является совершенной, они отличаются количеством плит и оценками скоростей движения. В геофизических моделях исходными данными служили сведения об относительных скоростях движения плит, в геодезической модели — абсолютные скорости плит. Но современных данных космической геодезии пока еще не хватает

для того, чтобы рассчитать движение всех выделяемых плит. Поэтому большой популярностью пользуются геофизические модели NNR-NUVEL-1A и NUVEL-1A, которые уточняются с помощью данных космической геодезии. Для изучения воздействия геодинамических процессов, происходящих в глубине Земли и влияния их на параметры гравитационного поля, при котором происходит формирование фигуры Земли, может быть построена математическая модель по алгоритму непересекающихся треугольников. Основная идея этого алгоритма состоит в последовательном наращивании сети непересекающихся треугольников, покрывающих заданную область. Используя этот метод, можно создать гравитационную поверхность морского дна и модель океанической поверхности.[4]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вовк И.Г. Математическое моделирование эволюции геофизических полей по результатам сферического гармонического анализа / И.Г Вовк, А.С. Суздаев // Вестник СГГА, вып. 2, 1997. – с.97-99.
2. Вовк И.Г., Суздаев А.С. Математическое моделирование статистических связей между различными геофизическими полями
3. Машимов М.М. Планетарные теории геодезии / М.М. Машимов. – М.: Недра, 1982. – XXX с.
4. Вовк И.Г., Суздаев А.С., Канушин В.Ф., Костына Ю.Г. Математическое моделирование рельефа в инженерных целях

© А.С. Суздаев, Н.П. Артемьева, 2013

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА УДОКАНСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Александр Алексеевич Малюженко

ОАО «Забайкальское аэрогеодезическое предприятие», 672010, г. Чита, ул. Амурская, 7, заместитель начальника ПЭО, тел. (3022) 36-46-69, e-mail: malikrus@mail.ru

Описана история и причины изучения геодезическими методами осовремененных движений земной кора на Удоканском геодинамическом полигоне.

Ключевые слова: спутниковые наблюдения, геодинамический полигон.

HISTORY OF STUDYING OF RECENT MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST IN THE UDOKANSKY GEODYNAMIC POLYGON

Alexander A. Maljuzhenko

JSC "Zabaikalye aerogeodetic enterprise", 7 Amurskaya, Chita, 672010, the deputy chief Economic Planning Departmen, tel. (3022) 36-46-69, e-mail: malikrus@mail.ru

The history and the studying causes by geodetic methods of recent movements of the earth's crust in on Udokansky geodynamic polygon is described.

Key words: satellite observations, geodynamic polygon.

Изучение современных движений земной коры геодезическими методами в Забайкальском крае осуществляется на Удоканском геодинамическом полигоне. Удоканский ГДП создан в соответствии с техническим заданием, разработанным совместно с ЦНИИГАиК и ИЗК СО АН СССР и согласованным с Советом по сейсмологии и сейсмостойкому строительству при Президиуме АН СССР [1].

По административно-территориальной принадлежности территория Удоканского геодинамического полигона относится к Каларскому району Забайкальского края и расположена между $56^{\circ}15'$ и $56^{\circ}55'$ северной широты, $118^{\circ}00'$ и $118^{\circ}45'$ восточной долготы (рис. 1). На территории полигона расположены населенные пункты: с.Чара (районный центр), п.г.т. Новая Чара, с. Кюсть-Кемда, п. Удокан. Наиболее крупным населенным пунктом является с. Чара, центр Каларского района.

Полигон создавался в целях обеспечения безопасного строительства и эксплуатации Удоканского горно-обогатительного комбината расположенного возле крупнейшего месторождения медных руд в России и третьего в мире по запасам. Второй причиной проведения создания является то, что полигон расположен в северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны - одной из наиболее высокосейсмичных внутриконтинентальных зон Земли. Исходя из этого, результаты повторных геодезических измерений могут быть использованы для изучения геодинамических процессов, а так в целях прогнозирования землетрясений.

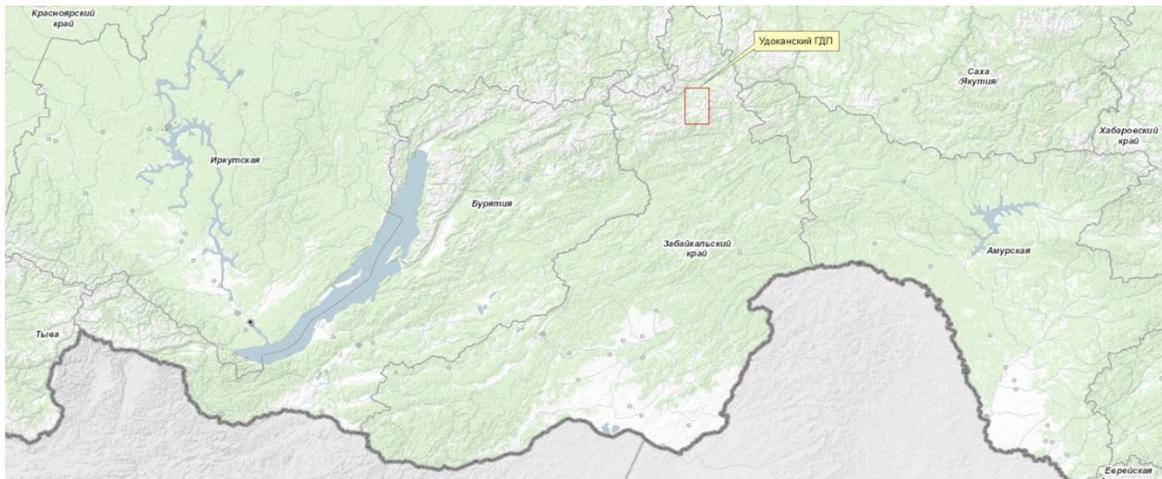


Рис. 1. Географическое положение Удоканского ГДП

В районе расположения полигона выделяют ряд главнейших неотектонических структур:

- Кодарский горст;
- Чарская впадина;
- Удоканское сводо-глыбовое поднятие.

Схема сейсмического районирования приведена на рис. 2.

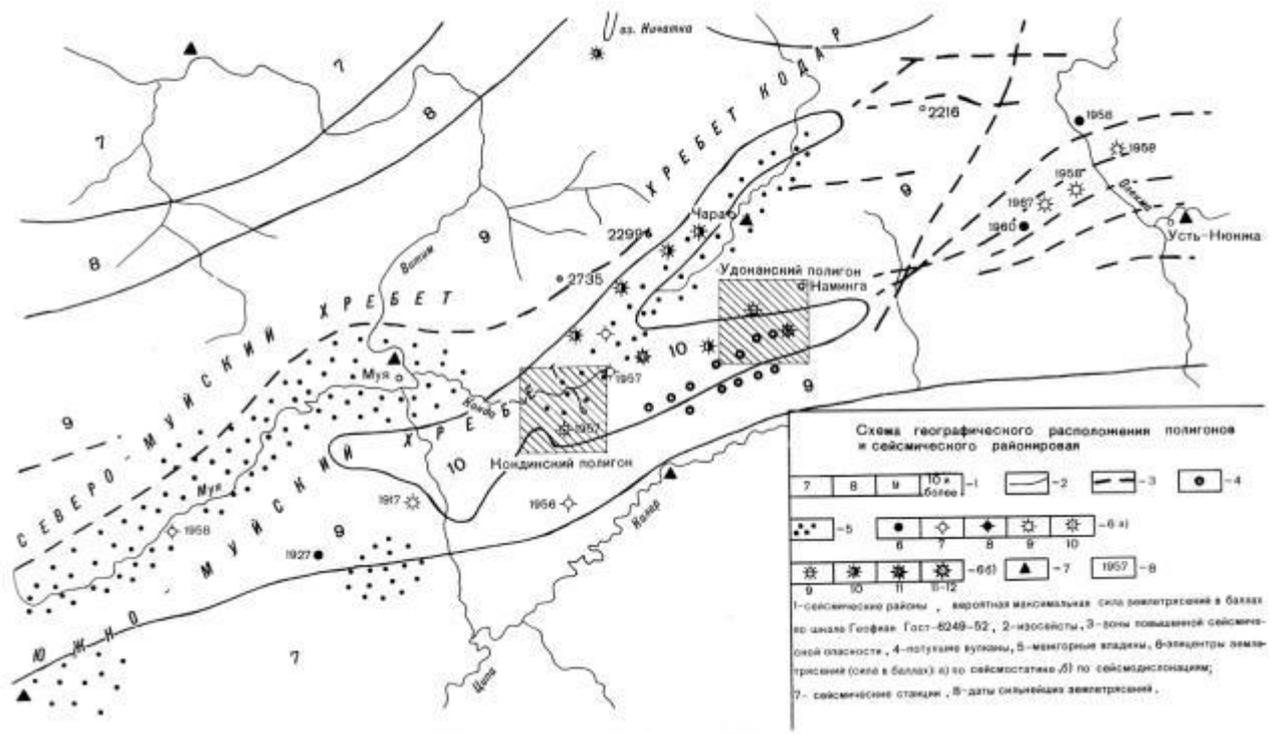


Рис. 2. Схема сейсмического районирования

Территория, где расположен Удоканский ГДП характеризуется напряженной тектонической и магматической активностью, о чем свидетельствуют данные Байкальского филиала Геофизической службы. На рис. 3 показаны эпицентры землетрясений в период 2008 – 2012 год.

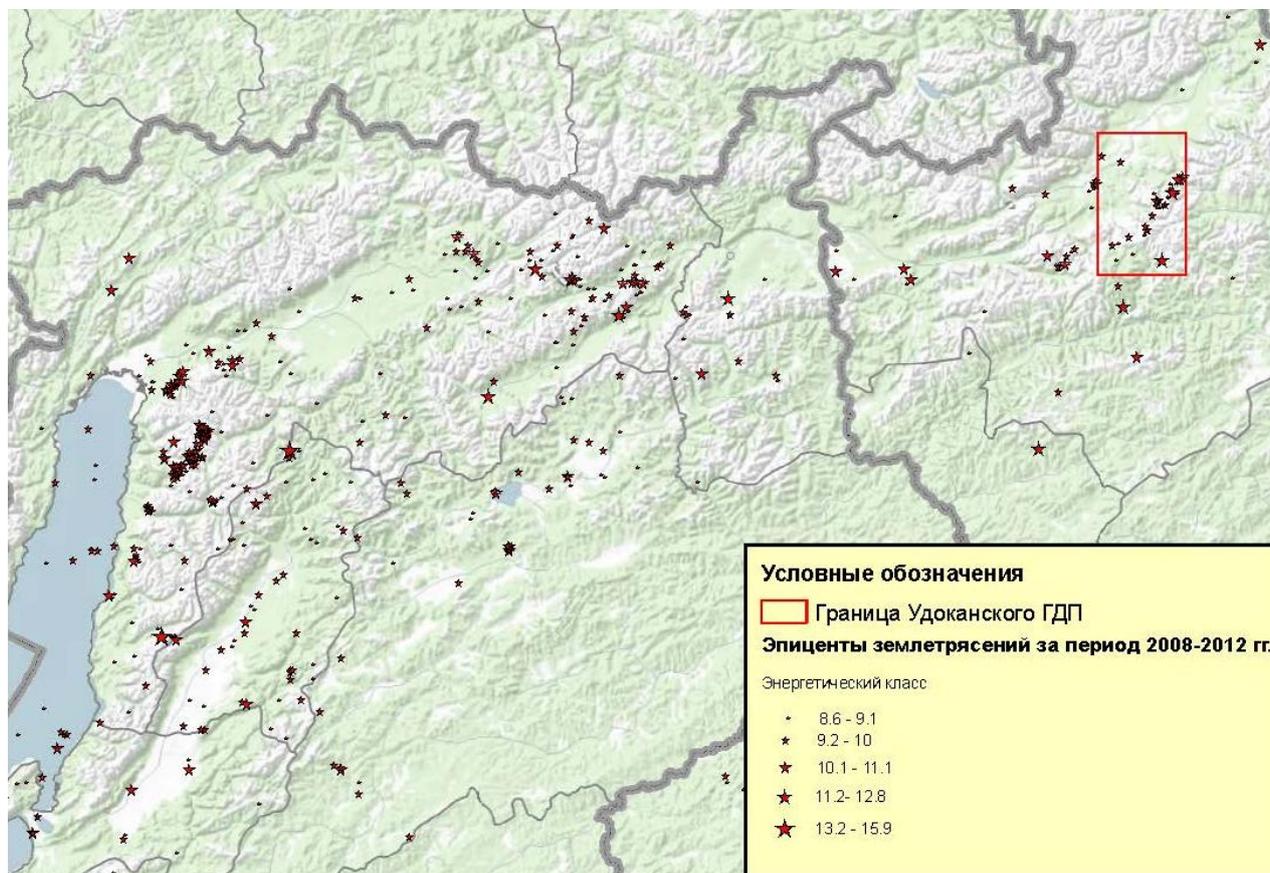


Рис. 3. Эпицентры землетрясений в период 2008-2012 гг.

Начиная с 1975 года ОАО «Забайкальское аэрогеодезическое предприятие» начало выполнение геодезических измерений на Удоканском ГДП. На настоящий момент на Удоканском ГДП выполнено девять циклов непосредственных высокоточных геодезических измерений. Работы по I циклу были выполнены в 1975-80 гг., по II циклу в 1979-81 гг., по III циклу в 1984-85 гг., по IV циклу в 1987-90 гг., по V циклу в 1996-97 гг. и VI-IX циклы выполнены в период с 2009-2012 года. Территория, на которой расположены геодезические построения полигона, составляет около 1400 кв.км. За девять циклов на полигоне выполнены традиционные геодезические построения в виде плановых и высотных сетей, которые подразделяются на площадные и локальные, а также в последние годы (период с 2009-2012) развита спутниковая геодезическая сеть 1 класса (рис. 4).

Разности координат пунктов на территории Удоканского ГДП в период за 2009-2011 года показаны в табл. 1.

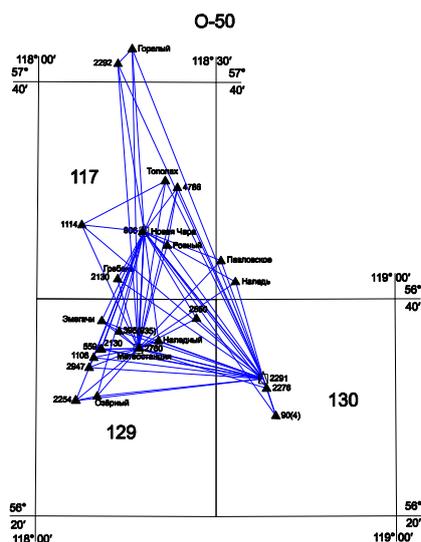


Рис. 4. Схема СГС-1 Удоканского ГДП

Таблица 1

Разности координат пунктов между циклами мм 2009-2011					
2010-2009		2011-2010		2011-2009	
ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
-8,00	-5,00	0,00	0,00	-8,00	-5,00
-9,00	-3,00	4,00	-7,00	-5,00	-10,00
-21,00	0,00	2,00	-16,00	-19,00	-16,00
-30,00	-15,00	16,00	-12,00	-14,00	-27,00
-33,00	-7,00	-9,00	-8,00	-42,00	-15,00
-25,00	-19,00	-5,00	-3,00	-30,00	-22,00
-13,00	10,00	-12,00	8,00	-25,00	18,00
-22,00	12,00	1,00	14,00	-21,00	26,00
-23,00	19,00	-20,00	-13,00	-43,00	6,00
-46,00	11,00	1,00	-5,00	-45,00	6,00
-14,00	31,00	7,00	-5,00	-7,00	26,00
-37,00	-30,00	10,00	-18,00	-27,00	-48,00
5,00	-34,00	-6,00	17,00	-1,00	-17,00
-5,00	-26,00	6,00	2,00	1,00	-24,00
-3,00	13,00	-4,00	-21,00	-7,00	-8,00
-29,00	-27,00	0,00	-3,00	-29,00	-30,00
-28,00	13,00	5,00	-12,00	-23,00	1,00
-10,00	-4,00	-5,00	1,00	-15,00	-3,00
-3,00	-20,00	2,00	2,00	-1,00	-18,00
-25,00	-53,00	0,00	-6,00	-25,00	-59,00
-15,00	11,00	-11,00	10,00	-26,00	21,00
-2,00	18,00	0,00	-12,00	-2,00	6,00
-36,00	-32,00	11,00	5,00	-25,00	-27,00
-21,00	-9,00	0,00	-6,00	-21,00	-15,00

Результаты выполненных геодезических измерений, за 2009-2012 годы и происходящая тектоническая и магматическая активность показывают необходимость в продолжение постоянных наблюдений на Удоканском ГДП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический проект на объект 03.01.03.07.2230 - ФГУП «Заб.АГП» 1997. – С. 10-15
2. Технический отчет по объекту 03.01.07.2594– ФГУП «Заб.АГП» 2009,2010,2011,2012

© А.А. Малюженко, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>Оюунцэцэг Даш, Алимаа Жаргалсайхан.</i> Использование программных средств в геодезии	3
2. <i>К.Ф. Афонин, Ф.К. Афонин.</i> Технологии преобразования плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера в СК НСО	7
3. <i>Н.М. Рябова, В.Г. Сальников.</i> Методика исследования влияния рефракции на цифровые нивелиры	12
4. <i>В.Г. Сальников.</i> Технология геодезических работ при строительстве фундамента турбоагрегата мощностью 420 МВт.....	18
5. <i>А.К. Какимов, Я.Г. Пошивайло, Б.Ж. Ахметов, Н.А. Кудеринова, М.А. Минаева.</i> Влияния розы ветров на хозяйственную деятельность на землях, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону	24
6. <i>Я.Г. Пошивайло, Ю.Ю. Яковенко, А.М. Яковенко.</i> Вопросы межевания земель Семипалатинского испытательного полигона.....	29
7. <i>Г.А. Уставич, С.А. Бабасов, Д.Ж. Бастаубаева.</i> Технологическая схема создания и оценки качества цифровой векторной карты масштаба 1:10 000	34
8. <i>Л.С. Любивая.</i> Совершенствование технологии учета деформации картографического материала, используемого для сканирования.....	39
9. <i>Н.М. Рябова.</i> Исследование влияния различной освещенности на отсчеты по рейке	42
10. <i>А.И. Вдовин, С.С. Титов, П.П. Мурзинцев.</i> Применение сферических фотопанорам при тахеометрической съемке.....	46
11. <i>А.П. Карпик, А.В. Никитин.</i> Теория моделирования пространственной длины трассы.....	49
12. <i>Тумурбаатар Балжинням, Балжинням Насанжаргал.</i> Характеристика государственной нивелирной сети Монголии	54
13. <i>М.Л. Синянская.</i> Сакральная геометрия и геодезия	58
14. <i>К.Б. Хасенов, А.Г. Гольцев, К.М. Калеева, Ж.Д. Байгурин.</i> К вопросу выбора исходного ориентирного направления свободных инженерно-геодезических сетей	63
15. <i>И.О. Биндер.</i> Об одном «основном» алгоритме выбора оптимального варианта трассы магистрального газопровода.....	67
16. <i>А.В. Никонов, С.А. Бабасов.</i> Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях.....	71
17. <i>А.В. Никонов.</i> Опыт применения тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров для наблюдения за осадками сооружений	78

18. <i>В.А. Кошелев, К.С. Карлин, А.П. Чахлова.</i> Особенности развития геодезической разбивочной основы в условиях горной местности.....	87
19. <i>А.В. Никонов.</i> К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях	93
20. <i>О.В. Ковалева.</i> Использование ГИС-технологий при определении пространственного положения и геометрических параметров железной дороги.....	101
21. <i>В.Г. Сальников.</i> Технологическая схема разбивки круговых рельсов	108
22. <i>Д.Б. Новоселов, Е.А. Звягинцев.</i> Использование CREDO_DAT Mobile при разбивочных работах	113
23. <i>Д.Б. Новоселов, Б.А. Новоселов.</i> Исследование работы высокоточного цифрового нивелира в условиях недостаточной освещенности	117
24. <i>А.Г. Барлиани, С.А. Егорова.</i> Уравнивание и оценка точности геодезических сетей методом псевдонормальной оптимизации.....	122
25. <i>Д.Б. Буренков, П.П. Мурзинцев, А.В. Полянский, Ю.А. Пупков, Л.Е. Сердаков.</i> Геодезический мониторинг вертикальных деформаций тоннелей ускорительных комплексов ИЯФ СО РАН	128
26. <i>С.Г. Могильный, А.А. Шоломицкий, И.С. Фролов.</i> Геодезический мониторинг и выверка металлургического оборудования.....	132
27. <i>С.А. Егорова.</i> Об опыте применения теории графов в решении прикладных задач геодезии	144
28. <i>А.А. Ершова.</i> Применение ПО AutoCAD для создания топографических планов и дальнейшего управления инженерными данными на всех стадиях проектирования.....	148
29. <i>М.В. Петров.</i> Практический опыт использования БПЛА SWINGLET производства компании SenseFLY (Швейцария)	152
30. <i>М.Е. Рахымбердина.</i> Проблемы метрологического обеспечения геодезических предприятий в Казахстане	158
31. <i>Г.А. Уставич, М.Е. Рахымбердина.</i> Разработка программ наблюдений тахеометром на нивелирной станции способом из середины.....	163
32. <i>В.П. Савиных, А.К. Певнев, Х.К. Ямбаев.</i> Теория упругой отдачи, дилатансия, геодезия – прогноз	169
33. <i>И.Е. Дорогова.</i> Применение методов кластерного анализа для исследования блоковой структуры земной коры	180
34. <i>Н.Н. Кобелева, И.Е. Дорогова.</i> Изучение горизонтальных и вертикальных движений земной коры по результатам GPS-наблюдений и нивелирования I класса.....	186
35. <i>И.Е. Дорогова.</i> Изучение деформаций земной коры по результатам геодезических данных с использованием метода конечных элементов	190
36. <i>С.А. Ефимов.</i> Экспериментальное исследование деформации земной поверхности методами пассивной сейсмологии	194

37. <i>Фавзи Зарзоура, Б.Т. Мазуров.</i> Повышение точности DGPS и RTK для GPS-сети.....	200
38. <i>М.Л. Юрьев, Ю.В. Васильев.</i> Комплексный анализ геодезических и геофизических исследований на Самотлорском геодинамическом полигоне	206
39. <i>Б.Т. Мазуров, О.И. Некрасова.</i> Аппроксимация гравитационного влияния рельефа	211
40. <i>В.Ф. Канушин, И.Г. Ганагина.</i> Применение дифференциального уравнения параболического типа для решения краевых задач динамической геодезии	214
41. <i>А.М. Яковенко.</i> К проведению геодезического мониторинга в эпицентральных зонах ранее проведенных подземных ядерных взрывов на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне.....	219
42. <i>А.С. Суздаев, Н.П. Артемьева.</i> Воздействие геодинамических процессов на формирование фигуры Земли	223
43. <i>А.А. Малюженко.</i> История изучения современных движений земной коры на Удоканском геодинамическом полигоне.....	228

CONTENTS

1. <i>Oyuntsetseg Dash, Alimaa Jargalsaikhan</i> . The using programming in field of geodesy.....	3
2. <i>K.F. Afonin, F.K. Afonin</i> . Techniques for rectangular plane Gauss – Kruger coordinates transformation in coordinate system of Novosibirsk region.....	7
3. <i>N.M. Ryabova, V.G. Salnikov</i> . Refraction effect on digital levels: research techniques.....	12
4. <i>V.G. Salnikov</i> . Geodetic works technologies for constructing turbo-unit (420 MW) foundation.....	18
5. <i>A.K. Kakimov, Ya.G. Poshivailo, B.Zh. Akhmetov, N.A. Kuderimova, M.A. Minayeva</i> . Wind rose effect on the economic activities of territories adjacent to Semipalatinsk nuclear testing ground.....	24
6. <i>Ya.G. Poshivailo, Yu.Yu. Yakovenko, A.M. Yakovenko</i> . Problems of Semipalatinsk nuclear testing land surveying.....	29
7. <i>G.A. Ustavitch, S.A. Babasov, D.Zh. Bastubayeva</i> . Manufacturing scheme for digital vector map (scale 1: 10,000) creation and quality assessment.....	34
8. <i>L.S. Lyubivaya</i> . Improvement of technologies for detecting deformation of map material used for scanning.....	39
9. <i>N.M. Ryabova</i> . Research of illumination effect on rod reading.....	42
10. <i>A.I. Vdovin, S.S. Titov, P.P. Murzintsev</i> . Spherical panoramic photographs for surveying.....	46
11. <i>A.P. Karpik, A.V. Nikitin</i> . The theory of modeling spatial length of the track.....	49
12. <i>Tumurbaatar Baljinnyam, Baljinnyam Nasanjargal</i> . Characteristic state nivelirna of the network of Mongolia.....	54
13. <i>M.L. Sinyanskaya</i> . Sacred geometry and geodesy.....	58
14. <i>K.B. Hasenov, A.G. Goltsev, K.M. Kaleeva, D.D. Baigurin</i> . The choosing start backsight direction of free engineering and geodetic networks.....	63
15. <i>I.O. Binder</i> . About one «main» algorithm of choice of optimal variant of gas pipeline route.....	67
16. <i>A.V. Nikonov, S.A. Babasov</i> . Research of trigonometric leveling in field conditions.....	71
17. <i>A.V. Nikonov</i> . Experience of application of trigonometric leveling with use electronic total stations for measuring deformations of constructions.....	78

18. <i>V.A. Koshelev, K.S. Karlin, A.P. Chahlova.</i> Features of development of the building network in the conditions of mountain district	87
19. <i>A.V. Nikonov.</i> About the accuracy of reciprocal linear-angles resection for short distances	93
20. <i>O.V. Kovalyova.</i> Application of GIS-technologies for railway position and location and geometrics	101
21. <i>V.G. Salnikov.</i> Manufacturing scheme for circular rails layout	108
22. <i>D.B. Novoselov, E.A. Zvyagintsev.</i> CREDO_DAT Mobile use during marking works	113
23. <i>D.B. Novoselov, B.A. Novoselov.</i> Research of precision digital levels in low lighting conditions	117
24. <i>A.G. Barliani, S.A. Yegorova.</i> Geodetic network adjustment and accuracy evaluation by pseudo normal optimization technique	122
25. <i>D.B. Burenkov, P.P. Murzintsev, A.V. Polyansky, Yu.A. Pupkov, L.E. Serdakov.</i> Geodetic monitoring of vertical deformations in tunnels of accelerator complex (Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences)	128
26. <i>S.G. Mogilny, A.A. Sholomytskyi, I.S. Frolov.</i> Geodetic monitoring and adjustment metallurgical equipment	132
27. <i>S.A. Yegorova.</i> Graph theory for solving applied problems of geodesy	144
28. <i>A.A. Yershova.</i> Using AutoCAD for developing topographic plans and further management of engineering data at all stages of designing	148
29. <i>M.V. Petrov.</i> Practical experience of UAV SWINGLET application (SenseFLY, Switzerland)	152
30. <i>M.E. Rakhimberdina.</i> Problems of metrological assurance the geodetic enterprises in Kazakhstan	158
31. <i>G.A. Ustavich, M.E. Rakhimberdina.</i> Development of observation programs by the total station on the method of the middle on leveling station	163
32. <i>V.P. Savinykh, A.K. Pevnev, Kh.K. Yambayev.</i> Theory of elastic recoil, dilatancy, geodesy: earthquake forecasting	169
33. <i>I.E. Dorogova.</i> Application methods of cluster analysis for research Earth's crust parts block structure	180
34. <i>N.N. Kobeleva, I.E. Dorogova.</i> Investigation of Earth's crust horizontal and vertical movements by GPS-observations and first-order leveling	186
35. <i>I.E. Dorogova.</i> Study of the Earth's crust deformation to the results of geodetic data using the finite elements method	190
36. <i>S.A. Efimov.</i> Experimental study of surface deformation of passive seismology	194
37. <i>Fawzy Zarzoura, B.T. Mazurov.</i> Accuracy enhancement of DGPS and RTK for GPS network	200
38. <i>M.L. Yur'ev, Yu.V. Vasil'ev.</i> Complex analysis geodetic and geophysical studies in the Samotlor geodynamic testing ground	206

39. <i>B.T. Mazurov, O.I. Nekrasova.</i> Numerical approximation of the gravitational influence of the Earth terrain	211
40. <i>V.F. Kanushin, I.G. Ganagina.</i> Application of the differential equation of parabolic type for the solution of regional problems of dynamic geodesy	214
41. <i>A.M. Yakovenko.</i> On conduct of geodetic monitoring in the epicentral zones of underground nuclear explosions conducted in the past in the former Semipalatinsk test site.....	219
42. <i>A.S. Suzdalev, N.P. Artemyeva.</i> Impact of geodynamic processes on formation of the figure of Earth.....	223
43. <i>A.A. Maljuzhenko.</i> History of studying of recent movements of the earth's crust in the Udokansky geodynamic polygon.....	228

Научное издание

IX Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2013

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 18.04.2013. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 13,89. 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.