

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

VIII Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2012

Международная научная конференция

**ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ**

Т. 1

Сборник материалов

Новосибирск
СГГА
2012

УДК 528:528.9:622.1
С26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор, ректор СГГА, Новосибирск

А.П. Картик

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

Иво Милев

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

Д.В. Лисицкий

Экс-президент Международной картографической ассоциации, вице-президент
Международного общества «Цифровая Земля», доктор наук,
Чешская Республика

Милан Конечны

Генеральный директор ФГУП центр «Сибгеоинформ», Новосибирск

В.И. Обиденко

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

Е.В. Комиссарова

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр., 10–20 апреля
2012 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика,
картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. Т. 1. – Новосибирск :
СГГА, 2012. – 262 с.

ISBN 978-5-87693-511-3 (т. 1)

ISBN 978-5-87693-510-6

ISBN 978-5-87693-506-9

В сборнике опубликованы материалы VIII Международного научного конгресса
«Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012», 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 978-5-87693-511-3 (т. 1)

ISBN 978-5-87693-510-6

ISBN 978-5-87693-506-9

© ФГБОУ ВПО «СГГА», 2012

Сборник включен в систему РИНЦ.

СОДЕРЖАНИЕ

Д.А Чупина, И.Д. Зольников, В.А. Лямина. ГИС-картографирование морфокомплексов на основе морфометрических характеристик и управляемых классификаций.....	9
А.П. Карпик, А.В. Никитин, А.Р. Едигарян. Технология обеспечения геопространственными данными инфраструктуры транспортных коридоров.....	13
Е.Н. Хмырова, О.Г. Бесимбаева, Г.Е. Жунусова. Мониторинг технического состояния несущих строительных конструкций театра оперы и балета г. Астана.....	25
Ф.К. Низаметдинов, О.Г. Бесимбаева, А.А. Нагибин. Расчет устойчивости прибортовых массивов карьера «Пустынное»	30
Ф.К. Низаметдинов, С.Г. Ожигин, С.Б. Ожигина. Управление устойчивостью бортов карьеров.....	36
Ф.К. Низаметдинов, Р.Ф. Низаметдинов, А.А. Нагибин. Инновации в маркшейдерском деле	42
В.Д. Астраханцев. Особенности современных технологий выполнения геодезических работ.....	50
В.А. Скрипников, М.А. Скрипникова. Технологическая схема геодезического обеспечения реконструкции гидрогенератора	53
Е.В. Хорошилов, Ю.П. Гуляев. Особенности выбора деформационных марок для построения кинематической модели при изучении деформаций сооружений	59
К.Ф. Афонин. Оптимизация выбора опорных пунктов при определении локальных параметров связи общеземных и референцных систем прямоугольных пространственных координат. постановка задач оптимизации	68
Б.А. Новоселов, Д.Б. Новоселов. Геодезический контроль строительства и эксплуатации главного корпуса Обоганительной Фабрики «Распадская» с применением современных технологий	73
В.Г. Сальников. Геодезические работы при возведении градирен большой высоты	79
Ж.А. Хорошилова, В.С. Хорошилов. Деформационный мониторинг инженерных объектов как составная часть геодезического мониторинга.....	84
Е.Л. Соболева, В.Г. Сальников, Н.М. Рябова. Исследование влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами при отрицательной температуре	88
А.Г. Барлиани, С.А. Егорова. Единый рекурсивный алгоритм уравнивания и оценки точности геодезических наблюдений	92
А.Г. Барлиани, С.А. Егорова. Исследование рекурсивного алгоритма псевдообращения на возмущение исходных данных	97
В.А. Падве. Универсальный синтезированный алгоритм МНК-оптимизации и вычисление псевдообратных матриц	102

Ю.И. Маркузе. Блок для уравнивания линейно-угловых сетей пакета программ ADJUST	108
М.Л. Синянская. Фактор прямого угла в «принципах влияния» в геодезии	113
К.Б. Хасенов, М.К. Исабаева. Современные автоматизированные системы контроля деформаций хвостохранилищ и бортов карьеров на примере Секисовского золоторудного месторождения	118
Н.Б. Лесных, Г.И. Лесных. Иллюстрация к теореме Гаусса – Маркова	123
В.В. Щербаков. Современное геодезическое обеспечение проектирования, строительства (ремонта) и эксплуатации железных дорог	128
К.Б. Хасенов, А.Г. Гольцев, О.Д. Салпышев. Монтаж аппаратов вертикального типа	132
К.Б. Хасенов, М.Е. Рахымбердина. Методика определения средней квадратической погрешности измерения превышения на 1 км хода на полевом компараторе в стесненных условиях	135
А.В. Андреев. Универсальный дорожный курвиметр УДК «Ровность» ...	141
А.Г. Неволин, Т.М. Медведская. Методы создания и актуализации цифровых планов масштаба 1 : 2 000 для информационного обеспечения градостроительства.....	144
Иржи Лехнер, Карел Радей. Автоматизированная гидростатическая система на объектах атомной электростанции Темелин	148
В.А. Середович, Р. Эхигиатор–Иругхе, О.М. Эхигиатор, Х. Ориакхи. Прогноз деформаций с использованием функций показательного многочлена	156
П.П. Мурзинцев, Н.А. Казаненко. Применение спутниковых геодезических приемников для обеспечения строительства опор моста через пролив Босфор Восточный на остров Русский в г. Владивосток	163
И.О. Биндер. О методиках инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений	169
А.М. Олейник. Организация системы геодезического мониторинга объектов нефтегазового комплекса в криолитозоне	174
А.И. Вдовин, С.С. Титов. Альтернативная методика пересчета координат между СК-42 и СК-95	179
А.П. Карпик, А.В. Дюбанов, О.В. Твердовский. Обзор состояния использования и развития сетей референцных станций на основе инфраструктуры ГЛОНАСС в России.....	184
Д.Б. Буренков, П.П. Мурзинцев, А.В. Полянский, Ю.А. Пупков, Л.Е. Сердаков. О геодезическом сопровождении Booster NSLS-II Брукхейвенской национальной лаборатории министерства энергетики США	191
В.И. Мицкевич, П.В. Субботенко, В.В. Ялтыхов. О новом методе математической обработки измерений и о перспективах дальнейшего развития теории уравнивательных вычислений.....	197

В. Кашпурович, П.П. Мурзинцев, В.А. Середович, А.В. Середович. Геодезическое обеспечение эксплуатации причала отгрузки сжиженного природного газа на Сахалине	202
А.А. Басаргин. Анализ деформаций фундаментов промышленных сооружений с применением геостатистических методов	208
А.А. Басаргин. Комплексный подход к пространственно-временному анализу геодезических наблюдений на основе геостатистической интерполяции.....	213
Ж.З. Толеубекова, Д.В. Мозер, А.К. Омарова, Л.Ж. Касимова, Б.Б. Лямбеков. Техничко-экономическая оценка последствий потерь и разубоживания на примере карьеров «Восточный Камыс» и «Тур» .	218
Ж.З. Толеубекова, Д.В. Мозер, А.К. Омарова, А.С. Туякбай. Применение радарной интерферометрии при изучении подработанных территорий	224
О.Г. Бесимбаева, Е.Н. Хмырова, Г.Е. Жунусова. Система геомониторинга золоотвала Топарской ГРЭС.....	229
М.М. Кабанов, С.Н. Капустин, П.Н. Колтун, П.Б. Милованцев. Развитие программной системы контроля геодинамических процессов	234
Б.Т. Мазуров, И.Е. Дорогова, К.В. Дербенев. Горизонтальные движения земной коры вращательного характера, наблюдаемые на геодинамических полигонах	239
И.Е. Дорогова, К.В. Дербенев. Глобальные вихревые движения блоков земной поверхности	244
О.И. Некрасова. Обзор компьютерных систем геолого-маркшейдерского профиля	248
В.А. Крутиков, Ю.П. Малышков, В.Ф. Гордеев, С.Ю. Малышков, В.И. Поливач. Картирование геологических разломов методом регистрации электромагнитных полей ОНЧ диапазона	252
М.Л. Юрьев, Ю.В. Васильев, А.Ю. Белоносов, А.В. Радченко. Результаты геодинамического мониторинга на Губкинском нефтегазовом месторождении	259

CONTENTS

D.A. Chupina, I.D. Zolnikov, V.A. Lyamina. GIS-mapping morfokomplexes on basis morphometric parameters and supervised classifications.....	9
A.P. Karpik, A.V. Nikitin, A.R. Edigaryan. Technology of maintenance with geospatial data infrastructures of transport corridors.....	13
E.N. Khmyrova, O.G. Besimbaeva, G.E. Jhunusova. Monitoring of the technical state of the carrying structures of the opera and ballet theater Astana city	25
F.K. Nizametdinov, O.G. Besimbaeva, A.A. Nagibin. Calculation of stability of slopes of “Pustynnoe” open pit walls.....	30
F.K. Nizametdinov, S.G. Ozhigin, S.B. Ozhigina. The controlling of stability boards quarry.....	36
F.K. Nizametdinov, R.F. Nizametdinov, A.A. Nagibin. Innovations in mine survey	42
V.D. Astrakhantsev. Features of current geodetic works techniques	50
V.A.I. Skripnikov, M.A. Skripnikova. The technological scheme of geodetic surveying of reconstruction of the hydrogenerator.....	53
Ye.V. Khoroshilov, Yu.P. Gulyayev. Deformation mark selection while developing kinematic model for structure deformation examination.....	59
K.F. Afonin. Control points optimization for determining local parameters to tie global and reference rectangular spatial coordinate systems. optimization problem definition	68
B.A. Novoselov, D.B. Novoselov. Geodetic control of building and operation of main case concentrating factory "Raspadsky" about application of modern technologies.....	73
V.G. Salnikov. Geodetic servvey in the process of building the high water-cooling towers	79
Zh.A. Khoroshilova, V.S. Khoroshilov. Engineering structures deformation monitoring as a component of geodetic monitoring	84
E.L. Soboleva, V.G. Salnikov, N.M. Ryabova. Investigation of the refraction influence on levelling results received with a digital level at negative temperatures	88
A.G. Barliani, S.A. Yegorova. Uniform recursive algorithm for geodetic observations accuracy adjustment and assessment.....	92
A.G. Barliani, S.A. Yegorova. Research of recursive algorithm for initial data disturbance pseudoreversal	97
V.A. Padve. Universal synthesized algorithm of LS-optimization and computation of pseudoinverse matrices.....	102
Yu.I. Markuze. The block for adjustment linearly-angular networks of the software package adjust	108
M.L. Sinyanskaya. The value of the right angle in the history of geodesy	113
K.B. Hasenov, M.K. Isabaeva. The modern automated monitoring systems of deformations of capacities for waste and boards of open-cast mines, for a example of Sekisovsky gold mine	118
N.B. Lesnykh, G.I. Lesnykh. Illustration of the Gauss – Markov theorem.....	123

V.V. Shcherbakov. Modern geodetic control of designing, construction (repairs) and maintenance of railways	128
K.B. Hasenov, A.G. Goltsev, O.D. Salpyshev. Installing of the products are vertical type	132
K.B. Khasenov, M.E. Rakhimberdina. Procedure for determination mean square error of measurement elevation on 1 km line in field comparator in space-limited environmens.....	135
A.V. Andreyev. Universal road kurvimetr.....	141
A.G. Nevolin, T.M. Medvedskaya. 1:2 000 scale digital plans creation and actualization techniques for urban development dataware	144
Jiří Lechner, Karel Raděj. Automated hydrostatic system at the nuclear power station Temelín	148
V.A. Seredovich, R. Ehigiator-Irughe, O.M. Ehigiator, H. Oriakhi. Deformation prediction using exponential polynomial functions.....	156
P.P. Mursinzev, N.A. Kasanenko. Application of satellite receivers for geodetic construction piers through the Bosphorus strait, East on island Russian in Vladivostok	163
I.O. Binder. On metods of engineering and geodesy linear structures	169
A.M. Oleynik. The organization of geodetic monitoring system of oil and gas complex objects in cryolithic zone.....	174
Al.I. Vdovin, S.S. Titov. Althernative methods of coordinates conversion from CS-42 to CS-95	179
A.P. Karpik, A.V. Dyubanov, O.V. Tverdovsky. Review of reference systems use and development on the basis of Russian GLONASS infrustructure.....	184
D.B. Burenkov, P.P. Murzintsev, A.V. Polyansky, Yu.A. Pupkov, L.E. Serdakov. About the geodetic support Booster NSLS-II Brookhaven national laboratory U.S. department of energy	191
V.I. Mitskevich, P.V. Subbotenko, V.V. Yaltykhov. New technique for mathematical treatment of measurements and prospects for further development of compensation computations theory.....	197
V. Kashpurovich, P.P. Murzintsev, V.A. Seredovich, A.V. Seredovich. Geodetic support of lng jetty operation (liquefied natural gas) in Sakhalin	202
A.A. Basarrgin. Analysis of industrial structures foundation deformation by geostatic techniques	208
A.A. Basarrgin. Complex approach to the time-space analysis of geodetic observations on the basis of geostatic interpolation	213
J.Zh. Toleubekova, D.V. Moser, A.K. Omarova, L.Zh. Kasimova, B.B. Lyambekov. Techno-economic estimation of consequences of losses and dilution on the example of «East Kamys» and «Tur» open-cast mines....	218
J.Zh. Toleubekova, D.V. Moser, A.K. Omarova, A.S. Tuyakbai. Application to the study radar interferometry earn territories	224
O.G. Besimbaeva, E.N. Khmyrova, G.E. Jhunusova. System of geomonitoring of ash disposal area of Topar state district power station	229
M. Kabanov, S. Kapustin, P. Koltun, P. Milovantsev. Development of the software system for geodynamic processes monitoring	234

B.T. Mazurov, I.E. Dorogova, K.V. Derbenev. The horizontal earth crust movements of rotary character observed on geodynamic ranges	239
I.E. Dorogova, K.V. Derbenev. Global whirling movements of the earth's surface blocks	244
O.I. Nekrasova. The review of computer systems geologo-markshejderskogo a profile	248
V.A. Krutikov, Yu.P. Malyshkov, V.F. Gordeev, S.Yu. Malyshkov, V.I. Polivach. Geological fault lines mapping using VLF elcctromagnetic fields registration Method	253
M.L. Yur'ev, Yu.V. Vasil'ev, A.Yu. Belonosov, A.V. Radchenko. Results of geodinamical monitoring Gubkinsky gas&oil fields	259

ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МОРФОКОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И УПРАВЛЯЕМЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ

Дарья Анатольевна Чупина

Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика В.А. Коптюга, 3, аспирант, тел. 8-(383)-335-62-79, e-mail: dasha.chupina@gmail.com

Иван Дмитриевич Зольников

Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика В.А. Коптюга, 3, старший научный сотрудник, доктор геолого-минералогических наук, тел. 8-(383)-335-62-79, e-mail: zol@igm.nsc.ru

Виктория Александровна Лямина

Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика В.А. Коптюга, 3, научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, тел. 8-(383)-335-62-79, e-mail: balandis@igm.nsc.ru

В статье предложен подход к автоматическому картографированию генетических типов рельефа по морфометрическим показателям на основе управляемых классификаций, которые успешно используются для распознавания ландшафтов на мультиспектральных космоснимках.

Ключевые слова: морфометрия; морфокомплексы; классификация с обучением.

GIS-MAPPING MORFOKOMPLEXES ON BASIS MORPHOMETRIC PARAMETERS AND SUPERVISED CLASSIFICATIONS

Darya A. Chupina

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS of V.S. Soboleva, 630090, Novosibirsk, Ac. Koptiug av. 3, a graduate student, tel. 8-(383)-335-62-79, e-mail: dasha.chupina@gmail.com

Ivan D. Zolnikov

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS of V.S. Soboleva, 630090, Novosibirsk, Ac. Koptiug av. 3, senior researcher, doctor of geological-mineralogical sciences, tel. 8-(383)-335-62-79, e-mail: zol@igm.nsc.ru

Victoria Al. Lyamina

Institute of Geology and Mineralogy SB RAS of V.S. Soboleva, 630090, Novosibirsk, Ac. Koptiug av. 3, Researcher, candidate of geological-mineralogical sciences, tel. 8-(383)-335-62-79, e-mail: balandis@igm.nsc.ru

The article describe new approach to automatic mapping of genetic types of terrain on the basis morphometric parameters and supervised classifications that have been successfully used to recognize landscapes in multispectral satellite images.

Key words: morphometrics, morfokomplex; supervised classifications

С появлением географических информационных систем (ГИС) и цифровых моделей рельефа (ЦМР) науки о земле получили новый источник информации и мощный инструментарий для своих исследований. В геоморфологии геоинформационные технологии активно используются для районирования территорий, а также для картографирования форм и типов рельефа. Практическим аспектом внедрения ГИС в геоморфологическое картографирование является разработка стандартных методик, позволяющих тиражировать их для решения производственных задач, в частности при геологическом и ландшафтном картографировании.

ГИС-технологии сняли технические сложности морфометрических исследований и дали толчок к развитию современной объяснительной морфометрии рельефа, которая ориентирована на раскрытие связей количественных характеристик рельефа с его происхождением [1]. Соответственно, представляется актуальной разработка методик, которые позволяли бы распознавать по морфометрическим показателям генетические типы рельефа. Перспективные в указанном аспекте методики реализованы в системах обработки цифровых изображений и неоднократно апробированы при картографировании и мониторинге ландшафтов, природно-территориальных комплексов (ПТК), геологических и других объектов [2]. Автором предлагается технология выделения морфокомплексов на основе использования классификаций с обучением по наборам ключевых морфометрических характеристик (на примере комплексов рельефа Чуйской котловины).

В качестве основы можно использовать различные источники для получения ЦМР. Однако, использование уже готовых ЦМР общего доступа значительно снижает трудоемкость исследований. В нашем случае взята цифровая модель рельефа по данным SRTM с разрешением 90 X 60 метров, приведенная к размеру пикселя 90 X 90 м. При таком размере пикселя, какие-то формы земной поверхности могут полностью попадать в него, а какие-то лишь частично. Для вычисления морфометрических показателей размер скользящего окна подбирается так, в него попадали основные формы земной поверхности. Таким образом можно получить сетки усредненных морфометрических показателей, отражающие наиболее распространенные здесь типы рельефа. В результате серии экспериментов был выбран размер окна 1260 м (диаметр окна составляет 14 пикселей ЦМР по SRTM).

При картографировании генетических типов рельефа необходимо учитывать тот факт, что современные морфоструктуры в горах были сформированы не только в результате разнообразных экзогенных процессов, но и новейших движений тектонических блоков. Это отражается в значениях абсолютных морфометрических показателей - абсолютных высот, углов наклона и азимутальной экспозиции склонов. Для территорий, рельеф которых формировался под влиянием неотектонических движений, необходимо предварительно провести неотектоническое районирование. Дальнейшие исследования проводятся разного генезиса производится преимущественно на основе относительных морфометрических показателей, представляющих собой разницу максимальных и минимальных значений признака (диапазон значений),

вычисляемых внутри скользящего окна. В нашем случае для выделения морфокомплексов использовались 8 наиболее простых показателей, непосредственно вычисляемых из ЦМР при помощи программного пакета ArcMap: средние значения углов, средние значения высот, средние значения субмеридианальных аспектов, средние значения субширотных аспектов, диапазон углов, диапазон высот (вертикальная расчлененность), диапазон значений субмеридианальных аспектов, диапазон значений субширотных аспектов.

На основе анализа каждого из морфометрических показателей выявляется по каким из них генетические типы рельефа схожи между собой, объединяясь в группировки, а по каким они с большей или меньшей степенью надежности разделяются. Таким образом строится ветвящаяся схема дихотомического разбиения рельефа на отдельные типы и их группировки. Для каждой точки ветвления подбираются наиболее эффективные морфометрические показатели или их сочетания. Выбранные морфометрические показатели нормируются на максимумы и конвертируются в формат TIF. Затем изображения подгружаются в виде каналов в программный пакет ENVI для дальнейшей классификации с обучением на эталонных участках. На основе разработанной дихотомической схемы, применяется не общая классификация для всех морфокомплексов сразу, а ветвящаяся серия классификаций.

Распознавание типов рельефа проводится по каждому неотектоническому сегменту отдельно. Сначала сегмент разделяется на расчлененные и равнинные участки. Далее чтобы повысить точность классификаций, по выделенным участкам строятся маски — области внутри которых будет проводиться классификации. На каждом последующем шаге уменьшается пространство распознавания и количество выделяемых классов рельефа.

Предлагаемый подход имеет ограничения. С одной стороны не все генетические типы рельефа, диагностируемые в полевых условиях по комплексу характеристик, могут распознаваться исключительно по морфометрическим признакам. С другой стороны по морфометрическим показателям могут статистически обособляться морфокомплексы, которые по каким-либо причинам не считались значимыми в другом признаковом пространстве. Возможность выделения и распознавания морфокомплексов во многом контролируется пространственным разрешением ЦМР. Не всегда можно распознать генетический тип рельефа, состоящий из мелких форм или имеющий ограниченное площадное распространение.

Предложенная методика позволила автоматически закартографировать морфокомплексы на территории Чуйской степи, не противоречащие геоморфологическим исследованиям предшественников [3]. На рис. 1 представлена итоговая схема морфологических комплексов, полученная в результате последовательной серии классификаций.

Условные обозначения: 1 — гляциальный ложбинно-грядовый, 2 — делювиально-пролювиальный, 3 — эрозионный ложбинно-овражный, 4 — озерный на алевропесчанном основании, 5 — озерный с барами, 6 — озерный на моренном цоколе, 7 — аллювиальный многорукавной долины Р.Чуя, 8 —

термокарстовый, 9 – аллювиальный врезанных долин, 10 – аллювиальный притоков Р. Чуя.

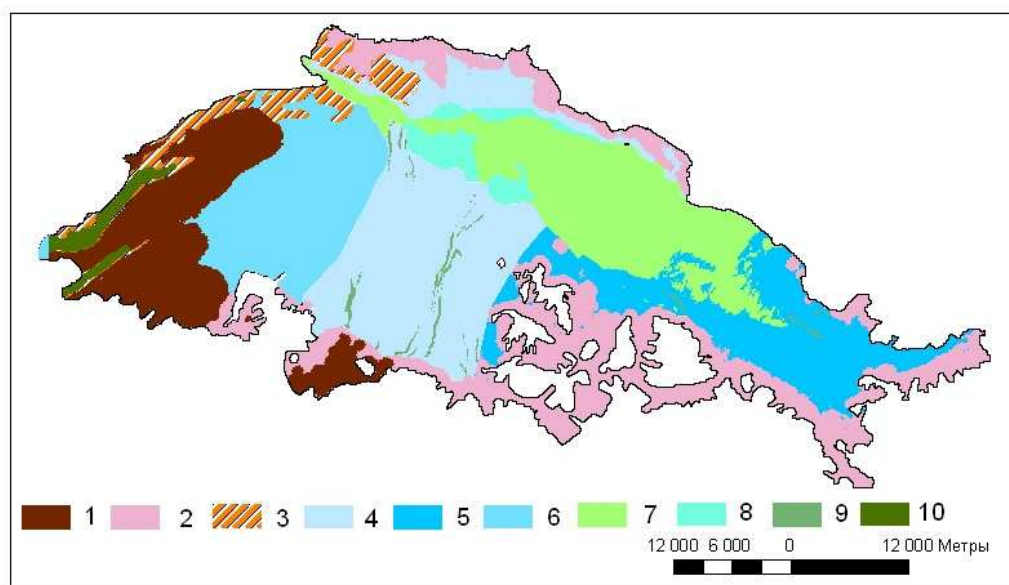


Рис. 1. Карта морфокомплексов, выделенных на основе многомерного морфометрического анализа (Чуйская котловина)

Проведенные работы показали целесообразность комплексирования методов обработки растровых изображений (ENVI) и сеточного моделирования (ArcGis) для картографирования морфокомплексов. Применение относительных морфометрических показателей, вычисляемых для определенных окрестностей методом скользящего окна, позволило перейти от картографирования форм рельефа и их элементов к картографированию типов рельефа, которые являются закономерными сочетаниями типовых геоморфологических объектов. А использование классификаций с обучением, реализованных в стандартных системах обработки цифровых изображений, делает предлагаемую технологию легкодоступной и тиражируемой. Апробированная технология перспективна для построения геоморфологических карт при среднемасштабном ландшафтном и геологическом картографировании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Симонов Ю.Г. Объяснительная морфометрия рельефа. - М. : ГЕОС, 1999. - 263 с
- 2 Зольников И.Д., Лямина В.А., Глушкова Н.В. Основы использования технологий ГИС и ДЗ при решении типовых задач геологии и геоэкологии: Учеб.пособие/ Новосиб. Гос. ун-т. Новосибирск, 2011, 94 с.
- 3 Зольников И.Д., Деев Е.В., Лямина В.А. Новые данные о четвертичном морфолитогенезе в Чуйской котловине (Горный Алтай)// Геология и геофизика, 2010б, Т.51,№ 4. С. 437-449.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫМИ ДАННЫМИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ

Александр Петрович Карпик

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор

Андрей Вячеславович Никитин

Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47, кандидат технических наук, доцент кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог», тел. 8(4212)407-608, e-mail: avnik1961@mail.ru

Аркадий Рудольфович Едигарян

Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), 680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47, кандидат технических наук, доцент кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог», тел. 8(4212)407-661, e-mail: sad@festu.khv.ru

В статье рассмотрена технология получения геопространственных данных для модернизации (реконструкции) железнодорожных станций как объекта инфраструктуры транспортных коридоров (ТК) с применением электронных тахеометров и приёмников глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Применение приёмников ГНСС позволяет оперативно получать надёжные данные для контроля технического состояния и геометрии различных элементов инфраструктуры ТК. Также для повышения производительности и снижения трудоёмкости работ разработаны специальные методики выполнения геодезических измерений, учитывающие специфику конкретной станции, сезонность, наличие геодезических пунктов и др.

Ключевые слова: транспортные коридоры, приёмники глобальных навигационных спутниковых систем, электронные тахеометры, инфраструктура, железнодорожные станции.

TECHNOLOGY OF MAINTENANCE WITH GEOSPATIAL DATA INFRASTRUCTURES OF TRANSPORT CORRIDORS

Alexander P. Karpik

The rector of the Siberian state geodetic academy, the professor, 630108 Novosibirsk, Plahotnogo st., 10

Andrei V. Nikitin

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

Arkadiy R. Edigaryan

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

In article the technology of reception of geospatial data for modernization (reconstruction) of railway stations as object of an infrastructure of transport corridors (TC) with application electronic takheometrs and receivers of global navigating satellite systems (GNSS) is considered. Application of receivers GNSS allows to obtain operatively reliable data for the control of a technical condition

and geometry of various elements of infrastructure TC. Also special techniques of performance of the geodetic measurements are developed for increase of productivity and decrease in labour input of works, considering specificity of concrete station, seasonal prevalence, presence of geodetic points, etc.

Key words: transport corridors, receivers of global navigating satellite systems, electronic takheometers, infrastructure, railway stations.

В 2008 году были утверждены основные документы, определяющие стратегию развития транспортной системы России до 2030 года, а также определены источники финансирования этой программы до 2015 года.

В условиях трансформации модели развития мировой экономики транспорт является инструментом реализации национальных интересов России, обеспечения достойного места страны в мировой хозяйственной системе. Повышение конкурентоспособности РФ на мировом рынке транспортных услуг возможно только при условии эффективного использования основных преимуществ транспортной системы [1].

Стратегическая роль международных ТК для России заключается в следующем:

- Повышение роли Российской Федерации в формировании транзитных грузов и пассажиропотоков, связывающих Европу со странами Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), Ближнего и Среднего Востока, страны Азии с Северной Америкой;
- Формирование транспортной инфраструктуры, объединяющей российское экономическое пространство и способствующей развитию экономики регионов и диверсификации производства;
- Развитие межрегиональных рынков и привлечение дополнительных инвестиций в экономику северных и восточных регионов Российской Федерации.

Система международных транспортных коридоров, проходящих по территории Российской Федерации, включает в себя два евроазиатских коридора: "Север - Юг" и "Запад - Восток", в том числе панъевропейский транспортный коридор №2, Северный морской путь, панъевропейские коридоры 1 и 9, а также коридоры, связывающие севера - восточные провинции Китая через российские порты Приморского края с портами АТР.

Исторически самую большую роль в развитии России играет коридор "Запад - Восток". Данный коридор представляет собой альтернативу традиционному морскому пути доставки контейнеров и грузов из Юго-Восточной Азии, который идет вокруг Индии и через Суэцкий канал в Европу.

Ключевыми его элементами являются морские порты Дальнего Востока и Северо-Западного региона, обеспечивающие связь этого коридора с международными транспортными маршрутами и Транссибирской магистралью. Транссибирская магистраль проходит по территории 25 регионов, 5 федеральных округов и составляет основу российской транспортной системы, обеспечивая перевозку свыше 50 процентов экспорта России. В регионах,

обслуживаемых магистралью, сосредоточено 80 процентов промышленного потенциала страны и основных природных ресурсов, включая нефть, газ, уголь, лес, руды черных и цветных металлов.

Важнейшим фактором функционирования системы ТК является получение оперативных данных для контроля технического состояния и геометрии различных элементов и узлов. На данном этапе выполнение инженерно-геодезических работ осуществляется предприятиями и организациями, относящимися к различным министерствами и ведомствам. В связи с этим назрела необходимость проведения единой политики в области геодезии для повышения надёжности и качества предоставления геоданных.

Решение проблемы совершенствования инженерно-геодезических работ для ТК становится актуальным в настоящее время, когда появились современные средства автоматизации геодезических измерений, такие как электронные тахеометры, кодовые нивелиры и теодолиты, приёмники глобальных навигационных спутниковых систем (GPS / ГЛОНАСС), позволяющие в автоматическом режиме определять координаты различных точек земной поверхности и инженерных сооружений. Это делает возможным использовать их в качестве геопространственных данных в геоинформационных системах (ГИС), позволяющих накапливать, сохранять, обрабатывать, моделировать и распространять необходимую информацию на этапах изысканий, проектирования, строительства объектов инфраструктуры ТК.

Основной задачей геоинформационных технологий является формирование единого геоинформационного пространства железнодорожного транспорта России. Это пространство создается на основе отраслевой ГИС, являющейся информационно-управляющей системой, призванной решать задачи всех комплексов информационных технологий, в особенности задачи управления инфраструктурой и управления движением поездов [2].

Транспортные коридоры как элемент системы транспортного пространства включает в себя следующие составляющие инфраструктуры: железнодорожный, автодорожный транспорт, трубопроводы, нефтепроводы, узлы и терминалы позволяющие осуществлять взаимодействие между объектами системы [3].

Данная работа посвящена вопросам комплексного использования приёмников ГНСС и электронных тахеометров при выполнении геодезических работ для модернизации железных дорог как объекте инфраструктуры ТК.

На железных дорогах России эксплуатируются около 200 тысяч железнодорожных станций различных типов, являющихся сложными и дорогостоящими объектами железных дорог. От их надежной работы зависит безопасность движения поездов, бесперебойность перевозочного процесса и экономические показатели путевого хозяйства.

Одной из наиболее сложных задач в инженерно-геодезических изысканиях является съёмка железнодорожных станций и узлов. Это обусловлено наличием на станциях значительного количества объектов инфраструктуры, инженерно-технических сооружений и устройств. Часто оперативное выполнение съёмки железнодорожных станций требует использования нескольких полевых бригад

и связано с существенными затратами времени и средств. Для повышения производительности и снижения трудоёмкости работ необходимо разрабатывать специальные методики выполнения геодезических изысканий, учитывающие специфику конкретной станции, сезонность, наличие геодезических пунктов и др. При этом, следует применять традиционные геодезические методы с использованием оптико-механических средств измерений и современные с электронными тахеометрами и приёмниками ГНСС [4,5].

Рассмотрим технологию получения геопространственных данных на примере геодезической съёмки под реконструкцию железнодорожной станции Ландыши Дальневосточной железной дороги, выполненную в 2011 году. Данное железнодорожное направление относится к ТК "Запад - Восток".

В соответствии с нормативными документами [6] допустимая относительная ошибка проложения базисных ходов съёмочного геодезического обоснования на железнодорожных станциях не должна превышать $1/4000$. Геодезическое обоснование создавалось с применением электронных тахеометров Sokkia 530RL. При этом координаты должны быть определены в местной системе координат п. Ванино (Хабаровский край).

Было создано специальное геодезическое съёмочное обоснование, включающее 19 точек сети. Такое количество точек позволяет проводить дополнительный контроль за счёт избыточных измерений. Закрепление точек осуществлялось железнодорожными костылями. Сложность проведения работ заключалась в том, что работы необходимо было проводить на функционирующей станции в условиях интенсивного движения подвижного состава по ДВЖД. Поэтому, например, практически невозможно применять системы наземного лазерного сканирования [7].

Для съёмки станций необходимо выполнить следующие виды работ: разбивку пикетажа; съёмку плана и профиля железнодорожного пути; съёмку поперечных профилей; определения центров стрелочных переводов; топографическую съёмку площадки, путевого развития, пристанционной территории и искусственных сооружений; габаритных расстояний; сортировочных горок. В зависимости от назначения съёмки (для реконструкции или для ТРА) планируется определённая последовательность работ, и подбираются различные геодезические средства измерений. Для съёмки поперечников однозначно следует использовать оптический нивелир. С его применением достигается необходимая точность определения отметок головок рельсов, кроме того, в процессе работ часто приходится устанавливать рейку в момент остановки подвижного состава и отсутствия видимости.

В настоящее время на железных дорогах для определения геометрических параметров и пространственного положения рельсовой колеи применяют геодезические средства измерений, а также интегрированные путеизмерительные комплексы типа ЦНИИ-4 и КВЛ-П, оснащенные спутниковой аппаратурой ГЛОНАСС/GPS и специализированным ПО, разработанном объединённым научно-исследовательским и испытательным центром «Геоинформационные и спутниковые технологии железнодорожного транспорта» (МИИТ-НИИАС) [2].

При геодезическом обеспечении технико-распорядительных актов (ТРА) железнодорожных станций используют методические указания по составлению масштабных планов железнодорожных станций (ОАО «РЖД» 2008) и методические указания по составлению продольных профилей станций путей и перегонов (ОАО «РЖД» 2008).

Разработанная для этих целей в СГУПС путеизмерительная тележка АПК «Профиль» с приёмником ГНСС [7] представляет практический интерес, но область её применения ограничена, так как часто для ТРА требуется определять координаты объектов расположенных вне путевого развития и в присутствии подвижного состава на железнодорожном пути.

Технологическую цепочку получения геопространственных данных представим с помощью программ обработки измерений, для железнодорожных станций и узлов, разработанной в ДВГУПС под руководством профессора Шварцфельда В.С. [9] и программы Trimble Geomatics Office (TGO).

Программный комплекс составления масштабных планов станций, паспортизации плана и продольного профиля станционных путей на основе данных инструментальной съемки (*«План станций»*) предназначен для обеспечения единой технологии автоматизированной обработки геодезических измерений, составления и ведения данных для дальнейшего решения функциональных задач управления инфраструктурой путевого хозяйства и железнодорожного транспорта.

Комплекс позволяет:

- Реализовать единую технологию инструментальной съемки железнодорожных станций, камеральной обработки геодезических измерений, паспортизации продольных профилей станционных путей с обеспечением выполнения всех требований к составу и форме представления данных;
- Автоматизировать задачу составления масштабных планов станций и продольных профилей станционных путей;
- Получить наиболее полную и объективную информацию для эффективной эксплуатации станций;
- Повысить уровень контроля за своевременностью и качеством составления масштабных планов станций, их ведения и корректировки;
- Использовать данные электронных масштабных планов станций для решения широкого круга задач эксплуатации и управления инфраструктурой железнодорожного транспорта;
- Снизить трудозатраты на подготовку исполнительной документации;
- Использовать и обновлять данные по железнодорожным станциям в системе баз данных путевого хозяйства (СБД-П);
- Подготовить электронный план станции для комплексного проектирования ее развития;
- Подготовить масштабный план станции для конвертации его в геоинформационную систему ObjectLand, используемую в АС ТРА.

Как указывалось выше, плановое съёмочное обоснование создавалось с применением электронных тахеометров. При выполнении полевых работ с использованием тахеометров для съёмки железнодорожных станций используют координатную съёмку [10]. Однако в ДВГУПС съёмка проводится в режиме записи углов и расстояний. Такая методика обусловлена программой обработки результатов измерений, разработанной в университете. Была выполнена оценка точности измерений в программном модуле GREDO_ DAT 3.12 (характеристика теодолитных и нивелирных ходов приведена в табл. 1 и 2).

Таблица 1. Характеристики теодолитных ходов

Ход	Точки хода	Длина, м	N	Fb факт.	Fb доп.	Невязки			
						Fx	Fy	Fs	[S]/Fs
1	ST1, ST15, ST14	531.885	3	0°00'07"	0°01'02"	0.006	0.004	0.007	76778
2	ST14, ST16, ..., ST19	887.681	5	0°00'40"	0°01'12"	-0.017	0.014	0.022	40410
3	ST14, ST13, ST18	616.901	3	-0°00'57"	0°01'02"	0.006	-0.002	0.006	104482
4	ST14, ST11, ..., ST3	569.106	8	-0°01'16"	0°01'42"	-0.023	0.034	0.041	13757
5	ST3, ST1	158.188	2	0°00'04"	0°00'51"	0.004	0.004	0.006	27801
6	ST18, ST19	323.747	2	-0°00'07"	0°00'51"	0.004	-0.008	0.008	38453

Таблица 2. Характеристики нивелирных ходов

Ход	Точки хода	Длина, км	Fh факт.	Fh доп.
1	ST1, ST23, ST24, ST25, ST26, ST27, B8, ..., ST1	1.300	-0.007	0.034
2	ST1, ST22, БТ1, БТ0, БТ2, ST2, ST11, ST10, ST9, ..., ST3, ST1	0.600	0.004	0.023
3	ST20, ST28, ST29, ..., ST20	1.140	-0.003	0.032
4	ST14, ST13, ST18, ST19, ST21, ST17, ST16, ..., ST14	0.900	0.027	0.028

Для определения координат точек обоснования в местной системе координат были применены двухчастотные GPS - приёмники Trimble 5700. При этом базовые станции располагались на геодезических пунктах полигонометрии 4 класса "Дюанко" (рис. 1) и №1275. Наблюдения точек обоснования проводились в режиме Fast Static, а время нахождения на точках составило 40 минут при количестве спутников более 8. На рис. 2 показано расположение подвижного приёмника на станции.



Рис. 1. Пункт полигонометрии "Дюанко"



Рис. 2. GPS-приёмник Trimble 5700 на ст. Ландыши

Обработка результатов измерения была выполнена в программе TGO. На рис. 3 представлена схема базовых линий, а на рис. 4 приведены результаты обработки базовых линий.

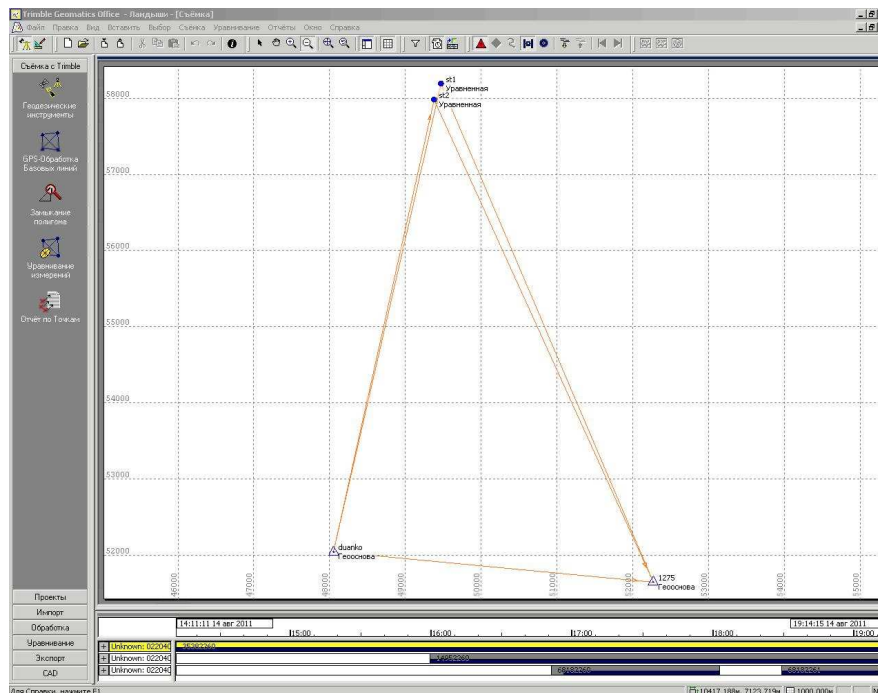


Рис. 3. GPS - обработка базовых линий

	ID	От станции	До станции	Длина базово...	Тип решения	Отноше...	Диспер...	СКО	
☒	B1	duanko	1275	4240.265м	L1 Фиксиров...	5.7	3.514	0.007м	Сохранить Отмена Отчет
☒	B4	duanko	st2	6084.296м	Ионосферно...	11.9	1.632	0.014м	
☒	B5	duanko	st1	6310.547м	Ионосферно...	49.2	1.852	0.014м	
☒	B2	1275	st2	6960.634м	Ионосферно...	14.1	0.982	0.011м	
☒	B3	1275	st1	7116.224м	Ионосферно...	10.5	1.020	0.011м	

☒ Перезаписать дубликат решения базовой линии

Выполнено 5 Ок, 0 Брак

Рис. 4. Итоги обработки базовых линий

В результате обработки все базовые линии удовлетворяли установленным производителем ПО TGO допускам для получения качественного решения [11]. В дальнейшем было выполнено замыкание полигона и оценка точности результатов обработки, а также получены координаты точек обоснования в местной системе координат.

Следующим этапом получения геопространственных данных является нивелирование поперечников. Причём для получения качественных результатов приходилось нивелировать поперечники на расстояния до ста метров от оси пути. В некоторых транспортных проектно - изыскательских организациях превышения определяют тригонометрическим нивелированием. Но в условиях значительной залесённости Дальнего Востока применение электронных тахеометров для нивелирования поперечников не всегда рационально (рис.5). Кроме того в соответствии с нормативными документами и методическими указаниями ОАО «РЖД», определение отметок головок рельсов на основной площадке должно быть определено геометрическим нивелированием (например, возвышение наружного рельса на кривых необходимо указывать с точностью до миллиметров).

Результаты обработки нивелирования поперечников, выполненные в ПО ДВГУПС, представлены на рис. 6.

Заключительным этапом получения геопространственных данных является электронный план ст. Ландыши (рис. 7).

Также для производства топографической съёмки применяли кинематический метод(Stop – and – Go). Однако область его использования ограничена, особенно в условиях железнодорожных станций и залесённых участков Дальнего Востока.



Рис. 5. Нивелирование поперечников

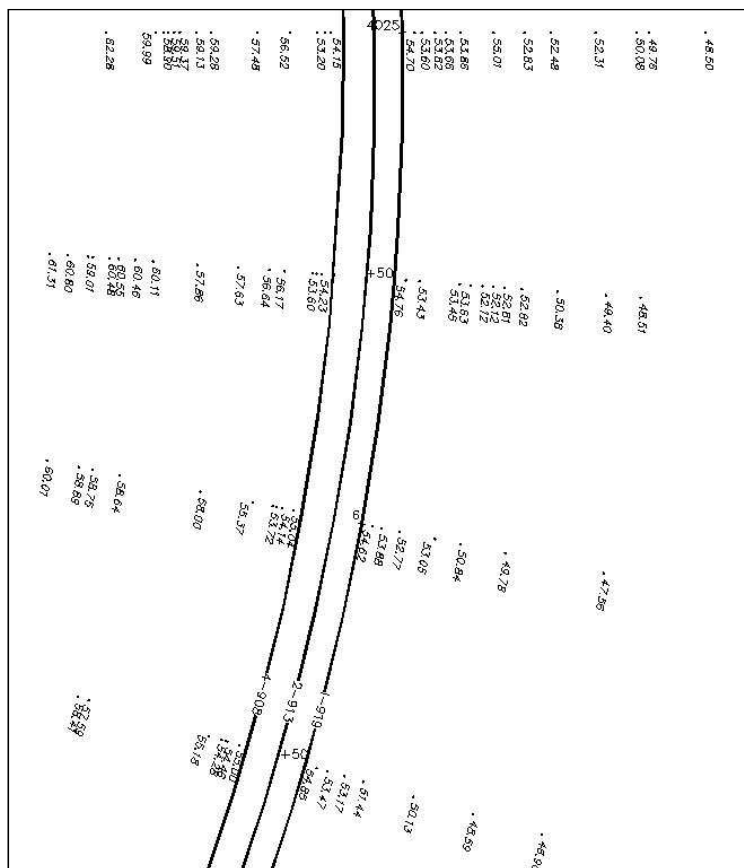


Рис. 6. Фрагмент программы обработки поперечников

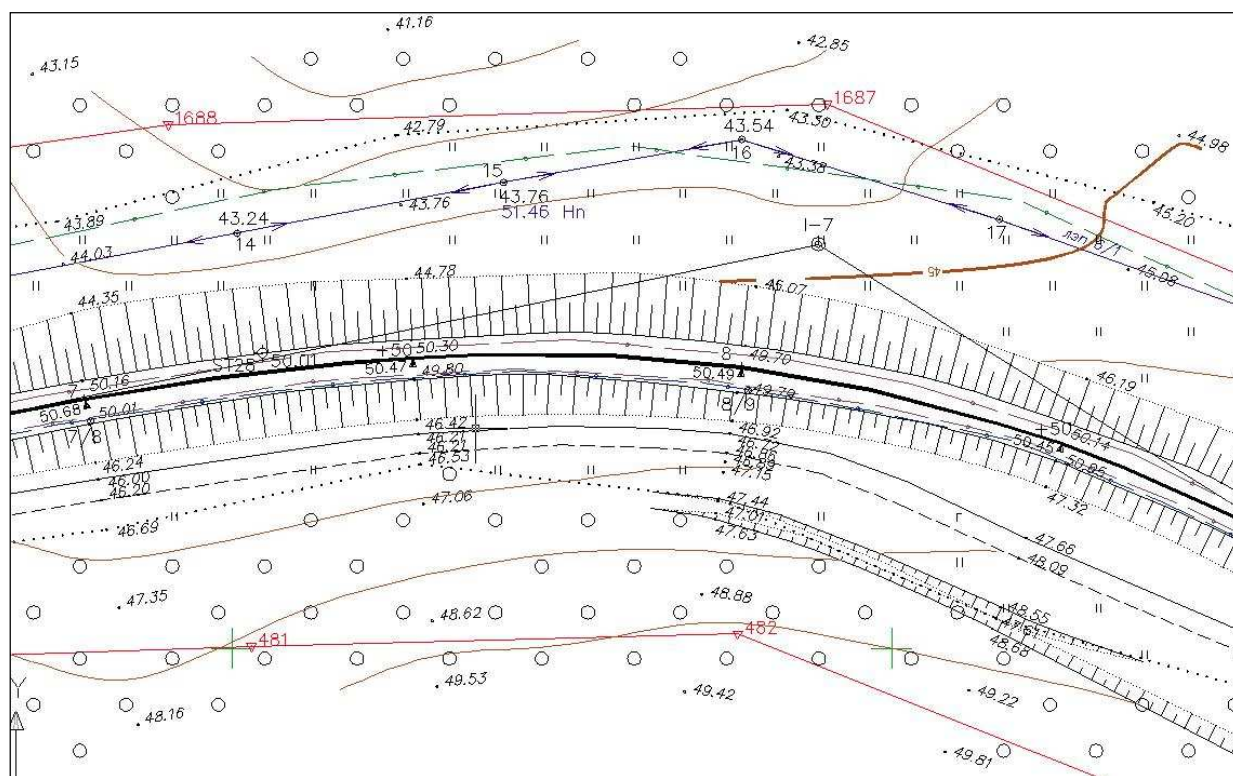


Рис. 9. Электронный план ст. Ландыши, 2011 год

Анализируя производственные результаты получения геопространственных данных для инфраструктуры транспортных коридоров можно сделать следующие выводы:

- Использование двухчастотных спутниковых приёмников Trimble 5700 позволяет повысить производительность и качество работ и контролировать пространственное положение точек геодезического съёмочного обоснования;
- Для повышения производительности работ для съёмки под реконструкцию железнодорожных станций и узлов рекомендуется применять оптико-механические и современные геодезические средства измерений;
- Применение электронных тахеометров позволяет получать линейную невязку для базисных ходов 1/5000 – 1/10000;
- Увеличение количества точек сети улучшает её качество за счёт избыточных измерений;
- Область применения кинематического метода определения координат приёмниками ГНСС на железнодорожных станциях ограничена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левитин, И.Е. Развитие транспортной системы и экономический рост регионов (на примере транспортного коридора "Запад — Восток") / И.Е.Левитин // Материалы международной научно – практической конференции от 16.04.2008, М.: Совет Федерации Федерального Собрания РФ, 2008. – С. 7-10. [Электронный ресурс].- Режим доступа: / <http://www.council.gov.ru/files/journalsf/number/20100227141157.pdf>.
2. Духин, С.В, Железнов, М.М., Матвеев, С.И., Манойло, Д.С. Формирование единого геоинформационного пространства российских железных дорог. / С.В. Духин, М.М. Железнов, С.И. Матвеев, Д.С. Манойло / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2008-07a07>.
3. Транспортные коридоры. / [Электронный ресурс].- Режим доступа: / <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0>.
4. Шварцфельд В.С., Никитин А.В., Едигарян А.Р. Особенности создания геодезического обоснования для проектирования реконструкции верхнего строения пути участков Забайкальской железной дороги с применением двухчастотных GPS-приёмников TRIMBLE 5700 / В.С. Шварцфельд, А.В. Никитин, А.Р. Едигарян // Современные проблемы инженерной геодезии / Труды международной научно-практической конференции / Под ред. М. Я. Брыня, СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2010. – С.80 - 87.
5. Никитин, А.В. Инженерно-геодезическая съёмка на станциях / А.В.Никитин // Мир транспорта. – 2011. – № 3. – С. 46 - 49.
6. СНиП 11.02.96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: Росстройизыскания, 1997. – 102с.
7. Канашин Н.В., Виноградов К.П. Сканерная сеть для съёмки железнодорожной станции / Н.В. Канашин, К.П. Виноградов // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 14 - 16.
8. Жидов, В.М. Обоснование комплексирования спутниковых и инерциальных измерений для съёмки железнодорожных путей / В.М. Жидов // Геодезия и картография. – 2010. – № 11. – С. 10–12.
9. Шварцфельд, В.С., Соколов, А.В., Науменко, В.Г., Кухаренко, О.А. Создание электронных паспортов планов железнодорожных станций : метод. пособие / В.С. Шварцфельд, А.В. Соколов, В.Г. Науменко, О.А. Кухаренко. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2006. – 58 с.

10. Толстов Е.Г., Крашеницин Д.В., Никитчин А.А., Канашин Н.В. Использование полиномиальной интерполяции при построении продольного профиля линейного сооружения / Е.Г. Толстов, Д.В. Крашеницин, А.А. Никитчин, Н.В. Канашин // Изыскательский вестник. – 2009. – №2(8). – С.69 - 72.

11. Trimble Geomatics Office. Wave Baseline Processing. Руководство пользователя. Trimble Navigation Limited, октябрь 2001года.

© А.П. Карпик, А.В. Никитин, А.Р. Едигарян, 2012

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕАТРА ОПЕРЫ И БАЛЕТА Г. АСТАНА

Елена Николаевна Хмырова

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, к.т.н., тел. (7212) 56-26-27

Ольга Газисовна Бесимбаева

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, к.т.н., тел. (7212) 56-26-27

Гульнара Ергалиевна Жунусова

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, к.т.н., тел. (7212) 56-26-27

В статье рассмотрены вопросы создания системы мониторинга технического состояния строительных конструкций объекта для своевременного выявления дефектов, предупреждения и устранения негативных процессов.

Ключевые слова: инструментальные геодезические измерения, наблюдения за смещениями и деформациями основания, циклы наблюдений.

MONITORING OF THE TECHNICAL STATE OF THE CARRYING STRUCTURES OF THE OPERA AND BALLET THEATER ASTANA CITY

Elena N. Khmyrova

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira avenue, associate professor of "Mine survey and geodesy" department, cand.tech.sci., тел. (7212) 56-26-27
e-mail: hmyrovae@mail.ru

Olga G. Besimbaeva

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira avenue, associate professor of "Mine survey and geodesy" department, cand.tech.sci., тел. (7212) 56-26-27

Gulnara E. Jhunusova

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira avenue, associate professor of "Mine survey and geodesy" department, cand.tech.sci., тел. (7212) 56-26-27, e-mail: lena_gulya@mail.ru

In the article there are examined the questions of the creation of the system of monitoring the technical state of the structures of object for the timely development of defects, prevention and elimination of negative processes.

Key words: instrument geodetic measurements, observation of displacement and deformations of base, the cycles of observations.

Целью мониторинга является оценка технического состояния объектов строительства для своевременного выявления дефектов, предупреждения и устранения негативных процессов, проведение которого соответствует основополагающим требованиям закона Республики Казахстан «О техническом регулировании», и одним из требований «Технического регламента «О безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий», рассматриваемого в 2011 году в рамках таможенного союза и евразийского экономического сообщества для применения в государствах-членах ЕврАзЭС.

В задачи мониторинга входит разработка рекомендаций по обеспечению надежности функционирования несущих строительных конструкций на объекте в период его строительства, предупреждение и устранение дефектов конструкций, а также осуществление контроля фактического исполнения принятых конструктивных решений.

Театр оперы и балета г. Астана относится к уникальным сооружениям и при его возведении использовался новый метод наблюдений за осадками и деформациями фундамента, который базировался на том, что периодичность наблюдений за деформациями сооружения определялась по признаку роста нагрузки на основание.

Мониторинг за состоянием строительных конструкций здания основан на инструментальных геодезических измерениях осадок, деформаций и смещений специально закрепленных контрольных точек (деформационных и осадочных марок) относительно пунктов (реперов) геодезической сети, находящихся вне зоны распространения давления от сооружения, обеспечивающие неизменным их положение длительное время.

При создании системы мониторинга решались следующие основные задачи:

- Выбор объектов контроля (тип конструкций, число контролируемых однотипных конструкций);
- Выбор наиболее ответственных конструктивных элементов конструкций, определение в них опасных сечений и назначение контрольных точек для установки приборов и измерений;
- Проведение инструментальных и визуальных наблюдений, определение фактических деформаций отдельных конструкций и частей здания;
- Определение (оценка) технического состояния конструкций по данным сопоставления (анализа) натурных наблюдений с результатами расчетов или с критериальными характеристиками;
- Установка средств контроля за деформациями отдельных конструкций или частей здания на период возведения здания.

Марки за состоянием строительных конструкций здания театра оперы и балета в г. Астана установлены на всех несущих конструкциях (колоннах) по периметру здания, расположение которых позволит учитывать влияние увеличивающейся нагрузки на основание фундамента.

Геодезические наблюдения за осадками и деформациями основания выполнялись с применением цифрового лазерного нивелира DNA 03 фирмы Leica Geosystems (Швейцария).

Первый базовый цикл наблюдений проводился через пять дней после устройства реперов и закладки марок. После каждой последующей серии инструментальных наблюдений производилась обработка данных и определение осадок и деформаций здания, построение графиков полученных деформаций, установление корреляционной связи между деформационными показателями и причин их возникновения.

Несмотря на большую длительность процесса консолидации, основная часть деформации естественного основания, при наличии в основании большой по мощности толщи глин (плавунов), приходится на строительный период, до 75%. Поэтому число циклов наблюдений за деформациями сооружения в строительный период определялось по признаку роста нагрузки на основание. Первый цикл наблюдений начинался после того, как масса каждой секции сооружения достигла 25 % от полной массы сооружения. Последующие циклы измерений осадок производились при достижении нагрузки в 50, 75 и 100 % полной массы сооружения.

Проект размещения марок, представленный на рис. 1, выполнен с учетом конструкций здания и увязан с геологическими данными о грунтах основания.

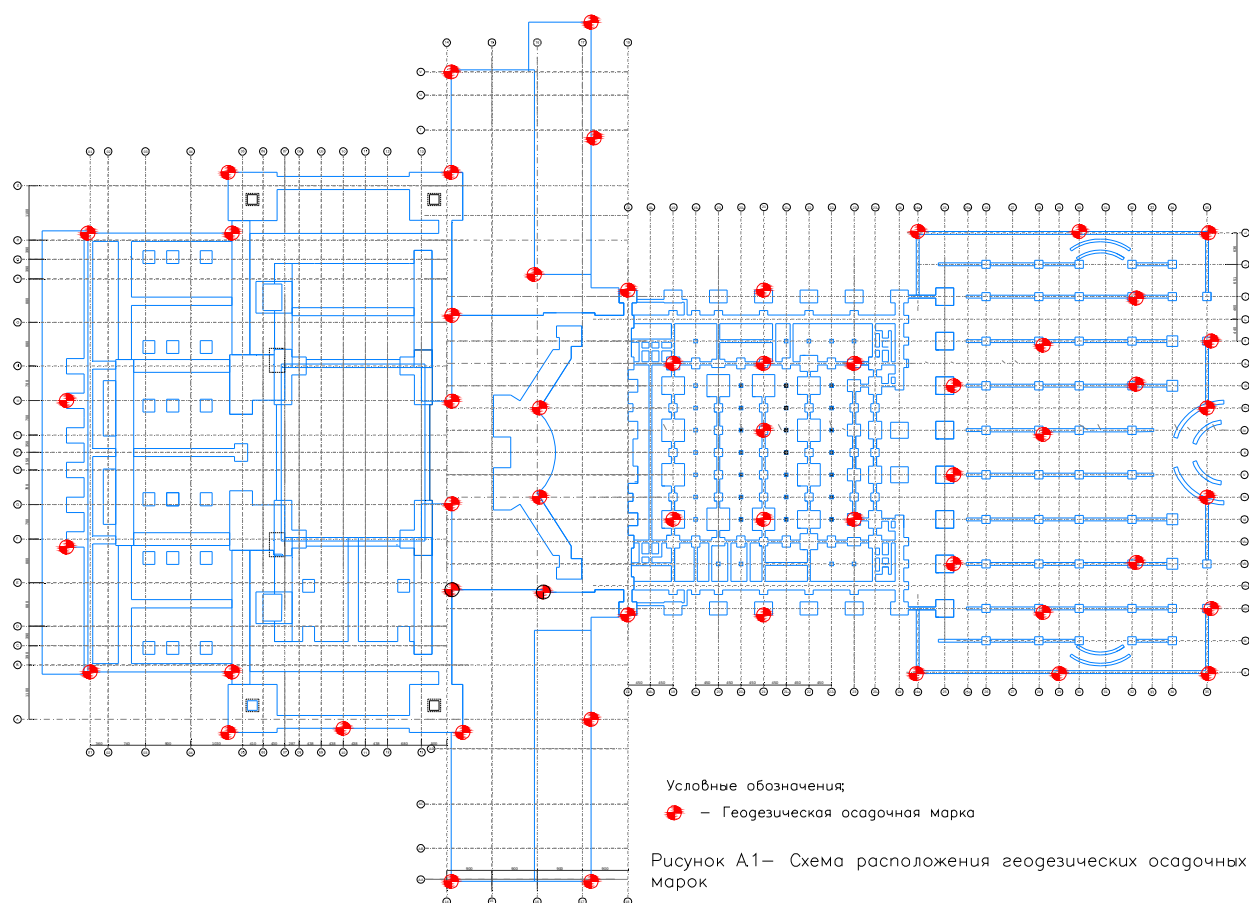


Рис. 1. Схема расположения геодезических осадочных марок на отм.-5.500...+0.500м

Частота измерений осадок в период эксплуатации сооружения во многом зависит от качества прогнозирования осадок сооружения. При строительстве театра оперы и балета был выполнен прогноз ожидаемых осадок, при котором учитывались такие факторы как: упругая отдача дна котлованов, гидрогеологические условия, тип сооружения и метод его возведения, что позволило значительно сократить цикличность натурных наблюдений и сэкономить значительные трудовые и денежные ресурсы.

Удовлетворительное решение задачи прогноза осадок сооружения в настоящее время может быть найдено лишь путем сочетания теоретических методов с эмпирическими приемами, основанными на анализе результатов натурных наблюдений за осадками построенного сооружения.

По результатам геодезического мониторинга за состоянием строительных конструкций здания построены графики вертикальных (рис. 2) и горизонтальных смещений.

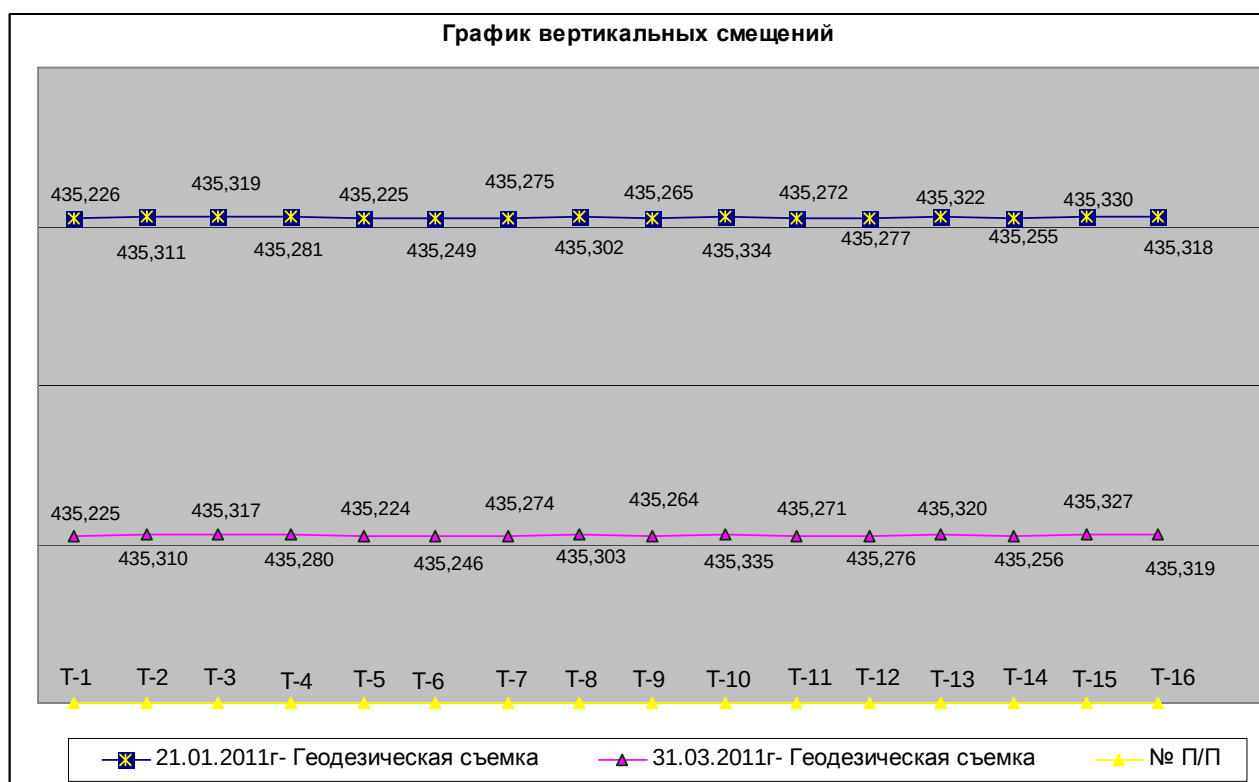


Рис. 2. График вертикальных смещений осадочных марок

Результаты геодезических измерений за положением деформационных и осадочных марок позволяют сделать вывод, что процесс консолидации грунтов продолжается, следовательно, необходимо продолжить наблюдения по разработанной методике.

Графики наблюдений за другими видами деформаций (креном, трещинами и т. д.) составлены с учетом изложенного, и корректируются в зависимости от скорости деформации.

Геодезические наблюдения за горизонтальными смещениями на объекте - «Театр оперы и балета» в г. Астана выполнялись с применением электронного тахеометра серии TCR 1201+ по стационарно установленным призмам.

При разработке цикличности наблюдений за горизонтальными смещениями руководствовались тем, что строительная площадка находится в зоне распространения давления от зданий и сооружений, находящихся в непосредственной близости, т.е. на расстоянии менее 0,5H высоты объектов. При назначении периодичности циклов наблюдений горизонтальных смещений учитывался характер грунта, наличие подземных грунтовых вод и тип возводимого сооружения. Первый цикл наблюдений выполнялся после стабилизации положения опорных знаков и когда горизонтальные усилия на сооружение еще не проявлялись. Каждая следующая серия наблюдений проводилась в зависимости от увеличения или уменьшения бокового давления на сооружение, если оно превышает 25% от проектного. В результате этого определялась промежуточная упругая и остаточная деформация основания.

При выявлении всех видов деформаций необходимо стремиться, чтобы наблюдения проводились через равные промежутки времени, а измерения выполнялись в кратчайшие сроки.

Результаты наблюдений за положением марок в системе геомониторинга используются для разработки мероприятий по устранению негативных явлений, протекающих в конструкциях. Для ранней диагностики технического состояния и локализации мест изменения напряженно-деформированного состояния в наиболее ответственных узлах конструкций предусмотрен геодезический контроль над осадками и углов здания, железобетонных конструкций, над характером раскрытия трещин. Периодичность циклов инструментальных наблюдений после возведения сооружения, т.е. при достижении полной массы сооружения, зависит от величины и скорости осадок. Наблюдения за состоянием объекта должны продолжаться до полной стабилизации осадок, т.е. когда скорость смещений затухает и становится менее 1-2 мм в год.

Наблюдения будут возобновлены в случае изменения условий эксплуатации сооружения, изменения строительной обстановки на площадке (разработке новых котлованов) или появления не предусмотренных проектом деформаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП РК 5.01-01-2002 Основания зданий и сооружений. – Алматы: «KAZGOR», 2003.
2. МДС 13-22.2009. Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений. – Москва: ООО «ТЕКТОПЛАН», 2010.
3. СНиП РК 5.03-37-2005 Несущие и ограждающие конструкции – Астана: «KAZGOR», 2006.
4. СНиП РК 1.03-26-2004 Геодезические результаты в строительстве.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИБОРТОВЫХ МАССИВОВ КАРЬЕРА «ПУСТЫННОЕ»

Фарит Камалович Низаметдинов

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, зав. кафедры маркшейдерского дела и геодезии, проф., доктор технических наук, тел. (7212) 56-26-27

Ольга Газисовна Бесимбаева

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212) 56-26-27

Алексей Александрович Нагибин

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27

В статье рассмотрены вопросы оценки устойчивости прибортовых массивов карьера с учетом геологической обстановки, обоснованности прочностных характеристик пород и различных стадий отработки.

Ключевые слова: оценка состояния устойчивости бортов карьера, расчетные схемы, круглоцилиндрическая поверхность скольжения, коэффициент запаса устойчивости.

CALCULATION OF STABILITY OF SLOPES OF “PUSTYNNOE” OPEN PIT WALLS

Farit K. Nizametdinov

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, director of “Mine survey and geodesy” department, prof., doctor of engineering, tel. 8(7212) 56-26-27, e-mail: niz36@mail.ru

Olga G. Besimbaeva

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, associate professor of “Mine survey and geodesy” department, cand.tech.sci., tel. (7212) 56-26-27

Alexey A. Nagibin

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, postgraduate student of “Mine survey and geodesy” department, tel. (7212) 41-11-88, e-mail: alex_e1@mail.ru

In the article the questions of estimation of stability of open pit walls taking into account geological conditions, validity of strength properties of rock and different stages of working-off are considered.

Key words: estimation of condition of stability of open pit walls, formulaic schemes, circular cylindrical surface of sliding, stability coefficient.

Золоторудное месторождение «Пустынное» расположено в Актогайском районе Карагандинской области в 120 км к востоку от г. Балхаш. В геологическом строении месторождения принимают участие отложения девонской и каменноугольной систем, приуроченные к локальному тектоническому блоку размером 400х600 м в ядре антиклинальной складки, ограниченной с юга Итмурундинским региональным разломом. Породами, слагающими массив являются: песчаник, туфо-песчаник, углистый песчаник, серпентинит, перидатит, углистый алевролит, известняки, туфы, туфо-песчаник, андезит и пилит.

Для оценки состояния устойчивости откосов уступов и бортов карьера на практике получили наибольшее распространение следующие способы расчета:

- Способ алгебраического сложения сил;
- Графоаналитический способ (ВНИМИ).

Когда в массиве горных пород нет поверхностей ослабления, падающих в сторону выемки или горизонтальных, применяется схема расчета, характеризующаяся тем, что в этом случае поверхность скольжения можно принимать круглоцилиндрической, а коэффициент запаса устойчивости определять методом алгебраического сложения удерживающих и сдвигающих сил по этой поверхности.

В развитие способа Г.Л. Фисенко с учётом применения современной вычислительной техники П.С. Шпаковым и др. [1] разработан численно-аналитический способ расчёта, в котором в результате анализа различных вариантов, удовлетворяющих основным положениям теории предельного равновесия, может быть однозначно установлено местоположение поверхности скольжения в приоткосном массиве. Определённая универсальность этого способа позволила создать единую методику расчёта параметров предельного откоса или откоса с заданным коэффициентом запаса устойчивости численно-аналитическим способом для широкого диапазона изменения горно-геологических условий.

Для всего многообразия горно-геологических условий прибортового массива в результате проведённых в КарПТИ (ныне КарГТУ) исследований предложено восемь основных моделей приоткосного массива, каждая из которых представлена несколькими расчётными схемам.

Все элементы геомеханической модели находятся в тесной взаимосвязи друг с другом. С точки зрения системного подхода каждая подсистема (структурная модель, механическая модель и физико-механические свойства пород) должна быть рассмотрена с детальностью, обеспечивающей надёжную оценку поведения всей системы «геомеханическая модель массива», в которую она входит как составной элемент. В соответствии с этим детальное изучение одного или двух элементов (подсистем) при грубом рассмотрении остальных элементов создаёт лишь видимость математической точности решения задачи, не гарантируя высокой достоверности конечных результатов. Поэтому получение соответствующих результатов возможно на основе изучения всех элементов системы на одном уровне, соответствующем стадии освоения

месторождения и уровню научных достижений в исследуемой проблеме. По мере разработки месторождения увеличивается объём и качество исходной информации об объекте исследований (массиве горных пород), что способствует повышению уровня изученности как отдельных элементов (подсистем), так и систем в целом. Обобщенные схемы расчета устойчивости откосов приведены на рис. 1.

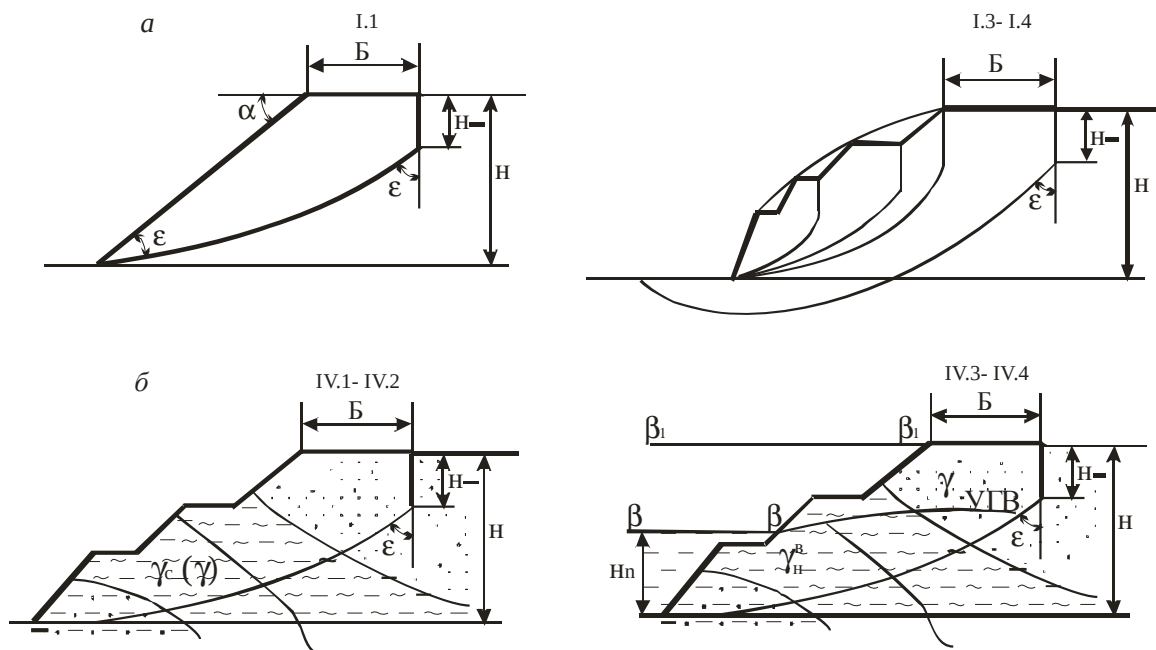


Рис. 1. Обобщенные схемы расчета устойчивости откосов для геомеханических моделей

Методика расчетов устойчивости откосов в однородном массиве основана на принципе интегрирования сил по наиболее напряженной поверхности с применением ЭВМ; теоретические основы способа изложены в работе [1].

Основные принципы расчета устойчивости бортов в неоднородном массиве изложены ниже. Данная модель используется при расчете устойчивости бортов карьера произвольной формы в сложных горно-геологических условиях. Принципиальная схема расчета устойчивости откосов в неоднородных массивах для всех четырех расчетных схем заключается в следующем.

1. На геологическом разрезе, построенном вкрест простирания борта карьера, наносится проектный либо реальный контур борта карьера и уровень подземных вод.

2. Производится описание контактов пород между слоями, уровня грунтовых вод, поверхности скольжения и контура борта карьера по таблично заданным функциям путём локальной интерполяции полиномами малой степени или сплайнами.

Для этого выбирается система координат $X1Y$ с началом координат в нижней бровке откоса. Ось X при этом направляют вглубь массива, ось Y – вертикально. На разрезе отмечают характерные (узловые) точки для каждого контура и контакта, одновременно указывается, какую интерполяцию

производить между узловыми точками - линейную или квадратичную. Нумерация контактов производится снизу вверх, а узловых точек в пределах контакта - по мере увеличения абсцисс узловых точек.

3. Приблизленно строится поверхность скольжения (в дальнейшем её местоположение уточняется методом последовательных приближений), для которой определяются средние расчетные характеристики k_{cp} , $tg\rho_{cp}$ и γ_{cp} .

Средние расчетные характеристики вычисляются как средневзвешенные. После этого вычисляется коэффициент устойчивости [2]. Определение коэффициента запаса устойчивости борта карьера произвольной формы в сложных горно-геологических условиях выполняется исходя из выражения

$$n = \frac{k_{cp}}{k_{cp.пред.}} = \frac{tg\rho_{cp}}{tg\rho_{cp.пред.}} = \frac{k_i}{k_{i.пред.}} = \frac{tg\rho_i}{tg\rho_{i.пред.}}; \quad (1)$$

Расчет выполняется по программе SPOSGS33, составленной по выше приведенному алгоритму с учетом алгоритма программы SPTKZY7 (однородный массив), в которой по таблично заданной функции (x_i, y_i) в системе координат $(X1Y)$ производится её описание «скользящим» интерполирующим многочленом Лагранжа (СИМЛ) (рис. 2).

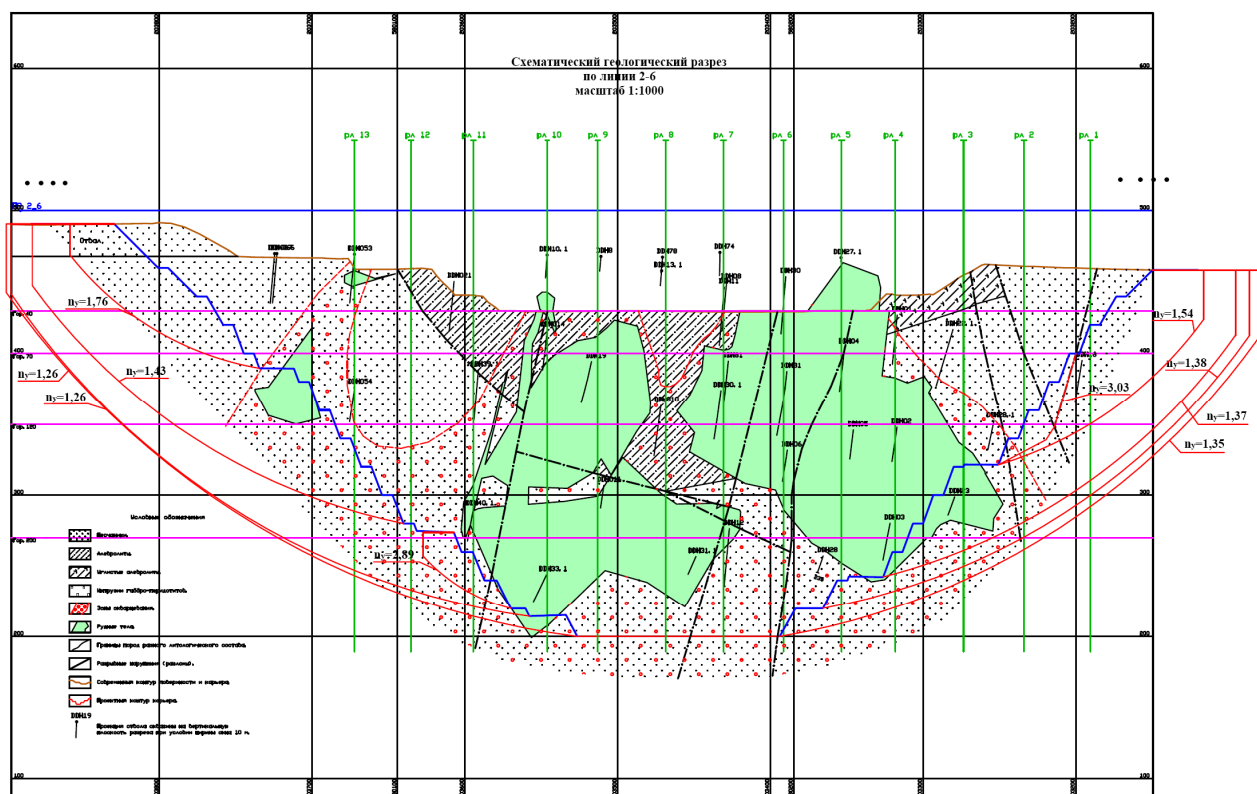


Рис. 2. Разрез 2-6 с результатами расчета устойчивости

Оценка устойчивости откосов уступов и бортов карьера «Пустынный» осуществлялась на основе изучения информации о слагающих породах, наличии крупных нарушений, трещиноватости и слоистости, обоснованности прочностных характеристик пород и выборе соответствующей методики

расчета или расчетной схемы устойчивости откоса. Порядок расчета по оценке устойчивости прибортового массива заключался в следующем:

- Предварительная оценка прибортового массива с учетом крупных тектонических нарушений и выделение наиболее опасных участков.
- Расчет устойчивости бортов карьера по выбранным расчетным схемам устойчивости откосов.

Результаты расчетов устойчивости бортов карьера «Пустынный» по восьми разрезам приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчетов устойчивости бортов карьера «Пустынный»

Разрезборт	Усредненные значения пород			Высота борта Н, м	Ген. угол наклона борта, град.	Высота верт. отрыва Н90, м	Ширина бермы Б, м	Коэф. устойчив. борта μ_y
	γ , т/м ³	k, МПа	ρ , град.					
<u>1-5</u> северо - восток	2,67	0,61	27,77	273,1	43,31	47,6	70,19	1,38
<u>1-5</u> юго - запад	2,66	0,62	22,31	256,8	40,56	48,42	76,25	1,31
<u>2-6</u> юго - восток	2,67	0,6	25,74	258,6	44,65	47,5	74,38	1,35
<u>2-6</u> северо-запад	2,67	0,56	25,38	290,7	41,82	47,92	75,71	1,26
<u>3-7</u> восток	2,67	0,64	27,8	273,9	45,32	50,58	71,02	1,38
<u>3-7</u> запад	2,68	0,61	22,48	239,9	44,48	49	71,05	1,28
<u>4-8</u> восток	2,67	0,58	27,85	282,1	35,98	42,58	63,02	1,46
<u>4-8</u> запад	2,66	0,61	23,15	259,3	44,17	51,41	72,23	1,25

Выполнена оценка устойчивости бортов карьера «Пустынный» [3] по 8 выделенным разрезам с учетом геологической обстановки и проектного контура. При этом оценка устойчивости бортов осуществлялась с учетом различных стадий отработки карьера (верхней, средней и нижней частей карьера по высоте). Анализ полученных результатов расчетов показывает, что коэффициенты устойчивости бортов колеблются от 1,25 до 1,46. Согласно нормативным документам, при сроке службы карьера более 5 лет, коэффициент устойчивости должен быть не менее 1,30. Срок службы карьера «Пустынный» составляет 12 лет, поэтому запроектированный контур карьера будет достаточно устойчив.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шпаков П.С., Темирханов К.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б. Автоматизация методов расчета устойчивости карьерных откосов //Маркшейдерия и недропользование. – М., 2006. - №1. - С.47-49.
2. Попов И.И., Окатов Р. П., Низаметдинов Ф.К. Механика скальных массивов и устойчивость карьерных откосов. - Алма-Аты: Наука, 1986, 256 с.
3. ОТЧЕТ о научно-исследовательской работе «Обоснование параметров устойчивых бортов карьера месторождения «Пустынное» на основе инженерно-геологических данных». НИЛ «Маркшейдерия, геомеханика и геометризация недр». КарГТУ, г. Караганда, 2012.

© Ф.К. Низаметдинов, О.Г. Бесимбаева, А.А. Нагибин, 2012

УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТЬЮ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

Фарит Камалович Низаметдинов

Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, 100027, г. Караганда, Б.Мира, 56, зав. кафедрой маркшейдерского дела и геодезии, проф., доктор технических наук, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: niz36@mail.ru

Сергей Георгиевич Ожигин

Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, 100027, г. Караганда, Б.Мира, 56, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии, доктор технических наук, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: osg62@mail.ru

Светлана Борисовна Ожигина

Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, 100027, г. Караганда, Б.Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

Разработаны основы методов исследования состояния прибортовых массивов на карьерах, включающие в себя: периодические маркшейдерские и инженерно-геологические наблюдения за состоянием откосов; исследования прочностных характеристик, состава и свойств горных пород; изучение структурных особенностей прибортового массива; оценку и прогноз геомеханических процессов; определение параметров устойчивых откосов; разработку рекомендаций по управлению параметрами карьерных откосов.

Ключевые слова: управление устойчивостью бортов карьера, инструментальные наблюдения, свойства горных пород, параметры откосов, укрепление уступов

THE CONTROLLING OF STABILITY BOARDS QUARRY

Farit K. Nizametdinov

The Karaganda state technical university, Kazakhstan, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, director of "Mine survey and geodesy" department, prof., doctor of engineering, tel. 8(7212) 56-26-27, e-mail: niz36@mail.ru

Sergey G. Ozhigin

The Karaganda state technical university, Kazakhstan, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, professor of "Mine survey and geodesy" department, doctor of engineering, tel. 8(7212) 56-26-27, e-mail: osg62@mail.ru

Svetlana B. Ozhigina

The Karaganda state technical university, Kazakhstan, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, associate professor of "Mine survey and geodesy" department, cand.tech.sci., tel. (7212) 56-26-27, e-mail: osb66@mail.ru

The investigation foundations method researches of mining massif in the quarries, which includes: periodic surveying and engineering-geological monitoring of the status of slopes; study of strength characteristics, composition and properties of rocks, study of structural features mining array, assessment and prediction of geomechanical processes, the definition of the parameters of the stability of slopes, development of recommendations on management options quarry slopes.

Key words: controlling of stability boards quarry, execution of tool supervision, rock characteristics, slope parameters, strengthening the ledges.

Увеличение глубины и объемов открытых горных работ, усложнение инженерно-геологических условий разработки месторождений определяют качественно новый подход к обеспечению устойчивости бортов карьеров и формируемых отвалов. Комплекс вопросов обеспечения устойчивости карьерных откосов, оценки несущей способности оснований, прогноза деформаций сдвига и уплотнения прибортовых и отвальных массивов, направленного изменения и контроля их геомеханического состояния является актуальной научной и практической проблемой, решение которой позволяет управлять состоянием прибортовых массивов карьеров. Этим целям наиболее полно соответствует концепция геомеханического мониторинга, которая предусматривает системный подход к решению всех составляющих задач и вопросов, комплексный учет и анализ всех природных и техногенных факторов [1].

Структурная схема исследований в системе геомеханического мониторинга представлена на рис. 1.



Рис. 1. Маркшейдерское обеспечение устойчивости карьерных откосов

Системы геомеханического мониторинга карьерных откосов созданы на более чем 20 месторождениях Казахстана: на карьерах «Ушкатын-III», «Западный», «Жомарт», «Тур», «Восточный камыс», «Николаевский»,

«Соколовский», «Сарбайский», «Качарский», «Конырат», «Варваринский Центральный», «Алпыс», «Абыз», «Космурун», «Акчий Спасский», «Малый Спасский», «Акжалский», на Чиганакских карьерах №1 и №2, на Дальнезападных карьерах №1 и №2; на разрезах «Богатырь», «Молодежный», «Куу-Чекинский», «Каражыра», на Шубаркольских разрезах «Центральный» и «Западный»; дамбе золоотвала ГРЭС (Топар). Многолетний опыт маркшейдерских инструментальных наблюдений за состоянием прибортовых массивов карьеров на ряде месторождений Казахстана позволил разработать и внедрить высокопроизводительную методику наблюдений с использованием современного электронного оборудования (рис. 2). Для исследования состояния прибортового массива на карьерах применены усовершенствованные методики инструментальных наблюдений с помощью электронных тахеометров и новые методы изучения структуры горного массива с помощью 3D –сканера фирмы «Leica» (Швейцария) и георадара «Mala» (Швеция) (рис. 3).

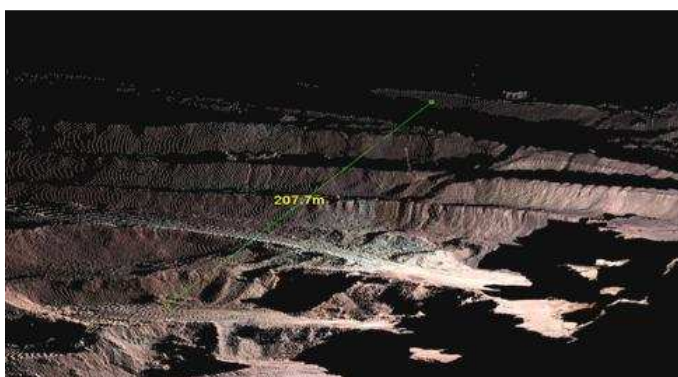


а – пункт наблюдения на автоматизированной станции Васильковского карьера

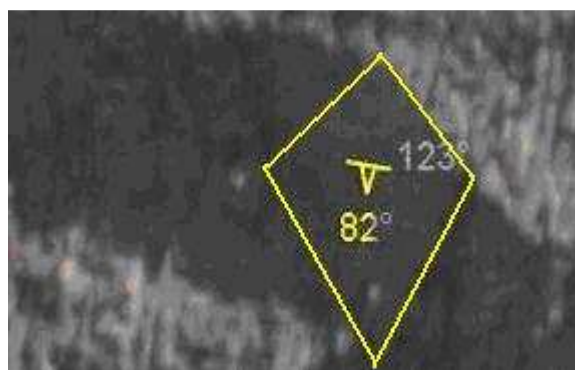


б – наблюдения с помощью ГНСС (карьер Варваринский-Центральный)

Рис. 2. Современные технологии высокоточных наблюдений



а - скан восточного борта в районе наблюдательной станции №1



б - изучение элементов залегания на откосе уступа

Рис. 3. Применение технологии 3D-сканирования на карьере «Ушкатын III»

При решении вопросов управления состоянием бортов карьеров исходной информацией являются физико-механические характеристики горных пород, которые определяются в лабораторных и натурных условиях, методом обратных расчетов оползней и обрушений, а также косвенным методом. Наиболее надежным и достоверным способом определения прочностных характеристик прибортовых и отвальных массивов горных пород является метод обратных расчетов оползней, который учитывает все факторы, повлекшие нарушение устойчивого состояния массива. На основе известного графоаналитического способа разработана усовершенствованная методика расчета показателей сопротивления пород сдвигу по результатам съемок оползней с использованием численно-аналитического метода, основанного на интегрировании элементарных сил по поверхности скольжения. Как показали исследования, не учет этих величин может привести к погрешности определения коэффициента сцепления до 10-20%.

Для сложноструктурных месторождений целесообразно проводить комплексные исследования физико-механических свойств пород, включающие лабораторные, натурные испытания пород и обратные расчеты оползней с дифференцированным выбором расчетных показателей свойств пород [2].

Породный массив является физически дискретной, неоднородной, анизотропной средой, механические процессы деформирования которой носят нелинейный, переменный во времени характер. Для создания горно-геометрической модели прибортового массива предлагается кусочно-непрерывная интерполяция полиномами малой степени, что позволяет при моделировании горно-геологических контуров разработать достаточно простой и надежный алгоритм, позволяющий по исходной дискретной модели объекта получить адекватную непрерывную интерполяционную модель. Разработанный алгоритм обеспечивает возможность математического описания практически любой геологической ситуации, контуров борта карьера, поверхности скольжения, уровня грунтовых вод, тектонических нарушений, отраженных на геологическом разрезе вкрест простирания борта карьера (рис. 4).

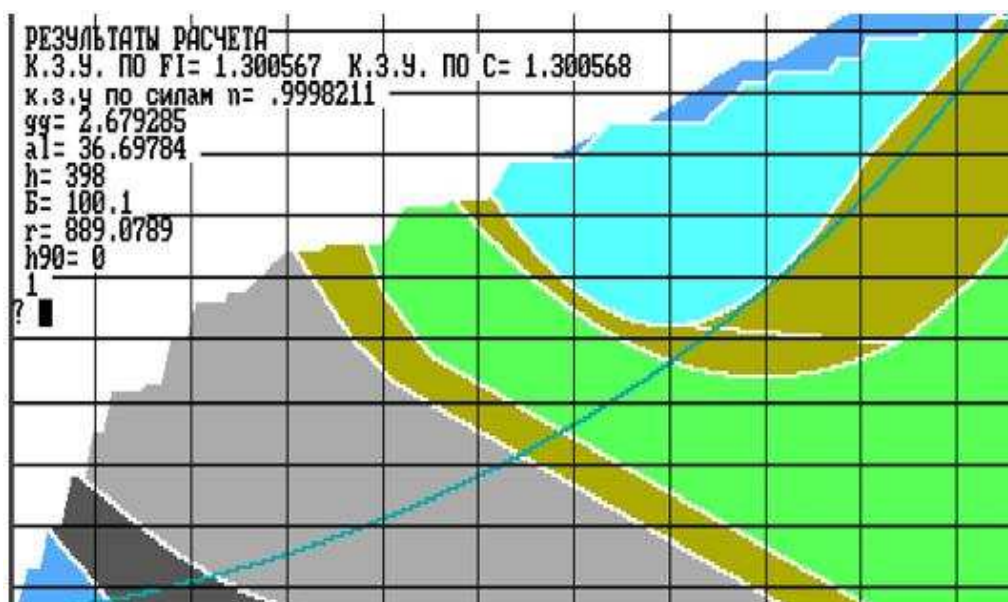


Рис. 4. Геологический разрез южного борта карьера «Николаевский» (интерфейс программы)

В соответствии с залеганием структурно-литологических элементов, интегральное уравнение предельного равновесия может быть представлено в общем виде

$$n = \left(\sum_{i=1}^{m_1} \int_{L_m} (\sigma \cdot \operatorname{tg} \rho_i + k_i) \cdot dl + \sum_{j=1}^{m_2} \int_{L_k} (\sigma \cdot \operatorname{tg} \rho'_j + k'_j) \cdot dl \right) / \int_{(L_m + L_k)} \tau \cdot dl = 1,$$

где m_1 – количество литологических разностей, пересекаемых поверхностью скольжения; σ – нормальное напряжение, действующее на элементарной площадке поверхности скольжения; m_2 – количество контактов (поверхностей ослабления), по которым формируется поверхность скольжения; L_m , L_k – участки поверхности скольжения, проходящие по массиву и контакту (поверхность ослабления) соответственно; τ – касательное напряжение, действующие на элементарной площадке поверхности скольжения.

Местоположение поверхности скольжения устанавливается на основе решения задачи теории предельного равновесия по минимальному коэффициенту запаса устойчивости [2]. На основе изложенного алгоритма разработан программный комплекс «Устойчивость карьерных откосов» с использованием которого решен ряд задач по обоснованию рациональных параметров карьерных и отвальных откосов и оценке состояния их устойчивости в различных горно-геологических условиях, в том числе и с учетом фактора времени, разработаны рекомендации по обеспечению устойчивости прибортовых массивов: на карьерах «Николаевский», «Коньрат», «Алпыс», «Васильковский», «Варваринский Центральный», «Абыз», «Космурун», «Итауз», «Акжалский», «Качарский», «Ушкатын-III», на Чиганакских карьерах №1 и №2; на разрезах «Богатырь», «Молодежный», «Куу-Чекинский», «Каражыра», «Шубаркольский» и т.д.

Для увеличения углов наклона бортов карьеров на проектном контуре рекомендуется проводить искусственное укрепление прибортовых массивов горных пород, позволяющее увеличить углы откосов на участках с менее устойчивыми породами. Важнейшим критерием для этого служит экономическая эффективность мероприятий по укреплению массива, определяемая как разность экономии на вскрыше и затрат на укрепление массива по каждому варианту. Из ряда вариантов принимается оптимальный, которому соответствует максимальная прибыль от мероприятий по укреплению прибортового массива [3].

Проблема управления устойчивостью прибортовых массивов на карьерах может быть решена только на основе комплексного подхода, включающего в себя решение всех составляющих задач и вопросов, рассмотренных в данной статье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ожигин С.Г. Маркшейдерско-геологический мониторинг состояния устойчивости карьерных откосов //Новости науки Казахстана. – Алматы: НЦНТИ, 2007. - С. 12-16.
2. Долгонос В.Н., Шпаков П.С., Низаметдинов Ф.К., Ожигин С.Г., Ожигина С.Б., Старостина О.В. Аналитические способы расчета устойчивости карьерных откосов. - Караганда: «Санат-Полиграфия», 2009. - 332 с.
3. Низаметдинов Ф.К., Долгонос В.Н., Ожигин С.Г. Укрепление откосов уступов и бортов карьеров. – Караганда: Санат-полиграфия, 2007. - 47 с.

© Ф.К. Низаметдинов, С.Г. Ожигин, С.Б. Ожигина, 2012

ИННОВАЦИИ В МАРКШЕЙДЕРСКОМ ДЕЛЕ

Фарит Камалович Низаметдинов

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, зав. кафедры маркшейдерского дела и геодезии, проф., доктор технических наук, тел. (7212) 56-26-27

Ринат Фаритович Низаметдинов

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, старший преподаватель кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212) 56-26-27

Алексей Александрович Нагибин

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27

В статье рассмотрены основные инновационные проекты, внедряемые в маркшейдерское дело, существующий образовательный процесс на кафедре маркшейдерского дела и геодезии КарГТУ и результаты проведенного Первого Съезда маркшейдеров Казахстана.

Ключевые слова: инновации, образовательный процесс, приоритеты развития маркшейдерских служб, Первый Съезд маркшейдеров Казахстана.

INNOVATIONS IN MINE SURVEY

Farit K. Nizametdinov

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, director of "Mine survey and geodesy" department, prof., doctor of engineering, tel. 8(7212) 56-26-27, e-mail: niz36@mail.ru

Rinat F. Nizametdinov

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, assistant professor of "Mine survey and geodesy" department, cand.tech.sci., tel. (7212) 56-26-27

Alexey A. Nagibin

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, postgraduate student of "Mine survey and geodesy" department, tel. (7212) 41-11-88, e-mail: alex_e1@mail.ru

In article the basic innovative projects introduced in mine surveying, existing educational process on mine survey and geodesy department of KSTU and results of the spent First Congress of mine surveyors of Kazakhstan are considered.

Key words: innovations, educational process, priorities of development of mine survey, the First Congress of mine surveyors of Kazakhstan.

Богата и разнообразна месторождениями полезных ископаемых наша Республика, обладающая крупной минерально-сырьевой базой. Она занимает ведущие позиции в мире по большинству важнейших для промышленности металлов, таких как железо, медь, свинец, цинк, золото, уран, марганец, хром, никель, а также угля. Эти месторождения разрабатываются открытым и подземным способами крупными горнодобывающими компаниями: ТОО «Корпорация Казахмыс», АО «ССГПО», АО «Казцинк», ТОО «Алтынтау Кокшетау», Угольный департамент АО «Арселор Миттал Темиртау», ТОО «Экибастуз комир», АО «Шубарколь комир» и др. Успешное ведение горных работ на этих предприятиях, с точки зрения рациональной и безопасной их отработки, обеспечивается надежной работой маркшейдерских служб.

Современная маркшейдерская служба, должна отвечать самым высоким требованиям в части своей оснащённости. Она должна иметь новые точные и высокопроизводительные приборы, такие как электронно-лазерный и безотражательный тахеометры, глобальный спутниковый приемник (GPS), сканирующие системы в виде 3D сканеров и геотомографов, геоинформационные системы и программные продукты, системы контроля и управления состоянием горного массива. Маркшейдерской службе на горных предприятиях необходимо решать различные задачи, связанные с изучением формы залегания полезных ископаемых и распределением количественных и качественных его свойств; производством геодезических съемок на земной поверхности и маркшейдерских - в горных выработках с изображением их на планах горных работ, разрезах и других графических и электронных материалах; заданием направлений горных выработок и контролем правильности их проведения; планированием развития горных работ на ближайшую и проектную перспективу; контролем полноты выемки полезных ископаемых из недр, учетом и анализом движения запасов.

В работе маркшейдерских служб на современном этапе существует целый ряд инновационных направлений:

- Широкое внедрение электронных и лазерных тахеометров при задании и съемке положения горных работ как на открытых, так и на подземных разработках, которые повышают производительность и качество съемочных работ, их оперативность, а также позволяют автоматизировать процесс обработки данных с целью получения результатов в цифровом виде (рис. 1, 2).



Рис. 1. Наблюдения с электронным тахеометром на карьере



Рис. 2. Доц. Ожигин С.Г. проводит занятия по изучению электронного тахеометра

– Появление роботизированных электронных тахеометров совмещенных с GPS измерениями позволяет создать на открытых разработках автоматизированные системы наблюдений за состоянием горного массива;

– Адаптация глобальных спутниковых систем (GPS), которые позволяют с высокой точностью находить координаты точек на земной поверхности. Полученная цифровая информация о положении характерных точек земной поверхности или снимаемого объекта служит основой создания электронных планов и карт. Широкое внедрение GPS технологий осуществляется на открытых разработках при выносе проектных данных в натуру, при съемке положения забоев, задании и контроле положения взрывааемых скважин, съемке рудных складов и получении топографии различных участков земной поверхности (рис. 3).



Рис. 3. Исследование сдвижения приборного массива на карьере «Варваринское» с помощью GPS

– Внедрение технологии лазерного сканирования, основанной на использовании 3D сканеров для пространственных моделей снимаемого объекта. Плотность сканирования точек зависит от дальности и может достигать десятых долей миллиметра. Для производства работ необходима лишь прямая видимость сканируемой поверхности. В процессе обработки данных измерений получают трехмерную модель (рис. 4, 5).

Трехмерная цифровая модель карьера позволяет решать задачи: вычислять объемы вскрыши и добычи полезных ископаемых в процессе ведения горных работ; исследовать структуру прибортового массива с целью получения элементов залегания трещин, слоев и нарушений; вести мониторинг за деформированием прибортовых массивов путем сравнения цифровых моделей массивов во времени для определения величин смещений.

Большие возможности использования этой технологии открываются в шахтах для получения цифровых моделей горных выработок и выполнения основных маркшейдерских съемок: ориентировка шахты, съемка недоступных полостей забоев, определение объемов вынутой горной массы и учет потерь и разубоживания полезного ископаемого.

– Модернизация и адаптация современных геоинформационных систем: DATAMINE, GEMCOM, SURPAC, CAMARA и др., которые позволяют на новом уровне вести работы по проектированию горных предприятий, планированию ведения горных работ и получению всей горно-геологической и маркшейдерской информации в цифровом виде. На сегодня практически все маркшейдерские службы крупных горнодобывающих предприятий оснащены программными продуктами для решения горных и геолого-маркшейдерских задач (рис. 6).



Рис. 4. Работа сканера
на угольном разрезе



Рис. 5. Сканирование борта
карьера Нурказган



Рис. 6. Учебная лаборатория
«Автоматизация маркшейдерско-геодезических измерений»

Выше приведенные инновации в маркшейдерском деле требуют дальнейшего внедрения их на горнодобывающих предприятиях, что позволяет решать производственные задачи на современном технологическом уровне, соответствующем Стратегии инновационного развития экономики Республики Казахстан.

В связи активным развитием и внедрением новых приборов и методик измерений в маркшейдерском деле ВУЗы, ведущие подготовку маркшейдеров, должны находиться на соответствующем уровне. Флагманом подготовки маркшейдерских кадров в Казахстане на сегодня является кафедра маркшейдерского дела и геодезии Карагандинского государственного технического университета (КарГТУ), которая имеет самую современную материально техническую базу с наличием электронных и роботизированных тахеометров, цифровых нивелиров, 3D сканера, томографа, глобальной спутниковой системы (GPS), включающей базовую станцию и ровер и лазерных рулеток. Это стало возможным благодаря тесным творческим контактам с фирмой «Leica Geosystems» (Швейцария). Для которой кафедра стала одной из экспериментальных площадок по изучению внедрению новых приборов и методик при обучении студентов и повышении квалификации маркшейдеров. Создана уникальная учебная лаборатория: «Автоматизация маркшейдерско-геодезических измерений» с наличием цветного плоттера, цифрового видеопроектора и программных продуктов: CREDO, LISCAT, GEMCOM, САМАРА, компьютеров на 25 рабочих мест.

Большая работа кафедрой маркшейдерского дела и геодезии проведена по созданию учебно-методической базы подготовки бакалавров и магистров, включая учебные планы специальностей, типовые учебные программы по дисциплинам на казахском и русском языках. Учебно-методические комплексы дисциплин пополнены электронными учебниками, учебными пособиями, методическими указаниями для проведения лабораторных и практических занятий. За последние годы опубликовано: монографий научного плана,

учебников и учебных пособий-28, методических указаний-52, электронных учебников - 50, слайд-лекций – 90 и мультимедийных презентаций - 6 штук.

Студенты, обучающиеся на кафедре, имеют возможность заниматься научно-исследовательской работой, изучать самую современную маркшейдерско-геодезическую технику, что соответствует Концепции развития образования в Республике Казахстан на период до 2015 г.

Мощный кадровый состав кафедры представлен 6 докторами технических наук, профессорами, 12 кандидатами технических наук, доцентами, 2 магистрами наук. Остепенённость кафедры составляет более 70%. Можно с уверенностью сказать, что на кафедре восстановлена научная школа в области маркшейдерии и геомеханики, созданная чл.-корр. НАН РК Поповым И.И.

Научная работа кафедры ведется в рамках двух лабораторий: кафедральной «Маркшейдерия, геомеханика и геометризация недр» и университетской инженерного профиля «Комплексное освоение ресурсов минерального сырья». Тематика научных исследований направлена на обеспечение устойчивости откосов уступов и бортов карьеров, создание геомеханического мониторинга прибортовых массивов карьеров, внедрение цифровых технологий с использованием 3D-сканеров на горных и строительных производствах. Ежегодный объем финансирования научных исследований составляет порядка 40,0 млн.тенге.

В научном плане кафедра имеет тесные связи с проектными организациями: головной Жезказганский проектный институт ТОО «Корпорация Казахмыс», ТОО «Карагандагипрошахт», Казахский научно-исследовательский институт безопасности горной промышленности, а также с горнодобывающими предприятиями: ТОО «Корпорация Казахмыс», АО «ССГПО», АО «Шубарколь комир», ТОО «Алтынтау Кокшетау», ТОО «Восточное рудоуправление», ТОО «Сары-Арка ЭНЕРЖИ», АО «Жайремский ГОК» и др.

Наличие на кафедре учебных и научных лабораторий оснащенных современным оборудованием и программным обеспечением позволяет вести подготовку специалистов горного и маркшейдерско-геодезического профиля на качественно новом уровне.

В повседневной деятельности маркшейдерских служб горных предприятий, а также при подготовке маркшейдерских кадров накопились серьезные проблемные вопросы, которые рассматривались 6-7 октября 2011г. на Первом Съезде маркшейдеров Казахстана, который проводился в стенах КарГТУ. В работе Съезда приняли участие делегаты (главные маркшейдера) из 26 предприятий, среди которых АО «Арселор Миттал Темиртау», ТОО «Корпорация Казахмыс», ТОО «Экибастуз комир», АО «Шубарколь комир», АО «ССГПО», АО «Казцинк» и др. Представители швейцарской фирмы: «Leica GEOSYSTEMS» по выпуску современных геодезических приборов и оборудования и внедрению новых технологий: руководитель офиса в Азии и Восточной Европе господин Джерби Э., менеджер Briers M.C.; заведующие кафедрами маркшейдерского дела и геодезии России из Санкт-Петербургского государственного горного университета Мустафин М.Г. – д.т.н., академик АГН

РФ, Московского государственного горного университета Руденко В.В. – д.т.н., академик АГН РФ, Уральского государственного горного университета Гордеев В.А. – д.т.н., академик АГН РФ; профессора, д.т.н. из вузов Казахстана: Казахского национального технического университета (г. Алматы): Жаркимбаев Б.М., Нурпеисова М.Б., Касымханова Х.М., Калыбеков Т.К., Восточно-Казахстанского государственного технического университета (г. Усть-Каменогорск) Ипалаков Т.Т., Казахского агротехнического университета (г. Астана) Нуржумин Е.К., Карагандинского государственного технического университета: 20 преподавателей, возглавляемые зав. кафедрой МД и Г, проф. Низаметдиновым Ф.К., и 250 студентов специальностей «Горное дело» и «Геодезия и картография»; проектных и научных организаций: Караганда ГИПРОШАХТ и К*, Жезказганский головной проектный институт и ИГД им. Кунаева Д.А. и коммерческих структур: GEMCOM, EATC-Алматы, EATC-Караганда (рис. 7, 8).

На Съезде маркшейдеров Казахстана было принято решение о создании постоянно действующего Союза маркшейдеров РК. Основная цель создания Союза - объединение усилий маркшейдеров для совместного решения профессиональных задач. Представлен, обсужден и утвержден Устав Союза, выбран Центральный Совет в количестве 21 человека и Президент Союза, принято решение об издании специального журнала «Маркшейдерский вестник Казахстана», который будет публиковать передовой опыт выполнения маркшейдерских работ и научные достижения в области маркшейдерии, геомеханики и геодезии.



Рис. 7. Участники Президиума Съезда



Рис. 8. Участники Съезда

По материалам выступлений ученых-педагогов и главных маркшейдеров выявлены проблемные вопросы в сфере подготовки маркшейдерских кадров и производственной деятельности маркшейдерских служб.

Для повышения качества подготовки следует включить в номенклатуру специальностей бакалавриата специальность «Маркшейдерское дело»; увеличить количество часов на проведение учебных и производственных практик; организовать проведение учебных практик на действующих шахтах или карьерах, а прохождение производственных и преддипломных практик - на рабочих местах; обеспечить приобретение вузами передовой техники и

технологий маркшейдерско-геодезического направления; организовать прохождение повышения квалификации (стажировок) преподавателями вуза на горнодобывающих предприятиях и ведущих ВУЗах республики, ближнего и дальнего зарубежья.

Для улучшения деятельности маркшейдерских служб следует разработать нормативно-правовую базу, отвечающую современному уровню развития техники и технологии и отразить её в «Положении о маркшейдерской службе предприятий»; разработать номенклатуру необходимых приборов и оборудования для маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий, обязывающих руководителей предприятий приобретать их в обязательном порядке; разработать вопрос об увеличении оплаты труда специалистов маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий; создать положение о геомеханических группах предприятий в составе маркшейдерских служб; шире внедрять геоинформационные системы в геолого-маркшейдерскую практику; разработать новую редакцию «Инструкции по производству маркшейдерских работ»; организовать Центры по повышению квалификации маркшейдерско-геодезических кадров при ведущих вузах Казахстана.

Приоритетами развития маркшейдерского дела в XXI веке должны стать следующие направления:

- Внедрение в маркшейдерско-геодезическую практику инновационных технологий (современных приборов и оборудования, ГИС для обработки результатов измерений, управления качеством полезного ископаемого и планирования горных работ);

- Разработка современной нормативно-правовой базы работы маркшейдерской службы горных предприятий (положение о маркшейдерской службе, инструкции по производству маркшейдерских работ);

- Изучение геомеханических процессов, происходящих при разработке месторождений полезных ископаемых и составление инструкции по обеспечению устойчивости карьерных откосов.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Владимир Дмитриевич Астраханцев

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, доцент кафедры инженерной геодезии, тел. (383) 266-24-81

Рассматриваются в сравнении импульсный и фазовый методы измерения расстояний геодезическими приборами, проведен анализ преимуществ лазерных тахеометров и сканеров.

Ключевые слова: геодезические работы, топографические съемки, методы измерения расстояний, лазерное излучение, тахеометр, лазерное сканирование.

FEATURES OF CURRENT GEODETIC WORKS TECHNIQUES

Vladimir D. Astrakhantsev

Assoc. Prof., department of geodesy, Siberian State University of Communication, 191 D. Kovaltchukst., phone: . (383) 266-24-81

Pulse and phase techniques are compared, as concerns distance measurement with geodetic instruments. The advantages of laser tacheometers and scanners are shown.

Key words: geodetic works, topographic surveys, distance measurement techniques, laser emission, tacheometer, laser scanning.

Выполнение геодезических и топографических работ в условиях происходящего технического прорыва подразумевает очень широкое разнообразие технологических возможностей. Компьютерные технологии и каждое новое техническое решение, позволяющее по-новому выполнять геодезические измерения (работы), вызывают изменение не только технологии, но и является стимулом для создания новых методик работы и разработки алгоритмов по выполнению обработки полученных результатов.

В последнее время произошел очередной технологический прорыв - в геодезии стали широко использоваться приборы на основе лазерных источников излучения.

Появление безотражательных электронно-оптических дальномеров произвело революцию в топографо-геодезической съемке, позволив выполнять измерения расстояний без использования отражающих призм. При этом съемочные работы может выполнять один исполнитель - снижается трудоемкость и стоимость работ, повышается их качество и безопасность.

Лазерное излучение представляет определенную опасность поражения зрения человека при случайном попадании луча в его глаза, поэтому при работе с такими приборами необходимо применять все меры, исключающие такую возможность. Имеются предположения о возможном негативном влиянии

генератора лазерного излучения на частоту сердечных сокращений оператора, работающего с приборами длительное время. Других вредностей и опасностей все выпускаемые лазерные приборы не имеют, они удовлетворяют всем требованиям стандартов лазерной безопасности и имеют соответствующую сертификацию.

Сейчас в безотражательных системах используются электронные дальномеры двух типов: импульсные дальномеры и фазовые дальномеры.

Измерения импульсными дальномерами основаны на принципе измерения времени прохождения сигнала до цели и обратно. Временной интервал от момента посылки до момента приема отраженного сигнала точно измеряется электронными средствами. Расстояние между целью и инструментом вычисляется по времени прохождения каждого импульса и скорости прохождения света в среде.

Измерения фазовыми дальномерами основаны на методе сравнения фаз переданного и принятого отраженного сигнала, по величине смещения этих фаз и вычисляется расстояние.

Особенности конструкции используемых приборов определяют несколько меньшую точность импульсного метода в сравнении с фазовым. По тем же причинам мощность излучения импульсных дальномеров выше, чем фазовых. Поэтому, используя импульсный метод, возможно измерить значительно большие расстояния. На дальность измерений расстояний влияет и отражательная способность «мишени», так как она определяет величину отражаемого сигнала. При высокой отражательной способности цели импульсный дальномер измеряет расстояния на порядок большие, чем фазовый.

Импульсные дальномеры имеют также преимущество и по продолжительности процесса измерения. Так, на максимальных дальностях импульсные приборы производят измерения в 3 - 4 раза быстрее, чем фазовые.

При выполнении работ луч прибора может быть прерван внезапно возникшим препятствием: пешеходом, транспортными средствами и др. Поскольку импульсный лазер генерирует именно прерывистый сигнал, импульсный метод менее чувствителен к прерыванию сигнала, чем фазовый.

В некоторых случаях вдоль линии визирования располагаются несколько объектов, в том числе «прозрачных частично» (кроны деревьев, ажурные конструкции, провода ЛЭП и др.). Чтобы снизить влияние таких помех, исключить ошибочные измерения, применяется задание диапазона измерений - «до», «свыше» или «в интервале от и до» некоторых расстояний. Программное обеспечение инструмента позволяет задавать требуемую среднеквадратическую ошибку измерения расстояний.

Кроме того, некоторые безотражательные электронно-оптические дальномеры могут работать в режиме сканирования поверхности. В этом случае прибор сам автоматически производит съёмку определенного участка местности, объекта или ситуации с заданным исполнителем шагом сканирования.

В связи с приходом таких технологий появился новый класс геодезических приборов - лазерные тахеометры и лазерные сканеры.

Несмотря на то, что и в лазерных тахеометрах и в лазерных сканерах используется лазерный луч, приборы различаются не только по названию, но и по их технологическим возможностям.

Лазерные сканеры производятся сравнительно недавно, поэтому имеют некоторые конструктивные особенности, ограничивающие их использование при низких температурах в зимнее время, некоторые модели пока еще громоздки, имеют большой вес. В сравнении с лазерными электронными тахеометрами лазерные сканеры имеют ряд технологических преимуществ:

1. Очень высокая скорость сканирования (до 50000 точек в секунду).
2. Практически неограниченный диапазон сканирования по горизонтали и по вертикали.
3. Возможность работы при любом освещении.
4. Высокая информативность получаемых результатов съемки. В последующем полученные материалы могут быть основой для множества вариантов проектирования, исследования динамики процессов, мониторинга состояния объектов при последующих наблюдениях и т.д.

Свои преимущества есть и у лазерных электронных тахеометров:

1. Мобильность, малый вес и небольшие габариты.
2. Адаптированность существующих моделей к работе в самых разных, в том числе экстремальных климатических условиях.
3. Значительно меньшая себестоимость работ на небольших объектах несложной конфигурации.
4. Некоторые модели имеют функцию сканирования в ограниченных пределах.

Каждый метод измерений предназначен для решения конкретных задач и используется в различных приложениях. Изложенное сравнение достоинств и недостатков каждого метода позволяет обосновать выбор того метода и таких приборов, которые наилучшим образом подойдут для работы в конкретных производственных и природных условиях.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОГЕНЕРАТОРА

Виктор Александрович Скрипников

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доцент кафедры инженерной геодезии и информационных систем, кандидат технических наук, тел. (383)3432955, e-mail: v.a.scripnikov@ssga.ru

Маргарита Александровна Скрипникова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ведущий инженер кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. (383)3432955, e-mail: m.a.scripnikova@ssga.ru

В статье рассмотрены основные элементы технологической схемы геодезического обеспечения реконструкции гидрогенератора.

Ключевые слова: геодезическое обеспечение, реконструкция гидрогенератора.

THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF GEODETIC SURVEYING OF RECONSTRUCTION OF THE HYDROGENERATOR

Victor Al. Skripnikov

The Siberian state geodetic academy, 630108, the city of Novosibirsk, street Plahotnogo 10, Cand.Tech.Sci., the senior lecturer of chair of an engineering geodesy and information systems, tel. (383) 3432955, e- mail: v.a. skripnikov@ssga.ru

Margarita Al. Skripnikova

The Siberian state geodetic academy, 630108, the city of Novosibirsk, street Plahotnogo 10, Cand.Tech.Sci., the engineer of chair of an engineering geodesy and information systems, tel. (383) 3432955, e- mail: m.a. skripnikova@ssga.ru

The article basic elements of the technological scheme of geodetic surveying of reconstruction of the hydrogenerator are considered.

Key words: geodetic surveying, reconstruction of hydrogenerator.

В последние годы в гидроэнергетическом строительстве возникла необходимость в реконструкции гидрогенераторов, которые выработали свой ресурс. При проведении этих работ имеют место следующие варианты реконструкции:

- а) Замена всего гидрогенератора, т.е. Турбины и генератора в целом;
- б) Замена генератора в целом или только его ротора или статора;
- в) Замена только турбинной части, т.е. Её рабочего колеса и камеры.

Необходимо отметить, что конструкция гидрогенератора вертикальная: турбина располагается внизу, а генератор находится над ней. Монтаж гидрогенератора производится снизу-вверх, т.е. сначала производится монтаж

его турбинной части, а затем генераторной. При этом турбинная часть является базой, к которой затем соответствующим образом присоединяется генераторная часть. В зависимости от вариантов реконструкции проводятся различные по объёму строительно-монтажные работы и применяются различные комплексы высокоточных инженерно-геодезических измерений. Так, при замене всего гидрогенератора, на его место устанавливается новый гидрогенератор и для этого случая разработана и применяется технологическая схема производства высокоточных инженерно-геодезических измерений.

При замене генератора происходит центрирование (обеспечение соосности роторов турбины и генератора) его к ротору турбины, после чего выполняется закрепление необходимых частей путём бетонирования. При замене турбинной части возникает задача нахождения центра статора генератора, по отношению к которому будет выполняться дальнейший монтаж всего гидрогенератора. В этом случае статор (его центр) генератора является базой, к которой затем будет присоединяться турбинная часть гидрогенератора. При этом необходимо иметь в виду, что центр статора генератора является центром окружности диаметром, для нашего случая, 11980 мм, положение которого необходимо определить с ошибкой не хуже 1-2 мм [1].

Монтаж гидрогенератора требует обеспечение высокой точности (наклон не более 0,02 мм на 1 метр высоты) при выверке вертикальности ротора турбины, обеспечения соосности роторов турбины и генератора (не более 0,03 мм), а также высокой точности и для других геометрических параметров.

Для обеспечения реконструкции гидрогенератора по третьему варианту нами разработана следующая общая технологическая схема проведения инженерно-геодезических измерений, которая включает в себя:

- Определение вертикальности стенок статора генератора;
- Измерение диаметра статора генератора по трём направлениям (три диаметра);
- Определение положения центра статора генератора;
- Перенос центра статора генератора вниз на уровень низа лопастей турбины;
- Перенос центра опорного кольца турбины вниз на уровень низа лопастей турбины;
- Определение высотного положения опорного кольца турбины;
- Установка в проектное положение камеры турбины.

Определение вертикальности стенок статора генератора необходимо для выбора методики определения его центра. Высота стенок статора гидрогенератора, геометрию которого необходимо определять, может быть до нескольких метров. Статор собирается из секторов и поэтому для проверки вертикальности стенок каждый из секторов статора размечается на несколько частей в плане и на три-четыре яруса по вертикали (рис. 1а, б) [2].

При определении вертикальности за исходный ярус, относительно которого вычисляются отклонения, как правило, берётся верхний ярус А. Отсчёты l по

шкале штангенциркуля производятся относительно струны отвеса, подвешенного на расстоянии 20-30 мм от металла статора на каждом интервале; точность измерений 0,2- 0,1 мм. По результатам съёмки составляется схема по каждому сечению, на основании которой определяется форма каждого сечения относительно верхнего сечения. При незначительных, до 0,5 мм, отклонений от вертикали, за основной ярус для определения центра статора выбирается наиболее удобный для измерений. При значениях отклонений более 1 мм (при допуске 1,5 мм) необходимо определить на статоре ярус (или промежуточное положение между ярусами), который обеспечивает минимальные отклонения от вертикали, при определении его в качестве исходного.

Определение центра статора может быть выполнено при помощи стрелы [2], устройство которой требует больших затрат времени или, в зависимости от условий измерений, следующими двумя способами.

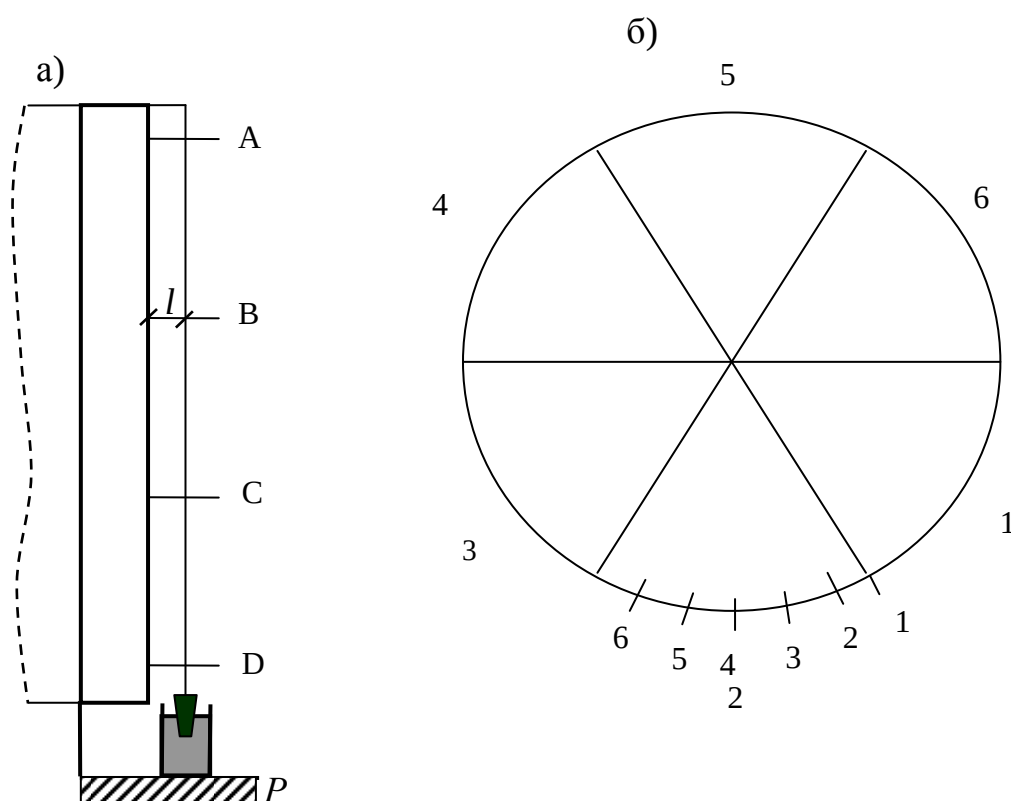


Рис. 1. Схема определения геометрии статора:

а) разметка секторов статора, б) определение вертикальности

Первый способ заключается в непосредственном измерении трёх диаметров статора (рис. 1, а) высокоточным тахеометром. Для этого тахеометр способом последовательных приближений устанавливается примерно в центре статора на крестовине с максимально возможной точностью. Точность определения центра статора, при применении высокоточного тахеометра или высокоточной дальномерной насадки, как показал опыт, составляет не более 1 мм.

Второй способ заключается в нахождении и фиксации центра статора пересечением трёх струн, натянутых по диаметрам на исходном ярусе. Положение диаметров определяется серединами шести секторов статора. Величины сторон треугольника ошибок в месте пересечения струн не должны быть более 1,0 мм. Для контроля эллиптичности кольца статора выполняется измерение тахеометром диаметров с верхней плиты фундамента генератора вдоль струн, вдоль потока и перпендикулярно ему по схеме, приведённой на рис. 2.

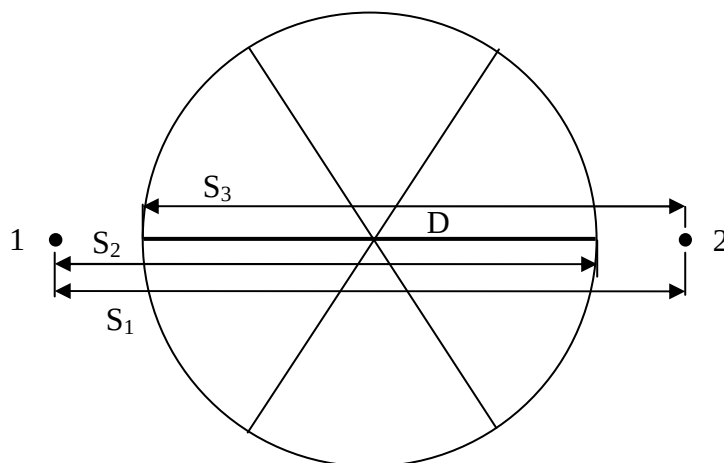


Рис. 2. Схема измерения диаметра статора

Измерения расстояний выполняются с точки стояния прибора 1 до активной стали статора (S_2) по створу и до точки 2 (S_1), закреплённой на плите. Далее, прибор устанавливается на точке 2 и измерения выполняются с точки стояния прибора до активной стали статора по створу (S_3) и, для контроля, до точки 1 (S_1).

Перенос центра статора генератора вниз на уровень низа лопастей турбины выполняется с применением прибора вертикального проектирования. Для этого на уровне нижней части камеры рабочего колеса изготавливается монтажная площадка, позволяющая безопасно выполнять строительно-монтажные работы и пригодная для работы по закреплению осей и устойчивой установки геодезических приборов на штативе. На поверхности монтажного пола закрепляется центр, имеющий возможность перемещения по двум направляющим, вдоль потока и перпендикулярно ему. После этого над ним с помощью оптического центрира устанавливается прибор вертикального проектирования на штативе с центрировочным столиком (рис. 3).

Перемещая прибор вертикального проектирования в горизонтальной плоскости, добиваются совмещения перекрестия сетки нитей зрительной трубы с перекрестием струн с ошибкой не хуже 0,5 мм. При смещении перекрестия сетки нитей оптического центрира прибора вертикального проектирования с центра, этот центр смещается до совмещения его с пересечением сетки нитей оптического центрира прибора.

Центр опорного кольца турбины должен совпадать с центром статора генератора с точностью не более 1 мм. Для определения этого центра на опорном кольце турбины имеются четыре монтажные риски (две по потоку воды и две поперёк потока), от которых ранее при первоначальном монтаже выставлялся ротор. Между монтажными рисками натягиваются струны, пересечение которых и даёт центр статора. Для контроля нахождения центра, необходимо определить ещё как минимум один диаметр. Для этого на уровне кольца статора устанавливается монтажный мостик и крестовина из швеллера для установки электронного тахеометра, таким образом, чтобы имелась возможность центрирования над пересечением струн.



Рис. 3. Закрепление центра камеры рабочего колеса

Для повышения точности центрирования рекомендуется применять центрировочный столик, дающий возможность перемещать тахеометр в двух взаимно-перпендикулярных направлениях в пределах нескольких миллиметров с точностью 0,1 мм. Установив одну из направляющих столика вдоль струны, измеряют радиусы от точки пересечения струн до стенок кольца. Средняя квадратическая ошибка измерения радиуса, вычисленная из многократных измерений, не должна превышать 0,25 мм, что позволит обеспечить проверку эллиптичности внутреннего диаметра, допуск на которую равен 2 мм. Как показал опыт применения электронного тахеометра TCRP 1201+ при монтаже гидрогенератора, такая точность вполне достижима при расстояниях до 10 - 15 м. Измерив диаметр вдоль струны, измеряют для контроля другие диаметры, концы которых можно отметить на кольце, допустим, через 1-2 см по обе стороны от струны на одной из сторон кольца. Получив максимальное значение

диаметра на одной из точек, фиксируют направление истинного диаметра на кольце. Зная угол между направлением струны и направлением истинного диаметра и величину смещения, равную половине разности радиусов, вычисляют величины смещений тахеометра вдоль направляющих центрировочного столика. Для контроля измеряют диаметры, расположенные, допустим, через 30 градусов от начального диаметра. Если эллиптичность кольца не превышает допуска, закрепляют два взаимно перпендикулярных диаметра струнами.

Определение высотного положения опорного кольца турбины выполняется высокоточным геометрическим нивелированием. Для этого на кольце отмечаются восемь точек, четыре вдоль монтажных рисок и четыре посередине между ними. Нивелирование выполняется веерообразно, для контроля с двух станций. В зависимости от допуска на горизонтальность поверхности кольца, устанавливаются допуски на разности превышений, полученные с двух станций.

Проверка геометрии камеры рабочего колеса выполняется измерением её диаметров в соответствии с рабочими чертежами, относительно закреплённого на монтажном поле центра с применением высокоточного электронного тахеометра.

Предложенные методики измерений были реализованы при реконструкции гидрогенератора. Их внедрение позволило значительно сократить время выполнения работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технические условия на монтаж гидрогенераторов / Минэнерго СССР. М.: Информэнерго. –1975. – С. 123.
2. Агеев Ю.Н., Богданов Н.Н. Ремонт гидрогенераторов / Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние. –1982. –С. 200.

© В.А. Скрипников, М.А. Скрипникова, 2012

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ДЕФОРМАЦИОННЫХ МАРОК ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДЕФОРМАЦИЙ СООРУЖЕНИЙ

Евгений Валерьевич Хорошилов

Строительный трест № 36, 630100, г. Новосибирск, инженер-геодезист, тел. 8-863-354-82-55.

Юрий Павлович Гуляев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, д.т.н., профессор кафедры геодезии, тел. 8-863-344-36-60, e-mail: yurgulyaev@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с формированием статистически однородных групп из деформационных марок при построении кинематической модели для качественного описания исследуемого деформационного процесса.

Ключевые слова: деформационный процесс, статистически однородные группы, коэффициент вариации.

DEFORMATION MARK SELECTION WHILE DEVELOPING KINEMATIC MODEL FOR STRUCTURE DEFORMATION EXAMINATION

Yevgeny V. Khoroshilov

Geodetic engineer, construction trust # 336, 63100 Novosibirsk, phone: 8-863-354-82-55

Yury P. Gulyaev

Ph.D., Prof., department of geodesy, Siberian, State Academy of Geodesy, phone: . 8-863-344-36-60, e-mail: yurgulyaev@mail.ru

The problems of creating statistically homogeneous groups of deformation marks for developing kinematic model are considered. It is to be used for qualitative determination of the deformation process under study.

Key words: deformation process, statistically homogeneous groups, variation coefficient

Необходимыми этапами построения кинематической модели при изучении деформаций инженерных сооружений являются: выбор периодов основания прогноза и упреждения, выделение статистически однородных групп реализации моделируемого деформационного процесса, оценка линейности и нормальности распределения в каждом сечении (цикле наблюдений). Возможна также совместная оценка нормальности распределения по всем сечениям, включаемым в период основания прогноза. Результаты такого анализа представляют по существу важные этапы структурной идентификации кинематической модели.

Покажем на двух конкретных примерах особенности выбора фрагментарных вариантов, каждый из которых состоит из пяти реализаций деформационного процесса. При этом один из вариантов обеспечивает необходимую точность параметрической идентификации кинематической

модели с её последующей инверсной верификацией; другой – такой, на котором можно было бы продемонстрировать неблагоприятные последствия некорректного формирования исследуемой группы из пяти реализаций процесса.

В качестве исходных данных использованы результаты геодезических наблюдений за осадкой фундаментной плиты высотного здания МГУ [1].

Участок фундаментной плиты, на котором размещены осадочные деформационные марки с номерами 22, 23, 24, 25, 26 выделен как статистически однородный фрагмент; назовем его основным. Эти марки в каждом цикле наблюдений имеют примерно одинаковое размещение относительно ближайших изолиний, а значение осадки марок изменяются в небольшом диапазоне. Малый диапазон изменения значений осадки создаёт условия повышенной чувствительности в виде реакции на любые неточности выполняемого моделирования.

В другой вариант фрагментарного моделирования (дополнительный фрагмент) включены марки с номерами 33, 34, 35, 36, 37, расположенные в левой нижней части фундаментной плиты в зоне с существенным перепадом относительно положения изолиний, что предопределяет неблагоприятные условия моделирования процесса осадки этих марок.

Первоначальный этап анализа исходных данных заключается в визуальной оценке линейности развития процесса осадки в двух выделенных для исследований фрагментарных группах. При этом рассматриваются в каждом из двух фрагментов весь ряд выполненных наблюдений с самого их начала по 12-й цикл, включительно.

На рисунке 1 представлен график развития процесса осадки по основному фрагменту из марок с номерами 22, 23, 24, 25, 26. Отметим, что график визуально отражает линейное развитие процесса осадки от 6-го до 12-го цикла включительно с незначительными колебаниями реализаций в рамках статистической однородности.

Приведем количественную оценку изменения нескольких параметров основного фрагмента в пределах всей имеющейся экспериментальной основы от 2-го до 12-го цикла наблюдений. Такими взаимосвязанными параметрами являются поцикловые значения стандарта осадки, её средней величины и коэффициента вариации осадки [2]. Коэффициент вариации осадки вычисляется по формуле:

$$\tilde{v}_x(t_j) = \frac{\tilde{\sigma}_x(t_j)}{\tilde{m}_x(t_j)},$$

где $\tilde{\sigma}_x(t_j)$ – оценка стандарта осадки, вычисленная для времени t_j выполнения соответствующего цикла наблюдений; $\tilde{m}_x(t_j)$ – оценка среднего значения осадки в рассматриваемом сечении процесса (цикле наблюдений). Исследование коэффициентов вариации основывается на важной (выявленной из опыта) закономерности роста неравномерности осадки по мере возрастания её среднего значения. На этой закономерности основывается простой и

эффективный метод проектных расчётов оснований по деформациям, называемый «по предельно-допустимым средним осадкам». В тоже время, коэффициент вариации осадки может служить критерием, характеризующим ту или иную степень приближения конструкций здания к предельному состоянию. Наряду с этим, коэффициент вариации введён В. И. Сиськовым при исследованиях в экономической, социальной и других областях как мера статистической однородности: «однородными по составу однотипные элементы признаются групповой совокупностью, если коэффициент вариации не превышает значения равного 0,33» [3].

Очевидно, что значения осадки марок в каждом цикле наблюдений представляют однотипную группу элементов, статистическая однородность которых может оцениваться с помощью коэффициента вариации по вышеуказанному критерию. При этом критериальная допустимость и даже равенство коэффициентов вариации в различных циклах наблюдений не означает межцикловую статистическую однородность, если различные циклы не группируются по близости средних значений осадки. Полагаем, что внутрицикловая критериальная статистическая однородность может рассматриваться в нашем случае как общая характеристика однородности изучаемого процесса осадки. Хотя при различных значениях средней осадки между циклами наблюдений коэффициенты вариации отражают изменение деформационного состояния контролируемого здания. Интерпретация такого изменения может производиться с помощью дисперсионного анализа или на основании накопленного опыта исследований. При этом критерии степени деформируемости зданий в корне отличаются от рассмотренной выше оценки статистической однородности. Опыт исследований установлено, что в эксплуатационный период значения коэффициента вариации осадки $\tilde{v}_x(t_j)$ порядка 0,2 указывают на возможность трещинообразования в конструкциях; предельному состоянию по непригодности к нормальной эксплуатации соответствует значение, изменяющееся от 0,3 до 0,7; а предельное состояние по непригодности к эксплуатации возникает при значении коэффициента вариации, равном примерно 1 [1].

Отметим также, что коэффициенты вариации осадки целесообразно вычислять вначале по результатам наблюдений за осадкой всех марок, заложенных в фундамент сооружения, чтобы оценить в целом изменение его состояния и поведения. Затем следует выявить и аналогично исследовать наиболее неблагоприятные участки. Выявленные возрастания коэффициентов вариации покажут, когда возникло неблагоприятное течение процесса осадки, а снижение значений коэффициентов вариации отразит улучшение поведения и состояния деформирующегося сооружения (см. табл. 1). Желательно также исследовать с помощью коэффициентов вариации процесс накопления разности осадок симметричных марок, который может помочь оценить характер влияния неоднородности грунтов основания на неравномерность осадки. Результаты анализа, выполненного с помощью коэффициентов вариации, необходимо сопоставлять с изменением факторов прогнозного фона и находить

соответствующие объяснения выявляемым особенностям развития процесса осадки. Одновременно нужно обосновывать выбор периодов основания прогноза (на которых должна строиться прогнозная модель) и периодов упреждения, а также выбирать реализации (марки), по которым необходимо выполнить прогноз.

Таблица 1. Изменение параметров осадки марок основного фрагмента

Циклы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	12
t_j	0	0,5	1,5	2,5	3,4	4,5	5,5	6,5	13,1	16,8	19,8	22,8
$\tilde{\sigma}_x(t_j)$		2,42	2,77	1,95	1,82	1,79	2,17	2,17	1,79	1,79	1,92	1,95
$\tilde{m}_x(t_j)$		9,8	20,2	45,6	54,4	58,2	59,8	60,8	67,2	72,2	74,2	78,4
$\tilde{\nu}_x(t_j)$		0,249	0,137	0,043	0,039	0,031	0,036	0,034	0,027	0,025	0,026	0,025

Обсудим содержание табл. 1, отражающей изменение рассматриваемых параметров осадки марок основного фрагмента на протяжении всех циклов выполненных наблюдений. Малые значения коэффициентов вариации осадки, проявившиеся с 4-го цикла и в дальнейшем преимущественно снижающиеся, отражают невысокую степень деформируемости исследуемого основного фрагмента фундаментной плиты.

Оценивать статистическую однородность по этому параметру можно лишь формально, поскольку каждое поцикловое значение коэффициента вариации соответствует различной величине средней осадки, существенно отличающейся в различных циклах наблюдений. Лишь в 6-м, 7-м, 8-м циклах средние значения осадки $\tilde{m}_x(t_j)$ близки между собой, а потому коэффициенты вариации в этих циклах можно рассматривать также как характеристики статистической однородности. Очевидно, что выполненный предварительно визуальный выбор статистически однородного фрагмента по расположению осадочных марок относительно изолиний осадки является более надёжным. Что интересно, данные, представленные в табл. 1 свидетельствуют о том, что коэффициент вариации осуществил «скачок» между 6 и 7 циклами наблюдений. Это наводит на мысль о том, что процесс развития осадки, начиная с 6-го цикла (включая все последующие циклы) стал развиваться по другому закону. А из [1] известно, что это неблагоприятное течение процесса осадки привело к появлению трещин в стенах жёсткости фундамента здания МГУ, и 9-й цикл наблюдений проводился уже после обнаружения трещин.

Перейдём к обсуждению графика развития процесса осадки марок с номерами 33, 34, 35, 36, 37, представляющих выбранный дополнительный фрагмент фундаментной плиты. График изображен на рис. 2; он отражает (как и основной фрагмент) характер изменения процесса на всём наблюдаемом протяжении времени по 12-й цикл, включительно. В сравнении с графиком основного фрагмента, изображённом на рис. 1, визуальное выражение линейности процесса осадки дополнительного фрагмента на выбранных

периодах основания прогноза и упреждения несколько снижено. Это наиболее заметно между 5-м и 6-м циклами, а также проявляется в меньшей мере между 10-м и 12-м циклами. Однако, в целом, на исследуемом временном интервале процесс осадки марок дополнительного фрагмента можно признать близким к линейному.

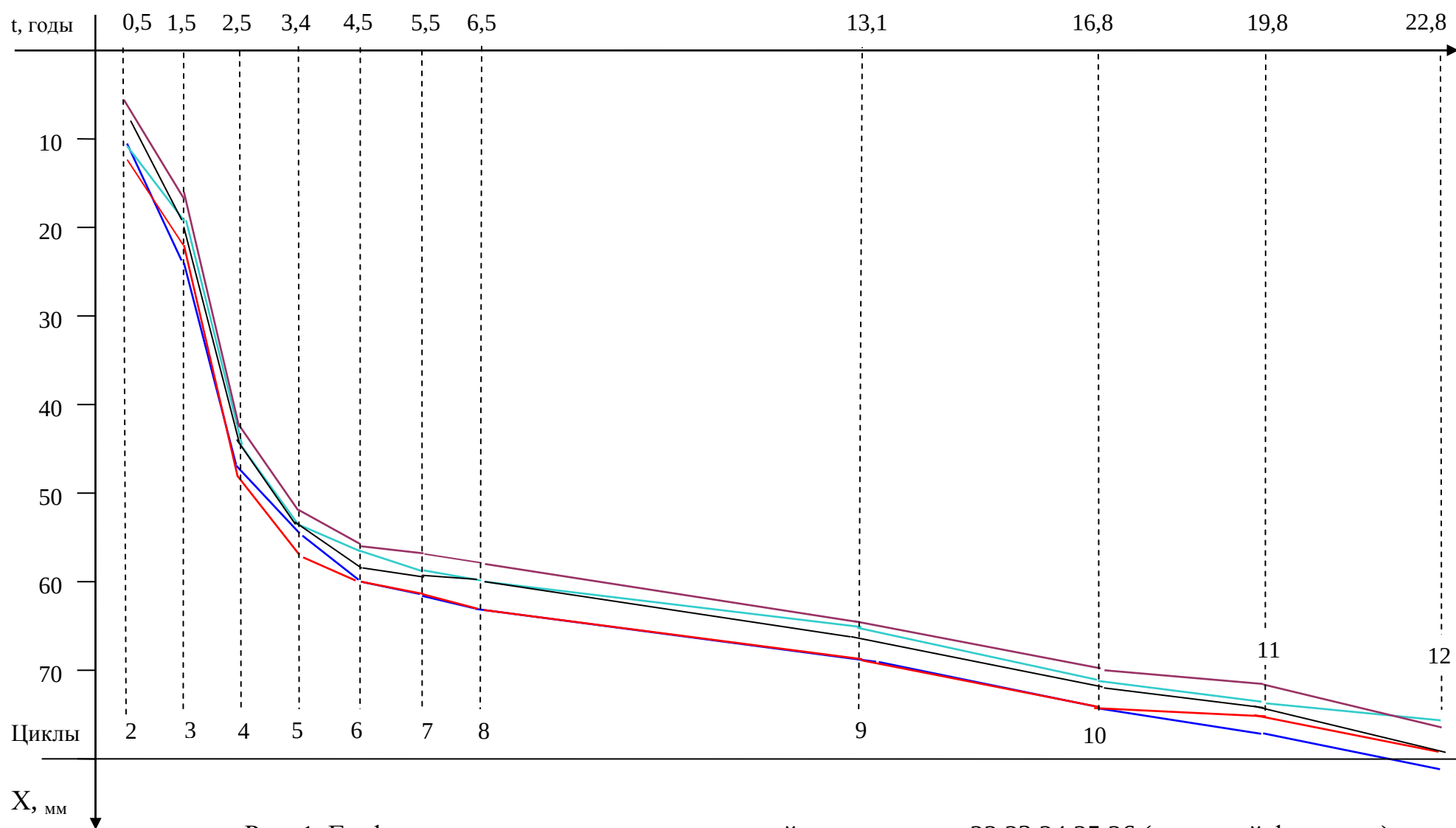


Рис. 1. График изменения во времени значений осадки марок 22,23,24,25,26 (основной фрагмент)

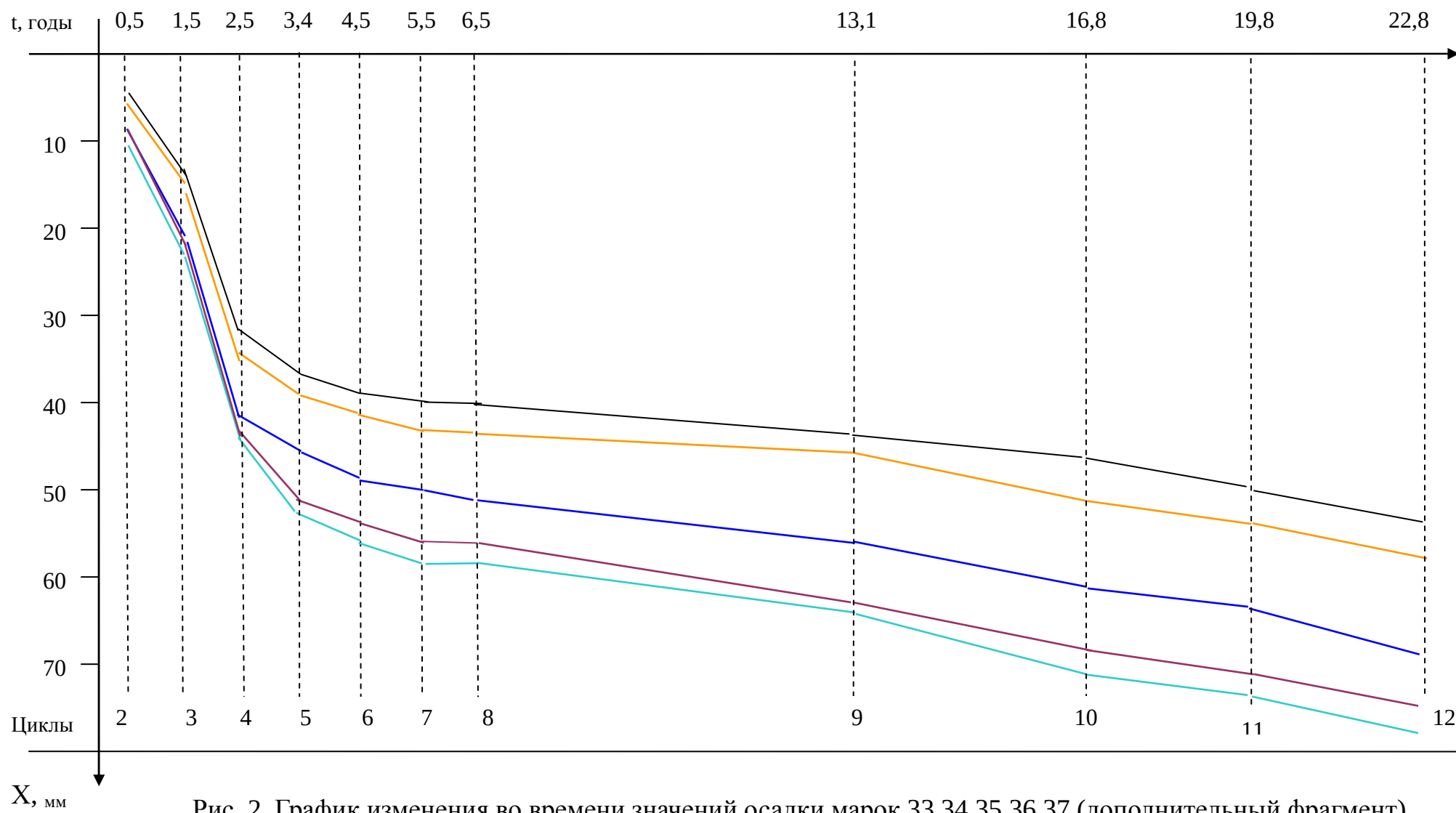


Рис. 2. График изменения во времени значений осадки марок 33,34,35,36,37 (дополнительный фрагмент)

Обращает на себя внимание, что средняя осадка марок $\tilde{m}_x(t_j)$ дополнительного фрагмента во всех циклах наблюдений, выполненных после завершения основных этапов строительства, существенно меньше, чем осадка всех марок основного фрагмента. При этом разброс значений осадки конкретных марок фрагмента составляет 36-40% от её средней величины. Такой характер развития осадки марок дополнительного фрагмента позволяет сделать ниже следующее заключение.

Положение осадочных марок дополнительного фрагмента выбрано на мало осевшем участке фундаментной плиты, но в различных частях зоны сгущённых изолиний. Это обусловило статистическую неоднородность осадки фрагмента при значительной её неравномерности, т.е. деформированности.

Оценим количественно изменение параметров осадки марок дополнительного фрагмента, приведенные в табл. 2 по аналогии с табл. 1. Сходство в изменении рассматриваемых параметров осадки между основным и дополнительным фрагментами выражается в следующем. В обоих фрагментах реакция значений коэффициента вариации осадки $\tilde{v}_x(t_j)$ на снижение строительной нагрузки проявляется, начиная с 4-го цикла наблюдений. В связи с близостью средних значений осадки в 6-м, 7-м, 8-м циклах наблюдений коэффициенты вариации осадки в этих циклах можно считать не только характеристикой степени деформированности дополнительного фрагмента, но и рассматривать как признак статистической однородности осадки на протяжении этих циклов. Различие заключается, прежде всего, в возрастании коэффициента вариации осадки до величины 0,16-0,18, что указывает на возможность трещинообразования в стенах жёсткости коробчатого фундамента на рассматриваемом участке дополнительного фрагмента при сравнительно небольшой его средней осадке.

Таблица 2. Изменение параметров осадки марок дополнительного фрагмента

Циклы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
t_j	0	0,5	1,5	2,5	3,4	4,5	5,5	6,5	13,1	16,8	19,8	22,8
$\tilde{\sigma}_x(t_j)$		2,17	4,18	5,89	7,08	7,65	7,86	7,90	9,57	10,43	10,43	10,47
$\tilde{m}_x(t_j)$		7,80	19,00	39,2	45,2	47,8	49,4	49,6	54,8	59,6	62,6	66,8
$\tilde{v}_x(t_j)$		0,278	0,220	0,150	0,157	0,160	0,159	0,159	0,175	0,175	0,167	0,157

Таким образом, в результате выполненного анализа с использованием стандарта осадки, её средней величины и коэффициента вариации показано корректное и некорректное формирование фрагментов, состоящих из различных деформационных марок при подготовке исходных данных для построения кинематической модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуляев Ю.П. Прогнозирование деформации сооружений на основе результатов геодезических наблюдений [Текст]: монография / Ю.П. Гуляев. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 256 с.
2. Гуляев Ю.П. Параметры осадок фундаментов как характеристики состояния зданий [Текст] / Ю.П. Гуляев, Л.И. Максименко, Е.В. Хорошилов // Изв. ВУЗов «Геодезия и аэрофотосъемка», 2009, № 5. – С.44-48.
3. Сиськов В.И. Корреляционный анализ в экономических исследованиях [Текст] / В.И. Сиськов. – М., Статистика, 1975. – 186 с.

© *Е.В. Хорошилов, Ю.П. Гуляев, 2012*

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЛОКАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СВЯЗИ ОБЩЕЗЕМНЫХ И РЕФЕРЕНЦНЫХ СИСТЕМ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Константин Федорович Афонин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, кандидат технических наук, профессор кафедры высшей геодезии, тел. 343-29-11

В статье предлагается один из возможных путей оптимального решения задачи по определению локальных параметров связи общеземных и референчных систем координат.

Ключевые слова: параметры связи систем координат, оптимальное определение параметров связи.

CONTROL POINTS OPTIMIZATION FOR DETERMINING LOCAL PARAMETERS TO TIE GLOBAL AND REFERENCE RECTANGULAR SPATIAL COORDINATE SYSTEMS. OPTIMIZATION PROBLEM DEFINITION

Konstantin F. Afonin

Ph.D., Prof., department of Advanced Geodesy, Siberian, State Academy of Geodesy, 63018 Novosibirsk, tel. 8-383-343-29-11

One of the ways to solve the optimal problem of determining local parameters for tying global coordinate systems and reference coordinate systems is considered.

Key words: coordinate systems tying parameters, optimal tying parameters determination.

Основными технологиями определения координат пунктов геодезических сетей различного назначения и класса точности стали спутниковые технологии, на выходе которых тем или иным способом получаются прямоугольные пространственные координаты в одной из общеземных систем ПЗ-90.02 или WGS-84. Однако для дальнейшего использования этих координат на территории России их необходимо преобразовать в референчную систему СК-42 или СК-95. Такой переход можно выполнить с помощью известных формул [1]

$$X = \bar{X} - \Delta m \bar{X} - \frac{\omega_z}{\rho} \bar{Y} + \frac{\omega_y}{\rho} \bar{Z} - x, \quad (1)$$

$$Y = \bar{Y} - \Delta m \bar{Y} + \frac{\omega_z}{\rho} \bar{X} - \frac{\omega_x}{\rho} \bar{Z} - y, \quad (2)$$

$$Z = \bar{Z} - \Delta m \bar{Z} - \frac{\omega_y}{\rho} \bar{X} + \frac{\omega_x}{\rho} \bar{Y} - z. \quad (3)$$

В соотношениях (1) – (3) использована следующая система обозначений:

$\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ – прямоугольные пространственные координаты в общеземной системе;

X, Y, Z – прямоугольные пространственные координаты в референцной системе;

x, y, z – прямоугольные пространственные координаты центра референцной системы относительно центра общеземной системы;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – углы разворота вокруг соответствующих координатных осей;

Δm – относительное изменение масштаба в двух системах координат

$$\Delta m = \frac{\bar{S} - S}{S}, \quad (4)$$

где $\bar{S}$ и S расстояния между одноименными точками пространства в общеземной и референцной системах координат соответственно.

Приведенные в ГОСТе [1] числовые значения семи параметров преобразования x, y, z , $\omega_x, \omega_y, \omega_z$, Δm позволяют производить перевычисление координат по формулам (1) - (3) на территории России с погрешностью в несколько метров (для СК-42) или дециметров (для СК-95). Такая точность во многих случаях не может удовлетворить потребности геодезического производства. Как повысить точность преобразования координат? Известны два основных способа. Первый заключается в предварительном определении локальных параметров преобразования для небольших по площади объектов и последующем использовании этих параметров на данном объекте в формулах (1) - (3). Второй способ предполагает преобразование не самих координат, а приращений координат с использованием опубликованных в ГОСТе [1] или предварительно найденных числовых значений параметров. Задача оптимизации может быть сформулирована, по нашему мнению, и в первом, и во втором способах.

Для определения локальных параметров на объекте необходимо иметь так называемые опорные пункты, координаты которых должны быть известны в двух системах координат: референцной и общеземной. Как правило, опорными являются пункты государственной геодезической сети, на которых дополнительно выполняются спутниковые определения. Это позволяет выразить уравнения (1) - (3) относительно семи уточняемых параметров. Так как уточняемых параметров семь, а каждый опорный пункт позволяет составить только три уравнения, то количество опорных пунктов не может быть меньше трех. В этом случае будет возможна математическая обработка по методу наименьших квадратов. Увеличение числа опорных пунктов на объекте будет давать возможность повысить точность определения параметров преобразования координат. С другой стороны это будет приводить к возрастанию материальных и временных затрат на полевые работы.

Необходимость обеспечения компромисса приводит к решению задачи оптимизации. Предположим, что на объекте имеется n пунктов государственной геодезической сети ($n > 3$), которые можно использовать в качестве опорных. Пространственные прямоугольные координаты каждого опорного пункта, полученные спутниковыми технологиями в общеземной системе координат, будем в дальнейшем считать измеренными величинами. Средние квадратические погрешности определения координат по трем осям на одном

опорном пункте будем также считать одинаковыми ($m_x = m_y = m_z = m$). Кроме этого будем предполагать, что на каждом опорном пункте пространственные координаты можно определять с разными погрешностями. Эти погрешности ($m_1, m_2, \dots, m_n$) необходимо будет найти.

В ходе планирования работ требуется определить такое количество и конкретное местоположение опорных пунктов на объекте, которое будет обеспечивать получение семи параметров преобразования координат с заданными погрешностями при минимальных затратах (времени или денежных средств) на полевые работы. Затраты на полевые работы можно по аналогии с выбором метода построения плановой геодезической сети [3] представить в виде функционала

$$W = \frac{1}{m_1^2} + \frac{1}{m_2^2} + \dots + \frac{1}{m_i^2} + \dots + \frac{1}{m_n^2} , \quad (5)$$

где n – максимально возможное количество опорных пунктов на объекте ($n > 3$).

В качестве дополнительных условий работоспособности должны фигурировать условия получения семи определяемых параметров преобразования систем координат с погрешностями, не превышающими наперед заданных значений (M_j)_{зад}. Здесь j – номер определяемого параметра ($j=1,2,\dots,7$). Вычисленные по МНК значения погрешностей каждого параметра можно представить в функции неизвестных следующим образом [3]

$$(M_j)_{\text{выч}}^2 = f_j^T \left(\frac{N_1}{m_1^2} + \frac{N_2}{m_2^2} + \dots + \frac{N_i}{m_i^2} + \dots + \frac{N_n}{m_n^2} \right)^{-1} f_j . \quad (6)$$

Здесь

f_j – вектор-столбец коэффициентов весовой функции, в котором элемент с номером j равен единице, а остальные нулю;

N_i – матрица коэффициентов нормальных уравнений (размерностью 7×7), составленная для i опорного пункта. В свою очередь матрицы коэффициентов нормальных уравнений в параметрическом способе уравнивания можно получить как произведения

$$N_i = A_i^T A_i . \quad (7)$$

Элементами матриц A_i (размерностью 3×7) будут коэффициенты параметрических уравнений поправок, составленных для измеренных пространственных координат на i опорном пункте. Такие параметрические уравнения поправок по координатным осям можно записать следующим образом

$$v_x = -X\delta(\Delta m) - \frac{Y}{\rho}\delta\omega_z + \frac{Z}{\rho}\delta\omega_y - \delta x + L^x , \quad (8)$$

$$v_y = -Y\delta(\Delta m) - \frac{Z}{\rho}\delta\omega_x + \frac{X}{\rho}\delta\omega_z - \delta y + L^y , \quad (9)$$

$$v_z = -Z\delta(\Delta m) - \frac{X}{\rho}\delta\omega_y + \frac{Y}{\rho}\delta\omega_x - \delta z + L^z . \quad (10)$$

В этих уравнениях через $\delta(\Delta m)$, $\delta\omega_x$, $\delta\omega_y$, $\delta\omega_z$, δx , δy , δz обозначены поправки в приближенные значения Δm^0 , ω_x^0 , ω_y^0 , ω_z^0 , x^0 , y^0 , z^0 семи параметров преобразования координат. За приближенные значения параметров можно принять те значения, которые опубликованы в ГОСТе [1]. Окончательные значения параметров будут равны сумме их приближенных значений и поправок. Свободные члены уравнений поправок равны разностям вычисленных по формулам (1) - (3) и заданных значений референчных пространственных прямоугольных координат опорных пунктов

$$L^X = X^0 - X, \quad L^Y = Y^0 - Y, \quad L^Z = Z^0 - Z. \quad (11)$$

При этом вычисление координат по формулам (1) - (3) необходимо выполнять с использованием приближенных значений семи параметров.

Решаемую задачу оптимизации (в дальнейшем будем называть ее первой задачей) можно формализовать в виде задачи математического программирования с нелинейными целевой функцией и ограничениями. Требуется предвычислить такие средние квадратические погрешности определения пространственных прямоугольных координат опорных пунктов $m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n$, которые минимизируют затраты на полевые измерения

$$W \Rightarrow \min \quad (12)$$

при соблюдении семи условий вида

$$(M_j^2)_{\text{выч}} \leq (M_j^2)_{\text{зад}} \quad (13)$$

и ограничений на переменные

$$m' \leq m_i \leq m'' . \quad (14)$$

Здесь m' – наименьшее значение средней квадратической погрешности определения прямоугольных пространственных координат, доступное в настоящее время для спутниковых технологий; m'' – наибольшее значение средней квадратической погрешности определения прямоугольных пространственных координат. Достижение границы m'' будет означать, что измерения на данном опорном пункте можно практически не выполнять.

Для решения поставленной задачи можно применить способ штрафных функций и технологию выбора оптимального метода построения плановой геодезической сети, использованные в работах [2,3]. Если в ходе решения задачи оптимизации (12) - (14) окажется, что погрешности определения координат на каких-то пунктах приблизятся к верхней границе, то эти пункты можно будет вывести из состава опорных пунктов и этим уменьшить затраты на полевые работы.

Подобную задачу оптимизации (будем называть ее второй задачей) можно решать и во втором способе при преобразовании приращений координат пунктов из общеземной системы в референчную. Формулы связей приращений прямоугольных пространственных координат двух пунктов можно записать, учитывая (1) - (3), следующим образом

$$\Delta X = \Delta \bar{X} - \Delta m \Delta \bar{X} - \frac{\omega_z}{\rho} \Delta \bar{Y} + \frac{\omega_y}{\rho} \Delta \bar{Z}, \quad (15)$$

$$\Delta Y = \Delta \bar{Y} - \Delta m \Delta \bar{Y} - \frac{\omega_x}{\rho} \Delta \bar{Z} + \frac{\omega_z}{\rho} \Delta \bar{X}, \quad (16)$$

$$\Delta Z = \Delta \bar{Z} - \Delta m \Delta \bar{Z} - \frac{\omega_y}{\rho} \Delta \bar{X} + \frac{\omega_x}{\rho} \Delta \bar{Y} . \quad (17)$$

В формулах (15) - (17) фигурируют только четыре параметра преобразования Δm , $\omega_x, \omega_y, \omega_z$, значения которых необходимо уточнить для какого-то локального объекта. Так как параметров осталось только четыре, то на объекте необходимо иметь не менее двух опорных линий. Если опорных линий больше двух, то возможна постановка и решение второй задачи оптимизации по определению минимального количества и местоположения опорных линий на объекте. По аналогии с первой задачей здесь необходимо предвычислить такие средние квадратические погрешности определения разностей координат по опорным линиям m_i ($i=1,2,\dots,p$), которые при минимальных затратах на полевые измерения

$$W_1 = \frac{k_1}{m_1^2} + \frac{k_2}{m_2^2} + \dots + \frac{k_i}{m_i^2} + \dots + \frac{k_p}{m_p^2} \Rightarrow \min \quad (18)$$

и ограничениях на переменные

$$m' \leq m_i \leq m'' \quad (19)$$

обеспечивают получение четырех параметров преобразования координат с заданными погрешностями ($j=1,2,3,4$)

$$f_j^T \left(\frac{N_1}{m_1^2} + \frac{N_2}{m_2^2} + \dots + \frac{N_i}{m_i^2} + \dots + \frac{N_p}{m_p^2} \right)^{-1} f_j \leq (M_j^2)_{зад} . \quad (20)$$

Здесь k_i можно трактовать как коэффициент выгодности выполнения спутниковых наблюдений по опорной линии с номером i . Если опорные линии не связаны между собой, то коэффициенты равны единице. Если какой-то опорный пункт участвует в формировании двух, трех и более опорных сторон, то коэффициент необходимо уменьшить в два, три и так далее раз соответственно. Остальные переменные в формулах (18) - (20) имеют принципиально такой же смысл, что и в первой задаче оптимизации.

Если в результате решения второй задачи оптимизации окажется, что для каких-то опорных линий предвычисленные погрешности выполнения спутниковых измерений приблизятся к верхней границе m'' , то их можно будет не использовать для определения параметров преобразования разностей координат. Это, в свою очередь позволит уменьшить общие затраты на полевые работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 51794-2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек [Текст] / Национальный стандарт Российской Федерации – М.: Стандартинформ, 2009. – 36 с.
2. Афонин К.Ф., Решение задач предвычисления точности и оптимизации на ЭВМ ЕС. Методические указания. [Текст] / К.Ф. Афонин, С.Н. Ушаков. Новосибирск: НИИГАиК, 1988. - 34 с.
3. Афонин К.Ф., О выборе оптимального метода построения плановой геодезической сети на этапе проектирования [Текст] /К.Ф. Афонин // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка», 1989, №5, С. 50-54.

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЛАВНОГО КОРПУСА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «РАСПАДСКАЯ» С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Борис Антонович Новоселов

ООО «Сибшахтостройпроект», 654027, г. Новокузнецк, пр. Курако, 19Б, начальник отдела инженерно-геодезических изысканий, тел. (903)994-02-16, e-mail: novoselov_ba@mail.ru

Денис Борисович Новоселов

ООО «Сибшахтостройпроект», 654027, г. Новокузнецк, пр. Курако, 19Б, главный специалист отдела инженерно-геодезических изысканий, ассистент кафедры геологии и геодезии Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ), тел. (913)312-58-04, e-mail: moblic@mail.ru

В статье приведены результаты наблюдений за деформациями главного корпуса обогатительной фабрики «Распадская» с 2004 по 2011 года. При производстве геодезических работ использовался цифровой нивелир в темных условиях, и уравнивание нивелирных ходов выполнялось в программе Credo Нивелир. По результатам наблюдений была построена 3D-модель интерполяции осадок фундаментов главного корпуса.

Ключевые слова: наблюдение за деформациями; геодезический контроль; проектирование высотной сети; цифровой нивелир; неравномерная осадка; анализ результатов наблюдений; цифровая модель интерполяции осадки.

GEODETIC CONTROL OF BUILDING AND OPERATION OF MAIN CASE CONCENTRATING FACTORY "RASPADSKY" ABOUT APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES

Boris A. Novoselov

LLC «Sibshahtostroyproekt», 654027, Novokuznetsk, av Kurako, 19b, The head of the engineering-geodetic survey department, tel. (903)994-02-16, e-mail: novoselov_ba@mail.ru

Denis B. Novoselov

LLC «Sibshahtostroyproekt», 654027, Novokuznetsk, av Kurako, 19b, the main specialist of the engineering-geodetic survey department, the assistant to chair of geology and geodesy of the Siberian State Industrial University (SibSIU) tel. (913)312-58-04, e-mail: moblic@mail.ru

In article results of supervision over deformations of the main case of concentrating factory "Raspadsky" with 2004 on 2011 are resulted. By manufacture of geodetic works the digital level in dark conditions was used and equalizing high-rise courses was carried out in program Credo Nivelir. By results of supervision the 3D-model of interpolation a deposit of the bases of the main case has been constructed.

Key words: supervision over deformations; geodetic control; designing of a high-rise network; a digital level; non-uniform a deposit; the analysis of results of supervision; digital model of interpolation deposits.

Настоящая работа посвящена проведению и результатам автоматизированного сбора и пространственно-временного анализа данных геодезического мониторинга главного корпуса обогатительной фабрики (ОФ) «Распадская», выполнявшегося во время его строительства и эксплуатации в 2004–2011 гг. Полученные данные необходимы для повышения надежности оценки технического состояния рассматриваемого объекта и в дальнейшем будут служить основой для составления достоверного прогноза развития его осадок и деформаций в целях предупреждения, своевременного выявления и прекращения их опасного развития.

ОФ «Распадская» – крупнейшая и самая современная обогатительная фабрика в России. Производственная мощность 10,5 млн т в год. Ее площадка находится на территории угольной шахты «Распадская» в г. Междуреченск Кемеровской области.

Главный корпус фабрики относится к зданиям и сооружениям основного производственного назначения, испытывающим большие нагрузки и воздействия внутренней и внешней среды, в том числе нагрузки от крупногабаритного оборудования большой производительности с тяжелым режимом работы. Он был построен на спланированной площадке (была произведена срезка склона, после чего площадка была частично отсыпана). Геолого-литологическое строение данного участка до глубины 23 м представлено рыхлыми четвертичными отложениями, насыпными грунтами и делювиальными суглинками, подстилаемыми на глубине 18,0 м коренными породами пермского возраста.

Для определения деформаций фундаментов колонн главного корпуса применялось нивелирование II класса. Эти наблюдения были начаты в июле 2004 г. В период строительства циклы выполнялись ежемесячно, а с 11 цикла – ежегодно. Всего было выполнено 17 циклов наблюдений (последний – в июле 2011 г.).

Первые 12 циклов нивелирования II класса выполнялись прибором Ni 007 производства фирмы «Carl Zeiss», с 13-го цикла – высокоточным цифровым нивелиром DiNi 12 производства компании «Trimble».

Перед выполнением нивелирных работ был произведен автоматический предрасчет точности в программе «Credo_DAT» (рис. 1), которая предоставляет возможность выбрать оптимальный проект сети и подобрать необходимую точность измерений, т.е. обеспечить эффективность и экономичность работ по выполнению наблюдений за высотными деформациями [1]. В ней был выполнен предрасчет точности нивелирования II класса на первой (по опорному полигону) и второй (по осадочным маркам) ступенях.

В первых циклах наблюдений исходными реперами служили пункты строительной сетки. Затем в июле 2005 г. была выполнена закладка опорных реперов Ро-1, Ро-2, Ро-3 и Ро-4 на глубины 18,5, 15,4, 17,7 и 19,4 м соответственно. Нижние концы реперов были установлены в коренных породах и зацементированы. Перед каждым циклом измерений выполнялось нивелирование опорного полигона и уравнивание его как свободного с исходным репером Ро-4.

Отметим, что цифровой нивелир DiNi 12 использовался в условиях недостаточной освещенности и наличия вибраций. В процессе выполнения работ в темных участках объекта рейки подсвечивались искусственным источником света (рис. 2). При усиленной вибрации, когда снять отсчет было невозможно, менялось местоположение штатива. Следует также отметить, что возможности высокоточного нивелирования для определения деформаций фундамента цифровым нивелиром (при отсутствии нормативной документации) – это целый пласт для выполнения исследований.

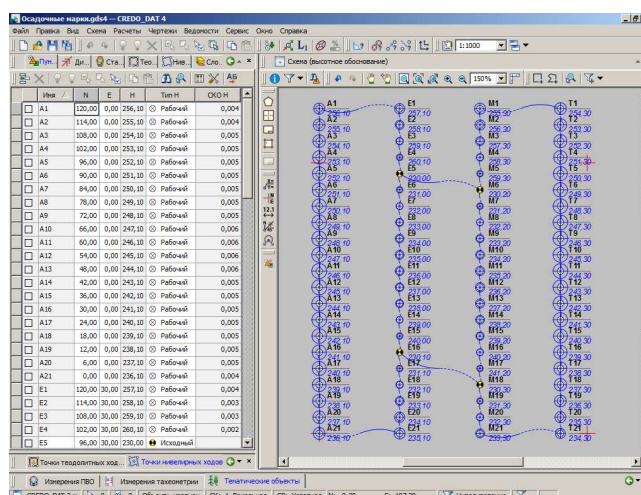


Рис. 1. Проектирование нивелирных ходов II класса в программе Credo_DAT 4.0



Рис. 2. Использование цифрового нивелира в темных помещениях

После выполнения работ по опорному полигону, согласно рекомендациям руководства [2], выполнялось построение локальных ходов второй ступени для контроля деформаций фундаментов главного корпуса и нивелирование II класса по осадочным маркам с использованием указанных выше инструментов. Полученные результаты по каждой оси исследуемого корпуса приведены в табл.

1. Осадки не превысили предельно допустимого значения, равного для исследуемого типа здания 15 см [3], однако они были неравномерными по осям корпуса.

Таблица 1. Результаты нивелирования II класса по осадочным маркам

Год	Цикл	Ось			
		А	Е	М	Т
2005	11	-17,4	-16,3	-2,8	-1,5
2007	13	-10,5	-8,5	-3,0	-1,5
2008	14	-8,7	-6,7	-3,9	-2,1
2009	15	-8,3	-7,4	-4,2	-2,3
2010	16	-7,5	-6,1	-3,5	-2,7
2011	17	-6,5	-5,6	-3,4	-1,5
Среднее		-9,8	-8,4	-3,5	-1,9

По результатам наблюдений был выполнен расчет годовых скоростей осадок по всем циклам наблюдений (табл. 2). Анализ показывает, что по осям А и Е они уменьшаются, а по осям М и Т изменяются незначительно. Таким образом, полученные данные говорят о том, что фундаменты главного корпуса обогатительной фабрики стабилизируются.

Таблица 2. Годовые скорости осадок по всем циклам наблюдений

Ось	Осадка			Колонна	
	сред.	макс.	мин.	с макс. осадкой	с мин. осадкой
А	-44,4	-55,3	-34,1	А12	А3
Е	-38,5	-49,1	-27,7	Е16	Е5
М	-23,5	-31,8	-15,4	М13	М3
Т	-10,2	-19,2	-5,2	Т3	Т20

Кроме того, на оси А определены марки № 10–13 с максимальными, по результатам анализа, деформациями. Это участки, где расположено самое большое количество технологического оборудования, которое и создает значительные динамические нагрузки.

Результаты нивелирования цифровым нивелиром обрабатывались в программе «Credo Нивелир». При этом была введена поправка за компарирование реек, затем была построена схема нивелирных ходов. Программа «Credo Нивелир» позволяет импортировать данные, которые регистрирует цифровой нивелир DiNi 12, что значительно экономит время (по сравнению с использованием оптического нивелира Ni 007).

Для пространственно-временного анализа данных геодезического мониторинга была создана цифровая 3D-модель интерполяции осадок фундаментов главного корпуса ОФ «Распадская» с помощью программного комплекса Credo. В качестве исходных данных были взяты осадки в период с 2004 г. по 2011 г. в масштабе 1 м модели = 1 мм осадки. С помощью основного метода геостатистики – кригинга была создана модель интерполяции по всей площадке главного корпуса с шагом 0,5 метра. Основа кригинга заключается в

определении закономерности изменения разброса значений моделируемого параметра между марками в пространстве с учетом существенных различий в значениях данных, используются для этого весовые коэффициенты.

В дальнейшем эта модель была подгружена в 3D-сцену нового модуля программного продукта Credo Визуализация (рис. 3). Перед окончательной визуализацией поверхность была сглажена, и в параметрах отображения в качестве цвета поверхности использовалась градиентная заливка по высоте. В зависимости от высоты цвет меняется от синего (максимальная осадка) к коричневому (минимальная), что увеличивает зрительное восприятие модели.

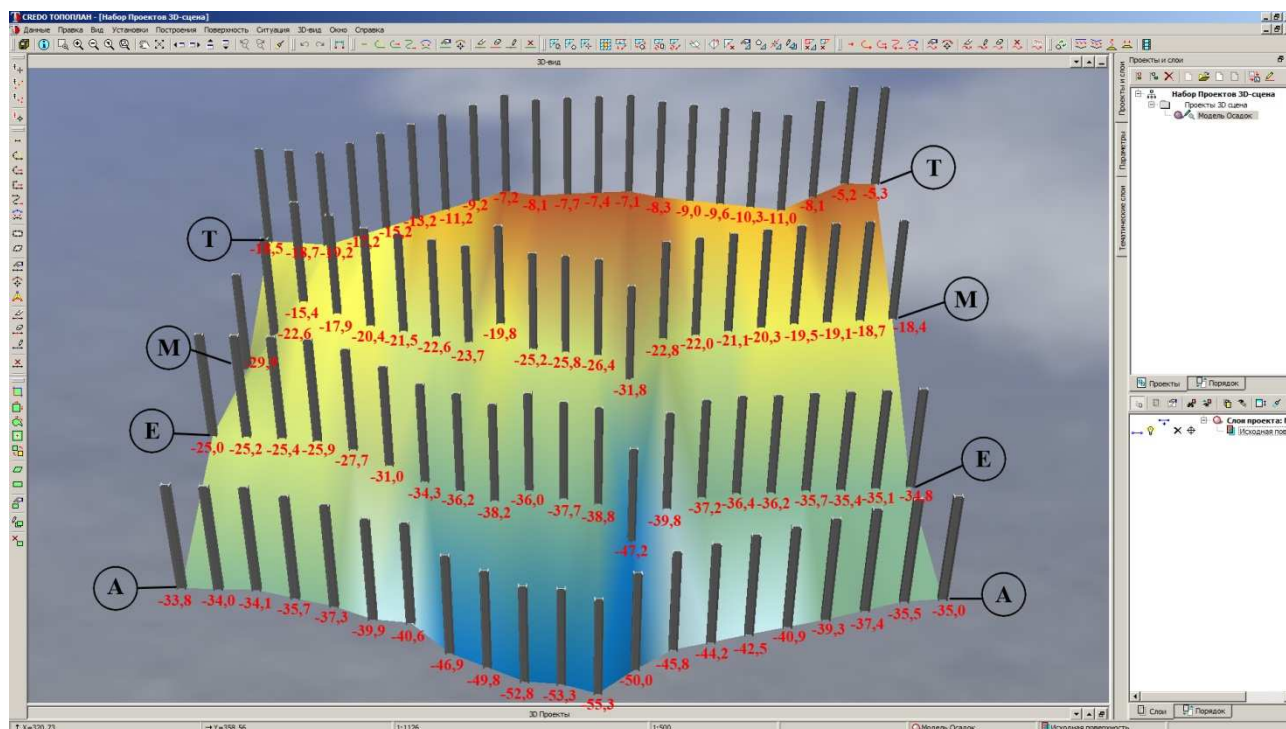


Рис. 3. 3D модель интерполяции осадок фундаментов главного корпуса ОФ «Распадская»

Строительство и эксплуатация современных инженерных сооружений сопровождаются монтажными и ремонтными работами, поэтому часто возникает проблема - уничтожение осадочных марок. Для восстановления отметок недоступных либо уничтоженных марок можно использовать приведенный выше метод геостатики – кригинг. За период эксплуатации обогатительной фабрики «Распадская» с 2004 по 2011 г. сохранились 37 из 80 осадочных марок. Геостатические методы интерполяции позволяют представить более полную картину пространственного состояния наблюдаемого сооружения.

Использование современных программ и технологий для трехмерного моделирования деформаций фундаментов зданий обеспечивает переход на качественно новый уровень решения инженерно-геодезических задач – на основе проведения пространственно-временного анализа геодезических данных. Применение пространственного метода анализа позволяет получить

трехмерную модель деформаций по всей площади основания сооружения с наглядно представленными областями неравномерных осадок. С помощью такой модели можно строить профили осадок по любому направлению, прогнозировать осадки и пр.

Пространственно-временной анализ результатов геодезического мониторинга необходим для повышения надежности оценки и прогноза состояния рассматриваемого объекта в целях предупреждения, выявления и прекращения опасного развития его осадок и деформаций.

Хотелось бы подчеркнуть, что обогатительная фабрика «Распадская» и многие другие производственные здания и сооружения представляют собой объекты повышенной опасности, поэтому трудно переоценить важность их геодезического контроля, который позволяет вовремя принять меры для предотвращения крупных аварий. Это особенно актуально для Кемеровской области, где сосредоточено большое количество промышленных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пигин А.П., Чадович Д.В., Васильков Д.М. Технология проектирования геодезических построений в CREDO. «Автоматизированные технологии изысканий и проектирования», 2003, № 9-10, с. 50-54.
2. Жуков Б.Н. Руководство по геодезическому контролю сооружений и оборудования промышленных предприятий при их эксплуатации. – Новосибирск: СГГА, 2004.- 376 с.
3. СП 22.13330.2011 Основание зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* М. 2011.

© Б.А. Новоселов, Д.Б. Новоселов, 2012

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ГРАДИРЕН БОЛЬШОЙ ВЫСОТЫ

Валерий Геннадьевич Сальников

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

Для обеспечения геометрии возведения круглых инженерных сооружений необходимо провести целый комплекс инженерно-геодезических измерений. В последние годы на атомных и тепловых электростанциях возводятся градирни параболической формы высотой до 180 м. В связи с этим, возникает необходимость в совершенствовании существующей технологии производства геодезических измерений. В данной статье приведен геодезический контроль земляных, строительных и монтажных работ, необходимый при возведении градирен большой высоты.

Ключевые слова: градирня, геодезический контроль.

GEODETIC SERVVEY IN THE PROCESS OF BUILDING THE HIGH WATER-COOLING TOWERS

Valerij G. Salnikov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 10 Plakhotnogo st., Novosibirsk, 630108, post-graduate student, Engineering Geodesy and Information Systems department, tel. 8-923-222-61-64, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

In the article, the geodetic monitoring of land development and civil-engineering and erection work necessary for the construction of high water-cooling towers is presented. To provide the geometry of building the engineering structures of a round shape, it is necessary to conduct a number of engineering surveys. In recent years, at the sites of atomic and thermal-power stations the water-cooling tower of parabolic form of about 180 m have been built. That's why it is necessary to improve the existing geodetic surveying techniques.

Key word: water-cooling tower, geodetic survey

Башенная градирня является одной из наиболее эффективных устройств, предназначенных для охлаждения воды в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий. В башенных градирнях тяга воздуха, охлаждающего циркулирующую воду, создается за счет высокой вытяжной башни. Вытяжные башни служат для создания естественной тяги благодаря разности удельных весов воздуха, поступающего в градирню, и нагретого воздуха, выходящего из градирни.

Для обеспечения геометрии возведения круглых инженерных сооружений, к которым и относятся градирни, необходимо проведение целого комплекса инженерно-геодезических измерений. Этот комплекс измерений достаточно хорошо разработан при возведении градирен высотой до восьмидесяти метров. В связи с тем, что в последние годы началось возведение градирен параболической

формы высотой до 180 метров, главным образом на атомных и тепловых электростанциях, возникла необходимость совершенствование существующей технологии производства геодезических измерений. Общая технологическая схема геодезического сопровождения строительства градирен приведена на схеме 1.

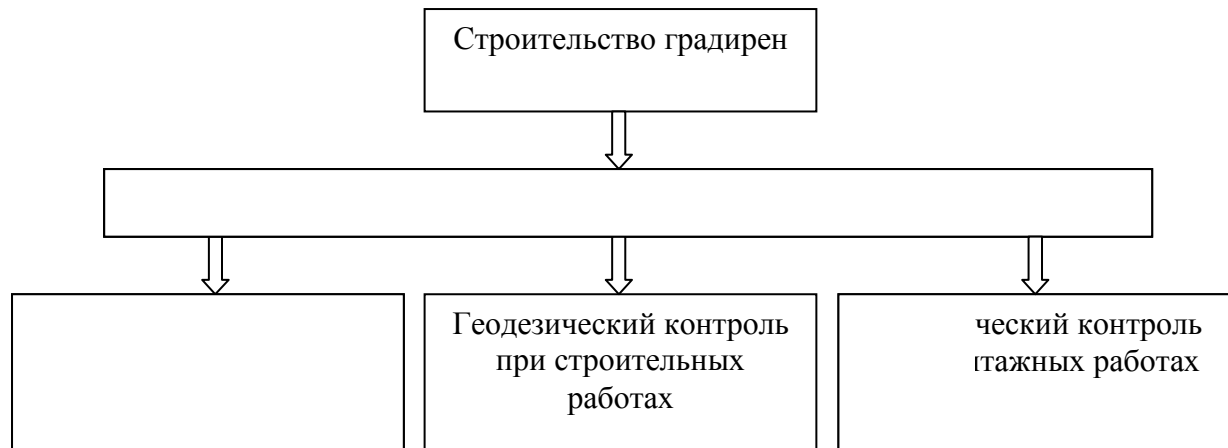


Схема 1. Общая технологическая схема геодезического сопровождения строительства градирен

Развитие планово-высотного обоснования на территории строительства. До начала строительно-монтажных работ по возведению градирни проводится проверка сохранности и пригодности пунктов геодезического обоснования для дальнейшего практического использования, а также возможность обеспечения требуемой точности выполнения измерений. После этого производится сгущение сети, путем закрепления на местности геодезических пунктов и определения их планово-высотного положения. Конструкция такого пункта представлена на рис. 1.

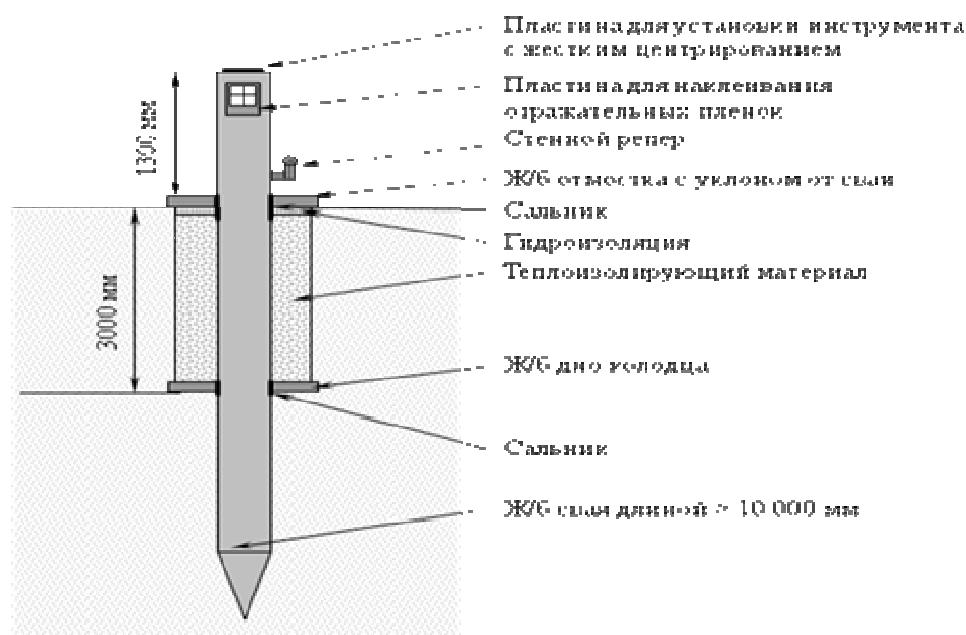


Рис. 1. Конструкция пункта строительной сетки

Геодезический контроль земляных работ включает в себя вынос и разбивку главных осей под котлован, контроль планово-высотного положения замещения грунта, устройство свайного поля, вынос центра и главных осей под разбивку свайного поля.

Вынос и разбивка главных осей под котлован. Разбивка главных и основных осей, выполняется согласно требований генерального плана строительства, на котором указано плановое положение осей. Разбивка осей производится от опорных геодезических пунктов и она начинается с выноса на местность двух линий перпендикулярных друг другу.

Вынос осуществляется прямой угловой или обратной угловой засечками, тахеометр приводится в рабочее положение, центрируется сначала на одном пункте с известными координатами, и ориентируется на второй исходный пункт. Затем откладывается угол и задается направление положения оси. Потом тахеометр переносится на второй пункт с известными координатами, и повторяются все действия как на первом пункте. И -, тахеометр приводится в рабочее положение, и ориентируется на три пункта геодезической сети с известными координатами. Определяется плановое положение станции. И зная координаты главных осей, производится вынос и закрепление осей с помощью «П-образных» обносок, они забиваются на 50-70 см в грунт, и сверху наносится риска. Обноску устанавливают в 2-3 м от верхней бровки котлована. При котлованах глубиной 3 м и более обноску часто располагают в котловане вдоль его нижней бровки.

По окончании разбивочных работ по выносу в натуру главных и основных осей здания составляется исполнительная схема. Производится тахеометрическая съемка, с последующей камеральной обработкой результатов измерений, с выводом графических данных на исполнительную схему.

Контроль планово-высотного положения замещения грунта. После составления исполнительной схемы, проводятся земляные работы, рытье котлована и замещение грунта. Глубина и геометрические размеры котлована определяется с помощью тахеометра, он ставится в центр градири, потом откладываются проектные расстояния, забиваются колья в землю, обозначая тем самым границу будущего котлована. Когда все земляные работы окончены, производится тахеометрическая съемка с подсчетом объема выбранного грунта. И по этим результатам составляется исполнительная схема.

Устройство свайного поля. Вынос центра и главных осей под разбивку свайного поля. Разбивку свайного поля производят от центра пересечения главных осей. С помощью обратной засечки тахеометр ориентируют от трех пунктов с известными координатами, и выносят центр на колышек или арматуру в котловане. Тахеометр центрируют над центром пересечения осей, ориентируют по створу оси и по данному направлению откладывают проектные расстояния до центров свай. Местоположение свай закрепляют металлическими штырями. Для свай, расположенных не на осях, положение центров определяют от осей способом перпендикуляров. Для разбивки кустового расположения свай разметка их в кусте производится по шаблону. Определяется расположения свай

по углам куста и промерами от углов определяют внутренне положения свай в кусте.

Сваи перед забивкой устанавливаются вертикально. Вертикальность проверяют по тахеометру в двух взаимно перпендикулярных плоскостях или по рейке-отвесу и контролируют в процессе забивки.

По окончании забивки свай производят их нивелировку до срубки и, зная длину свай, определяют отметку погружения свай. После погружения свай производят их срубку. И с помощью нивелира определяют высотное положение.

Выполняют планово-высотную съемку всего свайного поля. Для этого тахеометр с начало устанавливают с одного края котлована, выполняют тахеометрическую съемку половины свайного поля, затем переносят на противоположный край котлована, и повторяют измерения уже другой половины котлована. Далее идет камеральная обработка результатов измерений с последующим составлением исполнительной схемы.

Геодезический контроль строительных работ включает в себя:

Контроль планово-высотного положения опалубки, арматурного каркаса, положения анкерных болтов и закладных деталей до и после бетонирования на фундаменте плиты градирни водосборного бассейна со стенками и вытяжной башни. Перед монтажом опалубки выполняется контроль размеров ее отдельных элементов. С помощью лазерной рулетки, проверяются геометрические параметры и размеры. Отклонения от проектных размеров опалубки не должны превышать значений, приведенных в СНиП 3.03.01-87 [1].

В процессе монтажа опалубки контролируется смещение установочных осей опалубки относительно разбивочных осей. Контроль смещения производится с помощью тахеометра методом створов. После монтажа щитов опалубки на них устанавливают и закрепляют домкратные рамы, выдерживая вертикальность рам и места их посадки. Контроль установки производится с помощью тахеометра. Он устанавливается рядом с рамой и измеряется расстояние визирного луча от низа до прибора и от верха до прибора. После сравнения этих величин определяется вертикальность.

Когда установлены все конструктивные элементы опалубки укладывают арматурный каркас. Нивелиром проверяют установку арматуры по высоте. Далее происходит установка в фундаменте анкерных болтов и закладных деталей производят с помощью микрообноски. Для создания микрообноски на установленную и закрепленную обноску фундамента выносят продольные и поперечные разбивочные оси и закрепляют их гвоздями. По закрепленным осям на опалубке натягивают проволоку, от которой непосредственно и определяют местоположение элементов фундамента в плане. Проверка установки анкерных болтов выполняется с помощью тахеометра, путем плановой привязки и сравнением с проектным положением. Установка анкерных болтов и закладных деталей по высоте производится с использованием нивелира. Перед бетонированием производят исполнительную планово-высотную съемку всех конструктивных элементов опалубки, ее характерные точки, углы, края и т.д., анкерных болтов и закладных деталей. При бетонировании следят за планово-высотным положением опалубки и элементов фундамента. После идет

камеральная обработка результатов измерений и составляется исполнительная схема.

Геодезический контроль монтажных работ включает в себя:

Вынос осей на фундамент после бетонирования и закрепления центра плиты градирни водосборного бассейна со стенками. После бетонирования главные и промежуточные оси, закрепленные на местности и на обноске, сразу же выносят на фундамент. Оси на фундамент выносят при помощи тахеометра, для чего он должен быть установлен в створе данной оси и ориентирован по соответствующим знакам ее закрепления. Закрепление центра производится путем кернением на металлическую пластину закрепленную в центре градирни. Так же выносятся вспомогательные пластины, которые закрепляются по диаметру на внутренних стенках водосборного бассейна градирни, при помощи дюбелей. На каждой пластине в центре находится наклеенная светоотражающая марка. Далее определяют планово-высотное положение светоотражающих марок для дальнейшего геодезического контроля строительно-монтажных работ, при помощи тахеометра, т.е. происходит перенос и сгущение геодезической сети во внутрь градирни.

Далее производят геодезический контроль планово-высотного положения отдельных конструктивных элементов при возведении градирни [2]:

- Колон каркаса сборного железобетона вытяжной башни;
- Опорного каркаса оросителя, водораспределителя и водоуловителя;
- Магистральных труб водораспределительного устройства;
- Воздуховодных окон, воздухорегулирующих устройств.

После возведения каркаса вытяжной башни первого яруса градирни, наверху устанавливают площадку для дальнейшего геодезического контроля планово-высотного положения последующих ярусов.

Соблюдение круглой формы первого и дальнейших ярусов башенной градирни производится следующим образом. На каждую укрупненную марку в ее вершину устанавливают светоотражающую пластину, и с помощью тахеометра измеряют ее плановое положение, и сравнивают с проектным. Далее строители закрепляют укрупненную марку фиксируя ее «правильное» положение. Тем самым, не давая ярусу принять цилиндрическую форму.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 90 с;
2. Пособие по проектированию градирен [Текст]. – М.: ВНИИ ВОДГЕО Госстрой СССР, 1984. – 133 с.

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Жанна Анатольевна Хорошилова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, д. 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-383-343-29-55.

Валерий Степанович Хорошилов

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, д. 10, зав. кафедрой высшей геодезии, тел. 8-383-343-29-11, e-mail: khoroshilovvs@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы деформационного мониторинга инженерных объектов при изучении качественных изменений наблюдаемых деформационных процессов контролируемых зданий и сооружений, и возможности создания на данной основе геоинформационных систем деформационного мониторинга.

Ключевые слова: деформационный мониторинг, прогнозирование, геоинформационные системы.

ENGINEERING STRUCTURES DEFORMATION MONITORING AS A COMPONENT OF GEODETIC MONITORING

Zhanna A. Khoroshilova

Senior lecturer, department of engineering surveying and GIS, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo st., 630108, Novosibirsk, phone: 8-383-343-29-55

Valery S. Khoroshilov

Head of advanced geodesy department, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo st., 630108, Novosibirsk, phone: 8-383-343-29-11, e-mail: khoroshilovvs@mail.ru

The problems of engineering structures deformation monitoring are considered as regards the research of deformation processes qualitative changes in buildings and structures under study. The possibility of deformation monitoring based on the given GIS is analyzed.

Key words: deformation monitoring, forecast, GIS

Нормативное толкование системы мониторинга [1] определяется тремя ключевыми составляющими: наблюдение, оценка и прогноз. Прогноз является наиболее сложной вероятностной составляющей и нередко отсутствует в мониторинговых исследованиях, а в последнее время стал даже рассматриваться отдельно от них. В практике под мониторингом часто понимают периодические режимные наблюдения за объектом исследования, которые сопровождаются в различной мере анализом, интерпретацией результатов наблюдений и вытекающей из этого оценкой состояния контролируемого объекта. Отметим при этом, что прогнозирование возможных

изменений признаков и параметров нарушений состояния контролируемого объекта (как одна из основных составляющих геодезического мониторинга) позволяет заблаговременно выбирать методы и средства упреждающих воздействий для предотвращения или ослабления неблагоприятных последствий. Возможно распространение такого геодезического мониторинга и на другие виды деформационных процессов при условии выполнения математического моделирования с учётом особенностей природы их развития.

В работах [2,3] изложены методологические основы геодезического мониторинга, показаны его возможные разновидности, формы и уровни полноты. Они выражаются в комплексности геодезических и других натурных наблюдений, в грамотном структурно-функциональном анализе условий возникновения и развития исследуемых процессов, в обеспечении необходимой пространственно-временной достаточности и измерительной точности наблюдений, в корректном математическом моделировании, включающем прогнозирование процессов, контролируемых геодезическими методами.

Деформационный мониторинг на сегодняшнем этапе развития – это неотъемлемая часть геодезического мониторинга для обеспечения безопасности инженерных объектов. Результаты правильно организованных комплексных натурных наблюдений отражают количественную динамику влияния воздействующих факторов и качественные изменения состояния инженерного объекта. И если целью геодезического мониторинга является своевременное выявление критичных величин деформаций, установление причин их возникновения, то деформационный мониторинг решает задачи сбора, учёта, регистрации, хранения и обработки результатов наблюдений за деформациями инженерных объектов, прогнозирование их развития, выработки и принятие мер для устранения нежелательных процессов, разработки рекомендаций по ведению соответствующих мероприятий для предотвращения критических деформаций и т.д.

На сегодняшний день задачи геодезического мониторинга инженерных объектов и анализа деформаций являются наиболее сложными в геодезической отрасли, так как часто требуют максимальной точности измерений, автоматизации процесса наблюдений, максимальной надёжности геодезических приборов и оборудования, наличия чрезвычайно гибких инструментов обработки и анализа данных.

Для отдельно взятого инженерного объекта геодезические наблюдения решали и решают задачу изучения пространственно-временных процессов состояния объекта и отдельных его частей. Результаты геодезических измерений и наблюдений на всех стадиях жизненного цикла инженерных объектов (съёмочные, трассировочные и разбивочные работы, исполнительные съёмки, наблюдения за осадками и деформациями и т.д.) являются исходной основой для создания комплексной системы отображения результатов наблюдений за инженерным объектом, включая сбор, обработку, учёт, регистрацию, хранение и обновление информационных ресурсов. Нужно только сохранять, накапливать и систематизировать в геоинформационной системе

деформационного мониторинга результаты всех выполняющихся на исследуемых объектах видов наблюдений в виде разнообразных баз данных.

Комплексный подход к решению задач мониторинга предполагает, как оценку состояния инженерного объекта (обработка результатов геодезических наблюдений и получение количественных характеристик изменения состояния сооружения и его отдельных частей), так и определение прогнозных характеристик в виде построения различных моделей осадок и деформаций сооружений по результатам геодезических измерений с привлечением данных геологии грунтовых оснований, климатических, строительных и других данных. В России, как и во всём мире, отсутствует опыт создания подобных ГИС, имеющих базы данных результатов наблюдений за пространственно-временным взаимодействием инженерных объектов с геологической и внешней средой. Поэтому создание подобных ГИС деформационного мониторинга на данном этапе просто необходимо в силу многочисленных повторяющихся аварий, как жилых зданий, так и промышленных сооружений. При этом эффективность ГИС повысится, если в её структуре будет, например, создана подсистема базы знаний экспертной системы [4], в которой могут прописаны различные правила выбора тех или иных решений. Эти принимаемые с помощью экспертной системы решения могут быть представлены, например, в следующем виде.

Так прогнозирование [2], как часть математического моделирования (применительно к процессам деформации сооружений) на основе корреляционной теории случайных функций при обеспечении условий статистической однородности моделируемых реализаций процесса, их линейности и нормальности распределения, позволяет оптимально оценивать параметры прогнозных моделей в виде двух первых условных моментных функций по простейшему критерию минимума средней квадратической погрешности; в этом случае находятся наилучшие прогнозы по каждой реализации процесса с предвычислением их точности.

Оценка статистической однородности результатов геодезических измерений при измерении осадок в различных циклах наблюдений с применением в качестве критерия коэффициента вариации осадки позволяет оптимально оценивать деформационные процессы на различных участках фундаментной плиты инженерного сооружения, а полученные экспериментальным путём значения коэффициента вариации осадки [5] позволяют отнести различные инженерные объекты к разным категориям по надёжности как «пригодные к эксплуатации», «пригодные к нормальной эксплуатации» или «непригодные к эксплуатации».

Математическое моделирование прочностных расчётов несущих конструкций инженерных объектов по прогнозным оценкам ожидаемых деформаций даёт возможность определять количественные закономерности развития деформаций однотипных инженерных объектов, возводимых и эксплуатируемых в одинаковых геологических и внешних условиях и прогнозировать их дальнейшее развитие, чтобы своевременно предпринимать профилактические меры по предотвращению аварий и катастроф.

Косвенные характеристики деформаций, такие как пространственная жесткость F_d сооружения, стандарт осадки $\tilde{\sigma}_x(t)$, коэффициент вариации осадки $\vartheta_x(t)$ и математическое ожидание разности значений осадки симметричных марок сооружения $\tilde{M}_s(t)$ также отражают реальные особенности развития деформации основания.

Возможность принятия решения с помощью экспертной системы на основе анализа прочностных расчетов, моделирования процесса деформации сооружения, косвенных характеристик деформации - расширяют возможности содержательной интерпретации поведения контролируемых зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. . ГОСТ Р 22.1.01-95. Мониторинг и прогнозирование. Основные положения.- М.: Изд. стандартов, 1997.- 5с.
2. Гуляев Ю.П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений [Текст] / Ю.П. Гуляев. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 256 с.
3. Гуляев Ю.П. Задачи экогеологического и деформационного мониторинга [Текст] / Ю.П. Гуляев, А.И. Каленицкий. – Геодезия и картография. – 1996. – № 3, с.49-51.
4. Хорошилов, В.С. О разработке информационной экспертной системы для оптимального геодезического обеспечения инженерных объектов [Текст] / В.С. Хорошилов // М. - Геодезия и картография. - 2008. - № 5. - С.15-19.
5. Гуляев Ю.П. Методика выявления по геодезическим данным степени аварийности высотных зданий и направление повышения эффективности оценки их состояния [Текст] / Ю.П. Гуляев, В.С. Хорошилов, Ю.В. Родионова \ Сб. матер. науч. конгр. ГЕО-Сибирь-2011, 19-29 апр., т.1.ч.1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия.- Новосибирск: СГГА.- 2011.- С.66-71.

© Ж.А. Хорошилова, В.С. Хорошилов, 2012

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕФРАКЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫМИ НИВЕЛИРАМИ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Екатерина Леонидовна Соболева

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, к.т.н., доцент кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-913-740-13-22, e-mail: sobkatrin@mail.ru

Валерий Геннадьевич Сальников

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

Надежда Михайловна Рябова

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

При наблюдениях за осадками и деформациями зданий и сооружений возникает необходимость в проведении высокоточного нивелирования в условиях отрицательных температур. Результаты нивелирования, полученные в таких условиях, в значительной степени отягощаются влиянием вертикальной рефракции. В статье представлены исследования влияния вертикальной рефракции на высокоточное нивелирование цифровым нивелиром. Установлено, что характер влияния рефракции на результаты нивелирования оптическими и цифровыми нивелирами практически аналогичен, но величина этого влияния для цифровых нивелиров значительно меньше.

Ключевые слова: вертикальная рефракция, цифровой нивелир.

INVESTIGATION OF THE REFRACTION INFLUENCE ON LEVELLING RESULTS RECEIVED WITH A DIGITAL LEVEL AT NEGATIVE TEMPERATURES

Ekaterina L. Soboleva

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 10 Plakhotnogo st., Novosibirsk, 630108, M.Sc., assistant professor, Engineering Geodesy and Information Systems department, tel. 8-913-740-13-22, e-mail: sobkatrin@mail.ru

Valerij G. Salnikov

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 10 Plakhotnogo st., Novosibirsk, 630108, post-graduate student, Engineering Geodesy and Information Systems department, tel. 8-923-222-61-64, e-mail: salnikov_valera@mail.ru

Nadezhda M. Ryabova

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 10 Plakhotnogo st., Novosibirsk, 630108, post-graduate student, Engineering Geodesy and Information Systems department, tel. 8-923-227-27-76, e-mail: ryabovanadezhda@mail.ru

The article is devoted to the vertical refraction influence investigations on high-precision levelling carried out with a digital level. In the process of observation for buildings and structures

settlements, it is necessary to carry out high-precision levelling at negative temperatures. Levelling results received in such conditions are greatly distorted by vertical refraction. It is established, the refraction nature on leveling results with optical and digital levels is practically analogous, but the degree of this influence for the digital ones is much less.

Key word: vertical refraction, digital level.

В работе [1] приводятся результаты исследования влияния вертикальной рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами при выполнении нивелирования в условиях положительных температур. Однако высокоточное нивелирование цифровыми нивелирами выполняется и в условиях отрицательных температур при наличии снежного покрова. Такие работы выполняются, в основном, в условиях действующего предприятия при наблюдениях за осадками зданий и сооружений. Как правило, такие циклы наблюдений производятся при положительных температурах, но иногда возникает необходимость в проведении таких работ и при отрицательных температурах. В этих случаях возникает необходимость прокладывания хода высокоточного нивелирования по территории промплощадки от глубинного репера до марок, закрепленных на колоннах или оборудовании внутри цеха. Тогда в зависимости от размеров промплощадки количество штативов в ходе может достигать 8-10. Если же глубинные репера на промплощадке ещё не заложены, то привязку нивелирного хода приходится производить к реперам II класса государственной нивелирной сети. Для исследования влияния рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами при отрицательных температурах нами были выполнены исследования.

Измерения проводились на промплощадке строящейся тепловой электростанции в марте - апреле 2011г. при следующих метеорологических условиях: в яркую солнечную погоду, при температуре воздуха -14°C , при отсутствии в течение всего дня резких порывов ветра. Для выполнения измерений применялся высокоточный цифровой нивелир серии Trimble Dini 12. Выбор данного типа нивелира обусловлен тем, что диапазон рабочих температур позволяет производить измерения этими приборами в пределах от -20°C до 50°C . В качестве подстилающей поверхности служил снежный покров высотой 20-30 см. Профиль подстилающей поверхности был практически равнинный.

Исследования выполнялись по следующей программе. Перед началом измерений, нивелир был вынесен из теплого помещения на улицу и установлен на штатив, ножки которого углублялись в снежный покров до соприкосновения с землей. Спустя 10-12 мин нивелир принимал температуру окружающего воздуха, после чего начинались производиться измерения. Для того чтобы от нагрева солнечными лучами под ножками штатива не было таяния снега их концы были укрыты снегом. Штрих-кодовая рейка устанавливалась на металлический башмак, и для ослабления влияния её наклона удерживалась специальными подпорками. Влияния перемещения наблюдателя на положение системы «цифровой нивелир - штрих-кодовая рейка» практически не было, так как штатив устанавливался на мёрзлую землю. Для исключения попадания

засветок от лучей Солнца в объектив нивелира (особенно во время его восхода или захода) рейки устанавливались по направлению север-юг. Также для защиты от попадания солнечных лучей на нивелир применялся геодезический зонт.

Сущность исследований заключалась в определении величины изменения отсчёта по реке на станции при расстояниях до рек 25 и 50 м и высоте визирного луча над подстилающей поверхностью 40-50 см. Исследования выполнялись следующим образом. Спустя 15-20 мин после восхода Солнца 15 раз производился начальный отсчёт по рейке, после чего средний из них для данного дня принимался за исходный. Затем в течение всего дня с интервалом 5 мин отсчёты производились снова (из трехкратных измерений) и 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.

Исследования производились для расстояния 25 и 50 м.

Результаты исследований.

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

2. Расстояние до рейки 50 м. При увеличении расстояния до максимального 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, что является существенным и, следовательно, будет влиять на результаты измерения превышений. В утреннее и вечернее время при расстоянии до рек в 25 м изменение отсчёта составляет 0,10-0,20 мм.

Результаты измерений приведены на рис. 1.

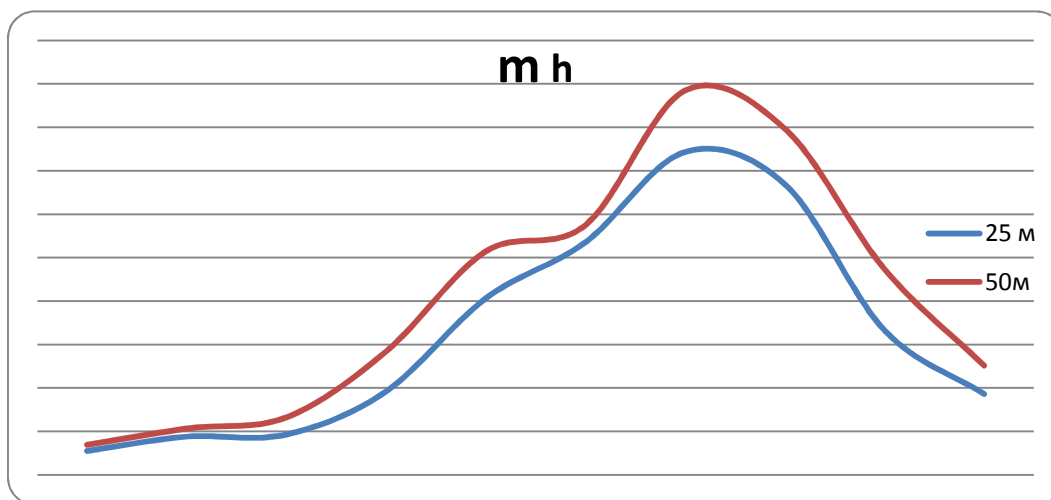


Рис. 1. Величина изменения отсчёта по рейке в зависимости от времени выполнения измерения

По результатам исследований можно сделать 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. Таким образом, влияние вертикальной рефракции в зимнее время на результаты нивелирования цифровыми нивелирами аналогично влиянию в летний период времени [1]. Поэтому высокоточное нивелирование в зимнее время также необходимо выполнять в пасмурную погоду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уставич Г.А., Соболева Е.Л., Рябова Н.М., Сальников В.Г. Исследование влияние рефракции на результаты нивелирования цифровыми нивелирами// Геодезия и картография. - 2011. - №5. - С. 3-9.

© Е.Л. Соболева, В.Г. Сальников, Н.М. Рябова, 2012

ЕДИНЫЙ РЕКУРСИВНЫЙ АЛГОРИТМ УРАВНИВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Амридон Гемзаевич Барлиани

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, к.т.н., доцент кафедры прикладной информатики, тел. (983) 319-99-31

Светлана Александровна Егорова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, доцент кафедры прикладной информатики, тел. (923) 109-05-15, e-mail: EgorovaS.A@yandex.ru

В статье рассматривается единый рекурсивный алгоритм уравнивания и оценки точности геодезических сетей на основе псевдонормального решения.

Ключевые слова: геодезическая сеть, псевдообратная матрица, рекурсивный алгоритм.

UNIFORM RECURSIVE ALGORITHM FOR GEODETIC OBSERVATIONS ACCURACY ADJUSTMENT AND ASSESSMENT

Amridon G. Barliani

Ph.D., Assoc. Prof., department of applied informatics, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo st., 630108, Novosibirsk, phone: (983) 319-99-31

Svetlana A. Yegorova

Assoc. Prof., department of applied informatics, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo st., 630108, Novosibirsk, phone: . (923) 109-05-15, e-mail: EgorovaS.A@yandex.ru

The uniform recursive algorithm for adjusting and assessing geodetic networks on the basis of pseudonormal solution is considered.

Keywords: geodetic network, pseudoinverse matrix, recursive algorithm.

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, 3]. 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 качество результатов уравнивания и оценки

точности, если отказаться от поиска решения по методу наименьших квадратов в пользу метода псевдонормального решения. Посредством этого метода, как увидим дальше, с успехом решаются также задачи уравнивания и оценки точности свободных и несвободных геодезических сетей.

Для начала необходимо 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 данная система является несовместной. В связи с этим для решения несовместной системы уравнений (1) необходимо применить псевдонормальное решение [1, 2].

Рассмотрим уравнивание свободных геодезических сетей с неравноточно измеренными величинами с ковариационной матрицей:

$$K_y = \mu^2 P^{-1}, \quad (2)$$

где μ – оценка средней квадратической ошибки единицы веса;

P – диагональная матрица результатов измерений.

В этих условиях система параметрических уравнений поправок (1) переписывается следующим образом:

$$P^{\frac{1}{2}} A \tilde{\Delta} + P^{\frac{1}{2}} l = P^{\frac{1}{2}} V. \quad (3)$$

Необходимо ввести обозначения: $P^{\frac{1}{2}} A = \bar{A}$, $P^{\frac{1}{2}} l = \bar{l}$, $P^{\frac{1}{2}} V = \bar{V}$. С учетом введенных обозначений систему (3) можно переписать в следующей форме:

$$\bar{A} \tilde{\Delta} + \bar{l} = \bar{V}. \quad (4)$$

Псевдонормальное решение системы (4) запишется так:

$$\tilde{\Delta} = -\bar{A}^+ \bar{l} = -\bar{A}^+ P^{\frac{1}{2}} l. \quad (5)$$

Итак, на основании формулы (5) решается задача уравнивания свободных геодезических сетей методом псевдонормального решения. В данном случае основная проблема состоит в вычислении псевдообратной матрицы $\bar{A}^+$.

На основании метода Гревилля, необходимо привести рекурсивный алгоритм вычисления псевдообратной матрицы [1, 2]. Для этого матрица параметрических уравнений поправок (4) запишется в виде:

$$\bar{A} = \left[\bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_r, \bar{a}_{r+1}, \dots, \bar{a}_k \right], \quad (6)$$

где $\bar{a}_j$ – вектор-столбец, который имеет вид:

$$\bar{a}_j = \begin{pmatrix} \bar{a}_{j1} \\ \bar{a}_{j2} \\ \vdots \\ \bar{a}_{jn} \end{pmatrix}.$$

Для начала рекурсии известным образом нужно найти псевдообратную вектор-строку по следующей формуле:

$$\bar{A}_0^+ = \frac{\bar{a}_1^T}{\|\bar{a}_1\|^2},$$

где $\|\bar{a}_1\|^2$ – квадрат евклидовой нормы вектора $\bar{a}_1$.

Далее по следующей формуле:

$$\bar{A}_j^+ = \begin{pmatrix} \bar{A}_{j-1}^+ - \bar{A}_{j-1}^+ \bar{a}_j \beta_j \\ \beta_j \end{pmatrix}, \quad (7)$$

последовательно присоединяя столбцы из (6) и после $(k-1)$ -кратного обращения к ней, получается псевдообратная матрица $\bar{A}^+$ параметрических уравнений поправок. Здесь β_j рассчитывается по формуле:

$$\beta_j = \begin{cases} \frac{C_j^T}{\|C_j\|^2}, & \text{если } C_j \neq 0 \end{cases} \quad (10)$$

$$\beta_j = \begin{cases} \frac{d_j^T \bar{A}_{j-1}^+}{1 + \|d_j\|^2}, & \text{если } C_j = 0 \end{cases} \quad (11)$$

где

$$d_j = \bar{A}_{j-1}^+ \bar{a}_j; \quad (12)$$

$$C_j = \bar{a}_j - \bar{A}_{j-1}^+ d_j. \quad (13)$$

Следует отметить, что при вычислении псевдообратной матрицы $\bar{A}^+$ по формуле (7) возникают затруднения, связанные с выбором способа вычисления β_j . В данном случае принципиально важно, будет или нет нулевым вектор C_j . В обычной арифметике с плавающей точкой, где имеются ошибки округления, крайне трудно установить, являются ли компоненты вектора C_j точными нулями. Очевидно, что эти затруднения связаны с необходимостью одновременно с псевдообращением определять ранг матрицы A . Так как для свободных геодезических сетей ранг матрицы параметрических уравнений поправок известен и равен $r = k - d$. Поэтому для первых r столбцов вектор β_j

будет вычисляться по формуле (10), а для последних $d = k - r$ столбцов матрицы (6) вектор β_j находится по формуле (11).

При таком подходе отпадает необходимость процесса сравнения компонентов вектора C_j с нулем, который является достаточно трудоемкой процедурой.

При оценке точности неравноточно измеренных величин уравненных по методу псевдонормального решения, ковариационную матрицу параметров можно получить по формуле:

$$K_{\tilde{x}} = \mu^2 \bar{A}^+ \bar{A}^{+T}. \quad (14)$$

В этих условиях среднеквадратическую ошибку j -го параметра следует вычислять по выражению:

$$m_{\tilde{x}_j} = \mu \|\bar{a}_j^+\|. \quad (15)$$

При оценке точности результатов уравнивания геодезических сетей с неравноточно измеренными величинами, для оценки точности одной функции необходимо использовать следующую формулу:

$$m_F = \mu \|\bar{D}\|. \quad (16)$$

Здесь вектор-строка $\bar{D} = f \bar{A}^+$.

В заключении необходимо перейти к сплошной оценке точности уравненного вектора равноточно измеренных величин. Для этого известным образом вектор-столбец уравненных измерений $\tilde{y}$ нужно выразить в виде линейной функции уравненных параметров, которая запишется следующим образом:

$$\tilde{y} = \varphi(x^0) - A \bar{A}^+ P^{\frac{1}{2}} l. \quad (17)$$

Здесь вектор-столбец $\varphi(x^0)$ состоит из неслучайных величин. Поэтому на основании известной теоремы оценки точности можно получить ковариационную матрицу уравненного вектора измерений:

$$K_{\tilde{y}} = \mu^2 A \bar{A}^+ \bar{A}^{+T} A^T.$$

Здесь, учитывая тот факт, что $P^{\frac{1}{2}} P^{-1} P^{\frac{1}{2}}$ – единичная матрица соответствующих размеров $(n \times n)$, поэтому окончательно можно получить следующее выражение для вычисления ковариационной матрицы неравноточно измеренного уравненного вектора:

$$K_{\tilde{y}} = \mu^2 A \bar{A}^+ \bar{A}^{+T} A^T. \quad (18)$$

Для удобства требуется ввести обозначение:

С учетом этого

На основании полученной ковариационной матрицы (19) можно получить удобную формулу, позволяющую вычислять среднеквадратические ошибки неравноточно измеренных величин, ее можно представить в виде:

где $\|\overline{D}_i\|$ – как всегда евклидова норма i -ой строки квадратной матрицы D .

Таким образом, решается проблема оценки точности свободных и несвободных геодезических сетей уравненных на основании метода псевдонормального решения в параметрической версии.

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. Барлиани А. Г. Метод Гревилля при уравнивании геодезических сетей // ГЕО – Сибирь – 2008. Т. 1. Ч. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Спутниковые навигационные: сб. матер. IV Междунар. научн. конгресса «ГЕО – Сибирь – 2008», 22 – 24 апреля 2008 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2008. – С. 271 – 273.

3. Маркузе Ю. И. и др. Геодезия. Вычисление и уравнивание геодезических сетей / Ю.И. Маркузе, Е. Г. Бойко, В. В. Голубев. – М.: Картоцентр – Геодезиздат, 1994. – 431 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКУРСИВНОГО АЛГОРИТМА ПСЕВДООБРАЩЕНИЯ НА ВОЗМУЩЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Амридон Гемзаевич Барлиани

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, к.т.н., доцент кафедры прикладной информатики, тел. (983) 319-99-31

Светлана Александровна Егорова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, доцент кафедры прикладной информатики, тел. (923) 109-05-15, e-mail: EgorovaS.A@yandex.ru

В статье выполнено всестороннее исследование рекурсивного алгоритма псевдообращения на устойчивость к ошибкам исходной информации. Делается заключение о том, что предложенный алгоритм получения псевдообратной матрицы является достаточно устойчивым к возмущениям исходных данных.

Ключевые слова: геодезическая сеть, псевдообратная матрица, рекурсивный алгоритм.

RESEARCH OF RECURSIVE ALGORITHM FOR INITIAL DATA DISTURBANCE PSEUDOREVERSAL

Amridon G. Barliani

Ph.D., Assoc. Prof., department of applied informatics, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo st., 630108, Novosibirsk, phone: (983) 319-99-31

Svetlana A. Yegorova

Assoc. Prof., department of applied informatics, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo st., 630108, Novosibirsk, phone: . (923) 109-05-15, e-mail: EgorovaS.A@yandex.ru

Comprehensive research of the recursive algorithm for initial information errors tolerance pseudoreversal is presented. It is concluded that the offered pseudoreversal matrix algorithm is tolerant enough to initial data disturbance.

Key words: geodetic network, pseudoreversal matrix, recursive algorithm.

Необходимо рассмотреть проблему, представляющую большой теоретический и практический интерес, при вычислении псевдообратных матриц. Это проблема устойчивости алгоритма к малым возмущениям. Пусть A – произвольная матрица, для которой необходимо вычислить псевдообратную матрицу A^+ . Спрашивается, что можно сказать об элементах псевдообратной матрицы $A + \lambda I$, где I – матрица состоящая из «единиц», а λ – малый параметр? Так как, как правило, интересуются лишь формальной стороной теории, то здесь не будет рассматриваться вопрос о том, каким должен быть параметр λ , чтобы название «малый» было действительно уместным.

Если рассматриваемый алгоритм устойчив к малым возмущениям, можно ожидать, что элементы псевдообратной матрицы $(A + \lambda I)^+$ и псевдообратной матрицы A^+ будут различными, но близкими друг к другу. Иначе говоря, алгоритм считается устойчивым к «малым» возмущениям λ , если разность между соответствующими элементами точной и возмущенной псевдообратной матриц, по крайней мере, по модулю не превосходит параметр возмущения λ .

Необходимо заметить, что устойчивость вычислительного алгоритма актуальна для класса задач, называемых плохо обусловленными, для которых точное решение предельно чувствительно к «малым» возмущениям исходных данных. При решении таких задач эффект ошибок округления, что может интерпретировано как возмущение исходных данных, может быть катастрофическим.

Необходимо заметить, что при уравнивании геодезических сетей такие исходные данные, как вектор свободных членов параметрических уравнений поправок, весовая матрица измеренных величин и коэффициенты уравнений поправок вычисляются приближенно. Также в процесс уравнивательных вычислений на компьютерах действуют ошибки округления. Эти обстоятельства могут привести к далеко неправильным результатам уравнивания и оценки точности.

По этим причинам имеются серьезные поводы для испытания рекурсивного алгоритма псевдообращения, на устойчивость к «малым» возмущениям исходных данных.

Необходимо перейти к конкретной задаче исследования рекурсивного алгоритма к устойчивости к возмущениям исходных данных. Для этого можно рассмотреть свободную нивелирную сеть с равноточно измеренными превышениями (рис. 1).

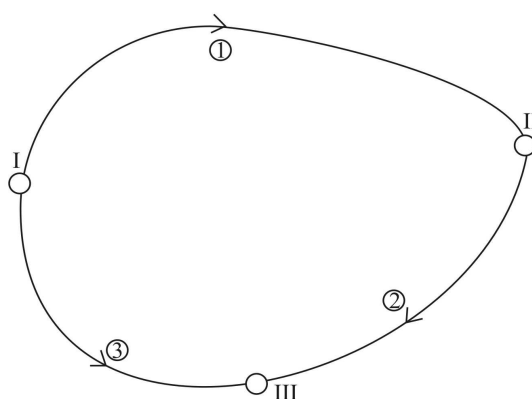


Рис. 1. Свободная нивелирная сеть

Данной нивелирной сети соответствует матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок:

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

Определитель матрицы нормальных уравнений равен нулю ($\det R = 0$).

Далее по следующей формуле:

$$\bar{A}_j^+ = \begin{vmatrix} \bar{A}_{j-1}^+ - \bar{A}_{j-1}^+ \bar{a}_j \beta_j \\ \beta_j \end{vmatrix}, \quad (2)$$

последовательно присоединяя столбцы из (1) и после $(k-1)$ -кратного обращения к ней, получается псевдообратная матрица $\bar{A}^+$ параметрических уравнений поправок. Здесь β_j рассчитывается по формуле:

$$\beta_j = \begin{cases} \frac{C_j^T}{\|C_j\|^2}, & \text{если } C_j \neq 0 \\ \frac{d_j^T \bar{A}_{j-1}^+}{1 + \|d_j\|^2}, & \text{если } C_j = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

где

$$d_j = \bar{A}_{j-1}^+ \bar{a}_j; \quad (4)$$

$$C_j = \bar{a}_j - \bar{A}_{j-1}^+ d_j. \quad (5)$$

По рекурсивному алгоритму (2) можно определить точную псевдообратную матрицу к матрице (2.94), которая равна:

$$A^+ = \begin{vmatrix} -0,3333... & 0 & -0,3333... \\ 0,3333... & -0,3333... & 0 \\ 0 & 0,3333... & 0,3333... \end{vmatrix} = \frac{1}{3} \begin{vmatrix} -1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}. \quad (6)$$

Далее необходимо приступить к проверке алгоритма на устойчивость к возмущениям элементов исходной матрицы уравнений поправок. На первом этапе требуется ввести возмущения таким образом, чтобы определитель матрицы нормальных уравнений не менялся. Пусть вес первого превышения составляет 1,001. Это приводит к преобразованной матрице уравнений поправок:

$$\bar{A}_\lambda = P^1 A = \begin{vmatrix} -1,000499875 & 1,000499875 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (7)$$

Очевидно, что ($\det \bar{R} = 0$).

Псевдообратную матрицу $\bar{A}^+$ нужно вычислить по алгоритму (2):

$$\bar{A}_{\lambda}^{+} = \begin{vmatrix} -0,3332778 & -0,0001110 & -0,3332222 \\ 0,3332778 & -0,3332222 & -0,0001110 \\ 0 & 0,3333333 & 0,3333333 \end{vmatrix}. \quad (8)$$

Пусть теперь веса первых двух превышений соответствуют 1,001. Этот факт приводит к матрицам коэффициентов уравнений поправок и нормальных уравнений, которые имеют вид соответственно:

$$\bar{A}_{\lambda} = \begin{vmatrix} -1,000499875 & 1,000499875 & 0 \\ 0 & -1,000499875 & 1,000499875 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (9)$$

Понятно, что $\det(R_{\lambda}) = 0$.

Аналогичным образом находится псевдообратная матрица для матрицы (9):

$$\bar{A}_{\lambda}^{+} = \begin{vmatrix} -0,3332778 & -0,0001110 & -0,3332223 \\ 0,3331668 & -0,3331668 & 0 \\ 0,0001110 & 0,3332778 & 0,3332223 \end{vmatrix}, \quad (10)$$

Далее вводятся равные возмущения на все элементы матрицы нормальных уравнений. Для этого веса всех трех измеренных превышений приравниваются к величине 1,001. Тогда можно получить матрицу коэффициентов уравнений поправок и матрицу нормальных уравнений:

$$\bar{A}_{\lambda} = P^1 A = \begin{vmatrix} -1,000499875 & 1,000499875 & 0 \\ 0 & -1,000499875 & 1,000499875 \\ -1,000499875 & 0 & 1,000499875 \end{vmatrix}, \quad (11)$$

В данном случае определитель матрицы $\bar{R}_{\lambda}$ также равен нулю.

По изложенной методике находятся матрицы A^{+} и R^{+} , которым соответствуют матрицы:

$$\bar{A}_{\lambda}^{+} = \begin{vmatrix} -0,3331668 & 0 & -0,3331668 \\ 0,3331668 & -0,3331668 & 0 \\ 0 & 0,3331668 & 0,3331668 \end{vmatrix}, \quad (12)$$

Сравнивая элементы точной псевдообратной матрицы (6) с элементами возмещенных псевдообратных матриц в различных вариациях возмущения, можно сделать вывод о том, что абсолютная разность между ними не превосходит величину возмущения 0,001. Это говорит о том, что предложенный алгоритм получения псевдообратной матрицы является достаточно устойчивым к возмущениям исходных данных.

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. Барлиани А. Г. Метод Гревилля при уравнивании геодезических сетей // ГЕО – Сибирь – 2008. Т. 1. Ч. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия.

Спутниковые навигационные: сб. матер. IV Междунар. научн. конгресса «ГЕО – Сибирь – 2008», 22 – 24 апреля 2008 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2008. – С. 271 – 273.

3. Маркузе Ю. И. и др. Геодезия. Вычисление и уравнивание геодезических сетей / Ю.И. Маркузе, Е.Г. Бойко, В.В. Голубев. – М.: Картоцентр – Геодезиздат, 1994. – 431 с.

© *А.Г. Барлиани, С.А. Егорова, 2012*

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СИНТЕЗИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ МНК-ОПТИМИЗАЦИИ И ВЫЧИСЛЕНИЕ ПСЕВДООБРАТНЫХ МАТРИЦ

Владимир Абрамович Падве

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, профессор кафедры прикладной информатики, тел. (383) 343-18-54, тел. 8-913-958-1234

Рассматривается использование универсального синтезированного алгоритма, позволяющего обрабатывать как свободные, так и несвободные геодезические сети.

Ключевые слова: универсальный синтезированный алгоритм, гиперматрица, математическая модель, стохастическое расширение, ковариационные матрицы.

UNIVERSAL SYNTHESIZED ALGORITHM OF LS-OPTIMIZATION AND COMPUTATION OF PSEUDOINVERSE MATRICES

Vladimir A. Padve

Siberian state academy of geodesy, 10 Plakhotnogo, Novosibirsk 630108, professor, department of applied information science, tel. (383) 343-18-54, tel. 8-913-958-1234

A universal synthesized algorithm is considered. It permits mathematical processing of both “free” and “fixed” geodetic networks.

Key words: universal synthesized algorithm, hyper matrix, mathematical model, statistical extensions, pseudoinverse matrices.

Универсальный синтезированный алгоритм (УСА) [1] МНК-оптимизации геопространственных данных (ГД) представляет собой расширенный *фундаментальный алгоритм коррелятной версии МНК-уравнивания и оценки точности* ГД. Математическая модель УСА представляет собой неявные уравнения связи:

$$\Phi(U_{1;n+q+k}^T) = \Phi(Y_{1n}^T : Z_{1q}^T : X_{1k}^T) = 0, \quad (1)$$

где Y_{n1} , Z_{q1} , X_{k1} – векторы «истинных» значений измеряемых величин, координат опорных пунктов и определяемых параметров. Линеаризованная форма этой модели имеет вид

$$B_{rn} v_{n1} + C_{rq} z_{q1} + A_{rk} x_{k1} + W_{r1} = 0_{r1}. \quad (2)$$

Здесь v_{n1} , z_{q1} , x_{k1} – это «истинные» поправки к измерениям y_{n1} , координатам опорных пунктов z_{q1} и приближенным значениям определяемых параметров x_{k1} , объединяемым в блочный вектор $u^T = (y^T | z^T | x^T)$. Вектор

$$W_{r1} = \Phi(y^T, z^T, x^T) \quad (3)$$

представляет собой вектор «невязок» уравнений связи (1), а B , C , A – это коэффициенты, являющиеся частными производными, вычисляемыми в точке $u^T = (y^T | z^T | x^T)$:

$$B = \{\partial\Phi / \partial Y\}_u; C = \{\partial\Phi / \partial Z\}_u; A = \{\partial\Phi / \partial X\}_u. \quad (4)$$

Модель (2) дополняется стохастической составляющей в форме априорной блочной ковариационной матрицы ГД, некоррелированных между собой:

$$K_u = \begin{bmatrix} K_y & 0 & 0 \\ 0 & K_z & 0 \\ 0 & 0 & K_x \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Функционал МНК-оптимизации модели (2), характеризующейся ковариационной матрицей (5), будет иметь вид:

$$\Theta = \tilde{U}^T K_u^{-1} \tilde{U} = \tilde{V}^T K_y^{-1} \tilde{V} + \tilde{Z}^T K_z^{-1} \tilde{Z} + \tilde{X}^T K_x^{-1} \tilde{X} = \min, \quad (6)$$

где $\tilde{U}^T = (\tilde{V}^T : \tilde{Z}^T : \tilde{X}^T)$ – это блочный вектор МНК-оценок для поправок v , z , x .

Минимизация (6) по Лагранжу порождает следующую систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \partial\Theta/\partial\tilde{V} &= K_y^{-1}\tilde{V} + B^T\Lambda = 0 \\ \partial\Theta/\partial\tilde{Z} &= K_z^{-1}\tilde{Z} + C^T\Lambda = 0 \\ \partial\Theta/\partial\tilde{X} &= K_x^{-1}\tilde{X} + A^T\Lambda = 0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Присоединив к этим уравнениям линеаризованную модель (2), можно построить *синтезированную симметрическую гиперматрицу* [1]:

$$\begin{bmatrix} K_y^{-1} & 0 & 0 & B^T \\ 0 & K_z^{-1} & 0 & C^T \\ 0 & 0 & K_x^{-1} & A^T \\ B & C & A & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \tilde{V} \\ \tilde{Z} \\ \tilde{X} \\ \Lambda \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Решение гиперсистемы (8) даёт корни, являющиеся МНК-поправками в измерения y_{n1} , в координаты опорных пунктов z_{q1} и в приближенные значения искомых параметров x_{k1} :

$$\begin{bmatrix} \tilde{V} \\ \tilde{Z} \\ \tilde{X} \\ \Lambda \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} K_y^{-1} & 0 & 0 & B^T \\ 0 & K_z^{-1} & 0 & C^T \\ 0 & 0 & K_x^{-1} & A^T \\ B & C & A & 0 \end{bmatrix}^{-1} * \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ W \end{bmatrix} \quad (9)$$

Обратная гиперматрица коэффициентов системы (9) является *априорной блочной ковариационной матрицей оптимизированных (уравненных) значений ГД* [2]:

$$\begin{bmatrix} K_y^{-1} & 0 & 0 & B^T \\ 0 & K_z^{-1} & 0 & C^T \\ 0 & 0 & K_x^{-1} & A^T \\ B & C & A & 0 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} K_{\bar{Y}} & K_{\bar{Y}\bar{Z}} & K_{\bar{Y}\bar{X}} & K_{\bar{Y}\Lambda} \\ K_{\bar{Y}\bar{Z}} & K_{\bar{Z}} & K_{\bar{Z}\bar{X}} & K_{\bar{Z}\Lambda} \\ K_{\bar{Y}\bar{X}} & K_{\bar{Z}\bar{X}} & K_{\bar{X}} & K_{\bar{X}\Lambda} \\ K_{\bar{Y}\Lambda} & K_{\bar{Z}\Lambda} & K_{\bar{X}\Lambda} & -K_{\Lambda} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Уравненные (оптимизированные) значения данных будут получены после введения в них МНК-поправок (9):

$$\bar{Y} = y + \tilde{V}; \quad \bar{Z} = z + \tilde{Z}; \quad \bar{X} = x + \tilde{X}. \quad (11)$$

Завершив уравнивание (11), переходят к оценке *масштабного показателя точности* (МПТ) [3]. Априори МПТ ГД $\sigma_0^2 = 1$, т.к. теоретически $E(\sigma^2 = (v^T K^{-1} v)/n) = 1$. Апостериорное значение этого показателя вычисляется с использованием квадратичной формы (6):

$$\mu^2 = \Theta/r, \quad (12)$$

где $r = n + q + k - s$ – это объем избыточных данных, а s – их необходимое количество, определяемое *целью создания геодезического построения* (ГП). ГП – это *геометрическая структура, реализованная в околоземном и земном физическом пространстве с целью его координатизации*.

Математическое ожидание апостериорного значения показателя точности (12) так же равно единице [3].

Классический алгоритм учёта ошибок координат опорных пунктов получается из УСА путём отказа от случайности приближенных значений определяемых параметров. Это равносильно тому, что матрица K_x^{-1} полагается равной нулевой. Гиперсистема (8) для такого алгоритма ($K_x^{-1} = 0$; $B = -I$; $W = -L$) будет иметь следующую форму:

$$\left\| \begin{array}{cccc} K_y^{-1} & 0 & 0 & -I \\ 0 & K_z^{-1} & 0 & C^T \\ 0 & 0 & 0 & A^T \\ -I & C & A & 0 \end{array} \right\| * \left\| \begin{array}{c} \tilde{V} \\ \tilde{Z} \\ \tilde{X} \\ \Lambda \end{array} \right\| - \left\| \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \\ L \end{array} \right\| = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\|. \quad (13)$$

При обращении матрицы коэффициентов этой системы вновь получится блочная матрица (10), содержащая априорные ковариационные блоки уравненных значений измерений, опорных координат и определяемых параметров:

$$\left\| \begin{array}{cccc} K_y^{-1} & 0 & 0 & -I \\ 0 & K_z^{-1} & 0 & C^T \\ 0 & 0 & 0 & A^T \\ -I & C^T & A^T & 0 \end{array} \right\|^{-1} = \left\| \begin{array}{cccc} K_{\bar{Y}} & K_{\bar{Y}Z} & K_{\bar{Y}X} & K_{\bar{Y}\Lambda} \\ K_{\bar{Y}Z} & K_{\bar{Z}} & K_{\bar{Z}X} & K_{\bar{Z}\Lambda} \\ K_{\bar{Y}X} & K_{\bar{Z}X} & K_{\bar{X}} & K_{\bar{X}\Lambda} \\ K_{\bar{Y}\Lambda} & K_{\bar{Z}\Lambda} & K_{\bar{X}\Lambda} & -K_{\Lambda} \end{array} \right\|.$$

Синтезированный алгоритм (13) решает задачу МНК-оптимизации как *свободных, так и несвободных геодезических построений*. Поскольку в свободных построениях отсутствуют опорные координаты Z , опустим блоки, связанные с ними, и выполним регуляризацию блока $K_x^{-1} = 0$, заменив его блоком $K_x^{-1} = \alpha * I$, в котором $\alpha = 10^{-6} \div 10^{-8}$. В свободном геодезическом построении ранг матрицы «А» меньше числа её столбцов, т.е. $\text{rank}(A) < k$.

$$\left\| \begin{array}{ccc} K_y^{-1} & 0 & -I \\ 0 & \alpha * I & A^T \\ -I & A & 0 \end{array} \right\| * \left\| \begin{array}{c} \tilde{V} \\ \tilde{X} \\ \Lambda \end{array} \right\| = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ L \end{array} \right\|. \quad (14)$$

Решение гиперсистемы (14) методом обращения принимает вид

$$\begin{bmatrix} \tilde{V} \\ \tilde{X} \\ \Lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_y^{-1} & 0 & -I \\ 0 & \alpha * I & A^T \\ -I & A & 0 \end{bmatrix}^{-1} * \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ L \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Обратная матрица коэффициентов системы (15) имеет такую структуру:

$$\begin{bmatrix} K_y^{-1} & 0 & -I \\ 0 & \alpha * I & A^T \\ -I & A & 0 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} K_{\bar{Y}} & K_{\bar{Y}\bar{X}} & K_{\bar{Y}\Lambda} \\ K_{\bar{X}\bar{Y}} & S & A^+ \\ K_{\Lambda\bar{Y}} & (A^+)^T & -K_{\Lambda} \end{bmatrix}. \quad (16)$$

Центральный блок матрицы (16) представляет собой квадратную матрицу:

$$S_{kk} \approx \frac{1}{\alpha * k} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{kk}. \quad (17)$$

Крайний правый блок A^+ в среднем ряду гиперматрицы (16) – это обобщённая обратная матрица Пенроуза, являющаяся «единственным решением минимальной длины для задачи наименьших квадратов» [4]. С её помощью производится вычисление априорной ковариационной матрицы уравненных значений параметров:

$$K_{\bar{X}} = (A^+) * K_y * (A^+)^T. \quad (18)$$

В случае, когда матрица «А» является матрицей полного столбцового ранга, т.е. построение не свободно, матрица (18) вычисляется синтезированным алгоритмом автоматически и располагается на месте блока S в (16), который принимает такой вид:

$$\begin{bmatrix} K_{\bar{Y}} & K_{\bar{Y}\bar{X}} & K_{\bar{Y}\Lambda} \\ K_{\bar{X}\bar{Y}} & K_{\bar{X}} & K_{\bar{X}\Lambda} \\ K_{\Lambda\bar{Y}} & K_{\Lambda\bar{X}} & -K_{\Lambda} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Пример построения априорной ковариационной матрицы уравненных значений параметров (18) по материалам данных свободной сети, заимствованной из [5, стр. 449], иллюстрирует работу формул (14) – (18).

В упомянутом примере измерения полагаются равноточными, т.е.

$$\sigma_0^2 \equiv 1; K_y = \sigma_0^2 * I_{55} = I_{55}. \quad (20)$$

Матрица коэффициентов уравнений поправок $A_{nk} = A_{54}$ определяется схемой ГП, приведённой там же:

$$A_{54} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}. \quad (21)$$

Синтезированная блочная матрица (14) для данного примера принимает вид (22):

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
0	0	0	0	0	0	1,E-06	0	0	0	-1	0	1	-1	0
0	0	0	0	0	0	0	1,E-06	0	0	1	-1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1,E-06	0	0	1	-1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,E-06	0	0	0	1	-1
-1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0

После обращения гиперматрица (22) будет иметь такую структуру:

$$\begin{pmatrix} K_{\bar{Y}} & K_{\bar{Y}\bar{X}} & K_{\bar{Y}\Lambda} \\ K_{\bar{X}\bar{Y}} & S & A^+ \\ K_{\Lambda\bar{Y}} & (A^+)^T & -K_{\Lambda} \end{pmatrix}. \quad (23)$$

Блок A^+_{45} – это псевдообратная матрица Пенроуза (24):

-0,250	0,000	0,250	-0,250	0,000
0,375	-0,375	0,000	-0,125	0,125
0,000	0,250	-0,250	0,000	0,250
-0,125	0,125	0,000	0,375	-0,375

Окончательно, выполнив умножения матриц A^+ (24), $K_y = I_{55}$ и $(A^+)^T$ по формуле (18), получаем априорную ковариационную матрицу уравненных значений параметров $N^+_{44} = A^+_{45} * (A^+)^T_{54}$ (24):

0,1875	-0,0625	-0,0625	-0,0625	= 1/16*	3	-1	-1	-1
-0,0625	0,3125	-0,0625	-0,1875		-1	5	-1	-3
-0,0625	-0,0625	0,1875	-0,0625		-1	-1	3	-1
-0,0625	-0,1875	-0,0625	0,3125		-1	-3	-1	5

Полученный результат абсолютно согласуется с матрицей, приведённой в примере из [5] и воспроизведённой здесь в виде простых дробей.

Формулы (14) – (18) были дополнительно проверены на примерах из [5] (стр. 460), из [6], из [7] (стр. 409) и [8] (стр.77-79). Совпадение результатов полное.

Таким образом, можно резюмировать действительную универсальность синтезированного алгоритма для оптимизации как свободных, так и несвободных геодезических построений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Падве В.А. Универсальный синтезированный алгоритм МНК-оптимизации геопространственных данных [Текст] / В.А. Падве // ГЕО-Сибирь – 2005, Т.1, ч.2.
2. Падве В.А. Синтезированный алгоритм коррелятной версии МНК-оптимизации геопространственных данных [Текст] / В.А. Падве // ГЕО-Сибирь – 2006, Т.6.
3. Падве В.А. Показатель точности геопространственных данных [Текст] / В.А. Падве // Геодезия и картография. – 2005. - № 1 – С. 18 – 19.
4. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов – М.: Наука, 1986.
5. Машимов М.М. Методы математической обработки астрономо-геодезических измерений. – М.: Издание ВИА, 1990.
6. О вариационном методе регуляризации при уравнивании свободных геодезических сетей / А.Н. Тихонов и др. // Изв. вузов Геодезия и аэрофотосъемка. 1978 – №3. – С. 3 – 10.
7. Gilbert Strang & Kai Borre. Linear algebra, Geodesy, and GPS. Wellesley-Cambridge Press, 1997.
8. Барлиани А.Г. Разработка алгоритмов уравнивания и оценки точности свободных и несвободных геодезических сетей на основе псевдонормального решения – Новосибирск: СГГА, 2010.

© В.А. Падве, 2012

БЛОК ДЛЯ УРАВНИВАНИЯ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫХ СЕТЕЙ ПАКЕТА ПРОГРАММ ADJUST

Юрий Исидорович Маркузе

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, г. Москва, Гороховский пер. 4, профессор кафедры геодезии, доктор технических наук, тел. 8-916-703-2831, e-mail yumarkuze@mail.ru

В статье рассмотрен блок CAD, предназначенный для уравнивания плановых сетей (триангуляции, полигонометрии, трилатерации) совместно с пунктами, определяемыми различного вида засечками, которые в кадастровых сетях играют роль межевых знаков. Пакет компьютерных программ ADJUST включает в себя также следующие блоки: LEVEL - уравнивание нивелирных сетей, GPS – уравнивание спутниковых сетей с объединением их с наземными сетями как в пространстве, так и на плоскости. Все блоки основаны на рекуррентном уравнивании, позволяющим выполнять контроль грубых ошибок измерений и исходных данных с их поиском. Все они включают блоки для анализа плановых и высотных деформаций пунктов.

Ключевые слова: пакет программ, линейно-угловые сети, спутниковые сети, нивелирные сети, деформационный анализ, рекуррентное уравнивание, грубые ошибки.

THE BLOCK FOR ADJUSTMENT LINEARLY-ANGULAR NETWORKS OF THE SOFTWARE PACKAGE ADJUST

Yuri I. Markuze

The Moscow state university of a geodesy and cartography, 105064, Moscow, the Gorohovsky lane 4, the professor of chair of a geodesy a Dr.Sci.Tech., ph. 8-916-703-2831: e-mail: yumarkuze@mail.ru

In the article block CAD intended for adjustment of planned networks (a triangulation, traverses, trilaterations) together with points, determined as different kind of reversed and intersections, that in cadastral networks as boundary points is considered. The package of computer programs ADJUST includes also following blocks: LEVEL - adjustment of the level networks, GPS – adjustment of satellite networks with their combinations with terrestrial networks both in space, and on a plane. All blocks are based on the recurrent adjustment, allowing to carry out control of the blunders of measurements and the initial data with their search. All of them include blocks for the analysis of planned and high-rise deformations of points.

Key words: package of the program, linearly - angular and leveling networks, space networks, deformations analysis, blunders, recurrent adjustment.

Пакет CAD позволяет после совместного уравнивания со сплошной оценкой точности всех пунктов определять площади земельных участков со строгой оценкой их точности (с учётом корреляционной матрицы координат вершин многоугольника).

Метод уравнивания линейно-угловых сетей основан на рекуррентном алгоритме [1], который связан с последовательным учетом всех измерений.

Важнейшим преимуществом рекуррентного уравнивания является возможность контроля грубых ошибок измерений и исходных данных. Он является также удобным для уравнивания с учётом ошибок исходных данных - координат исходных пунктов. Программа также предусматривает возможность оценки точности проектов геодезических сетей. Имеется также возможность уравнивать полигонометрические сети как с угловой, так и без угловой привязки.

Вычислительный процесс содержит следующие основные этапы.

1. Подготовка информации о построении и ввод исходных данных.
2. Предварительное уравнивание только угловых измерений с контролем возможных их грубых ошибок, вычисление приближенных координат пунктов и начального (исходного) дирекционного угла в полигонометрии без угловой привязки.
3. Окончательное уравнивание с контролем грубых ошибок и оценкой точности координат всех пунктов (с вычислением их полной ковариационной матрицы).
4. Вычисление координат пунктов, определенных различного вида засечками (с их оценкой точности) только по необходимым измерениям.
5. Повторное совместное уравнивание всех измерений (п. 2 и 3)
6. Вычисление площадей земельных участков с оценкой точности.

Остановимся подробно на каждом из этапов.

1. Ввод исходной информации осуществляется в режиме диалога в виде ответов на вопросы и удобного ввода числовых величин.

Прежде всего необходимо с помощью специальной таблицы на экране монитора ввести в любом порядке имена всех пунктов.

Имена пунктов - засечек должны начинаться с буквы "z".

Однако "полярки" можно рассматривать и как пункты полигонометрической сети. Это целесообразно делать, когда других видов определения межевых знаков нет.

Межевые знаки - комбинированные засечки всегда следует относить к пунктам полигонометрии. При этом каждый из первых двух измеренных на этих пунктах направлений должен быть сплошным и односторонним на пункты полигонометрии с меньшими номерами, чем определяемый.

Необходимо ввести также СКО измерения направлений, дирекционных углов в секундах и длин сторон в метрах.

Информация на каждом пункте записывается и вводится в компьютер в следующем порядке.

Угловые измерения - в виде приведенных к нулю направлений, при этом нулевое направление может быть выбрано на любой пункт. Если оценивается точность проекта сети, то указывается лишь информация о построении сети, а результаты измерений моделируются с распределёнными по нормальному закону ошибками и выводятся в соответствующую таблицу. Если имеются измеренные дирекционные углы, то их ввод выполняется с помощью специальной таблицы.

После ввода всей информации об измерениях необходимо указать имена первых двух фиксируемых пунктов. Обычно это два исходных пункта, которые позволяют последовательно вычислять приближённые координаты всех остальных пунктов. Но в полигонометрии без угловой привязки первым фиксируемым пунктом является пункт (второй) любого хода, на котором измерено направление на исходный пункт. Этот пункт фиксируется как второй (см. демонстрационную сеть САД-0, рис. 1). Приближённое значение дирекционного угла стороны 2-1 можно принять любым.

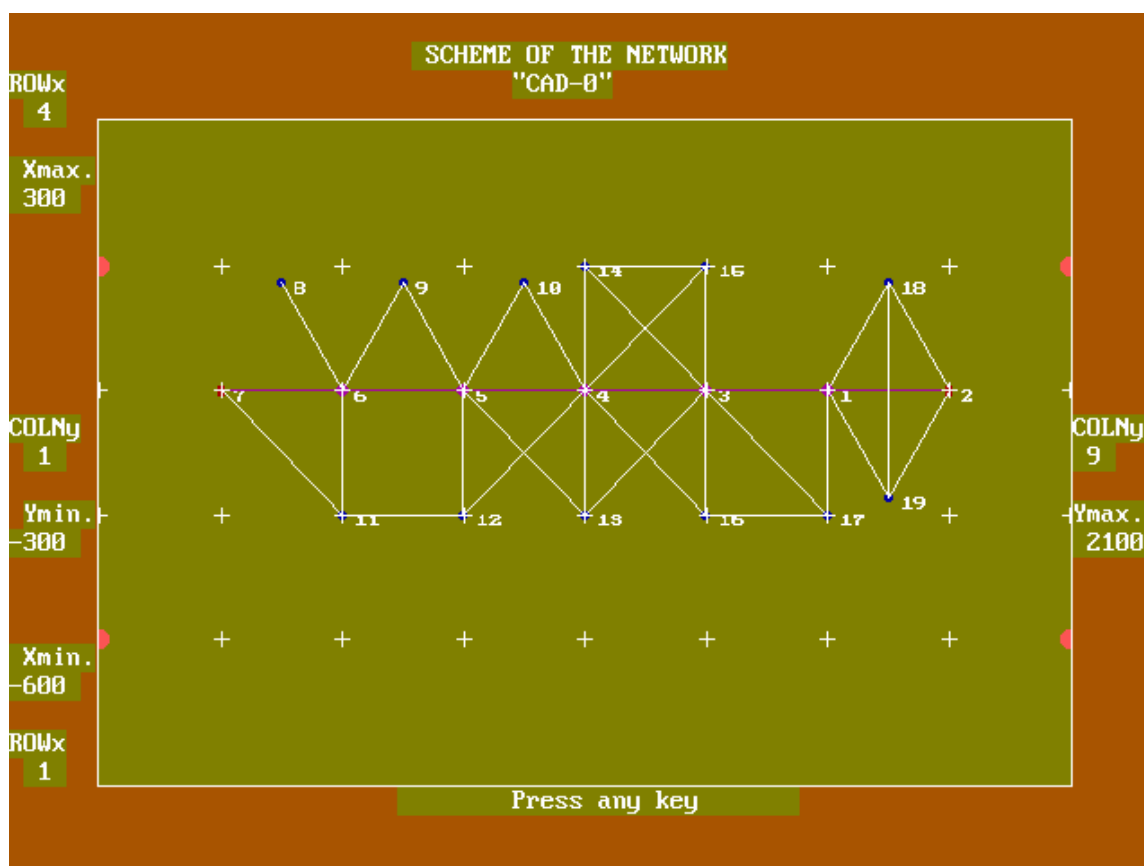


Рис. 1. Ход без угловой привязки со всеми видами засечек 8-19

Далее программа автоматически выполняет нумерацию всех пунктов, так что каждый пункт имеет имя и номер.

Если уравнивание выполняется с учетом ошибок исходных данных, то возможны два варианта: на диске уже имеются файлы координат и ковариационной матрицы для сети, которая уже ранее была уравнена, или их нет. Во втором случае, а также в случае, когда ряд исходных пунктов не принадлежит уравненной ранее сети, компьютер запрашивает СКО координат x и y исходных пунктов и коэффициент корреляции между ними.

Наконец, можно выполнить уравнивание сети с определением постоянной систематической ошибкой линейных измерений.

Специальная программа позволяет проверить и распечатать всю информацию о введенных измерениях, исправить ошибки, добавить или удалить некоторые измерения, добавить новые пункты а затем и новые

измерений на них. В этом случае создаётся файл с расширением «.изм». Он приведён ниже (рис. 3) для сети “cad-0” рис. 2.

2. После ввода всей информации управление автоматически передаётся программе P2d для выполнения второго вычислительного этапа. На экран выдаётся значение [pvv] и [pvv]contr. после предварительного уравнивания углов и ср.кв. ошибка угловых измерений. При уравнивании полигонометрии без угловой привязки выдаются значения угла разворота сети, выполняется ориентирование сети и вновь работает программа P2d.

3. При благополучном завершении счёта по программе P2d управление передаётся программе P3d для окончательного уравнивания. Если грубых ошибок не обнаружится, то со создаётся файла “.res” с окончательными результатами - координатами пунктов и их ср.кв. ошибок (он приведён в таблице на рис. 3).

4. Если имелись пункты - межевые знаки, не являющиеся пунктами полигонометрии, то созданные в п.3 файлы будут неполными. Тогда через МЕНЮ следует обратиться к вычислению координат межевых знаков программой, которая автоматически дает возможность одновременно наблюдать за графическими построениями с иллюстрацией того, как определяются пункты—засечки с пунктов полигонометрии. На графике рисуется схема засечки Вновь через МЕНЮ следует обратиться к окончательному уравниванию сети, но уже совместно со всеми пунктами.

5. Завершающим этапом работы является вычисление площадей земельных участков с помощью программы LANDAREA путём задания контура участка.

Площадь многоугольника с вершинами в точках 1,2,...n вычисляется аналитически. Необходимая для оценки точности корреляционной матрицы $K_p = fK_{(x,y)}f^T$ матрица частных производных f получается методом численного дифференцирования

NN%		МЕЖДУ	ПУНКТАМИ	ПРИЗНАК	ИЗМЕРЕНИЕ
1	1 . pz1	-	2 . t1	1	0 00 00
2	1 . pz1	-	2 . t1	3	299.998
3	1 . pz1	-	3 . pz3	0	179 59 55.83
4	1 . pz1	-	3 . pz3	3	299.991
5	1 . pz1	-	8 . z8	1	59 59 58.94
6	1 . pz1	-	8 . z8	3	299.996
7	1 . pz1	-	9 . z11	1	120 00 00.61
8	3 . pz3	-	1 . pz1	0	0 00 00
9	3 . pz3	-	4 . pz4	0	180 00 00.76
10	3 . pz3	-	4 . pz4	3	300.009
11	3 . pz3	-	9 . z11	1	60 00 01.02
12	3 . pz3	-	10 . z12	3	299.993
47	19 . z19	-	7 . t2	1	0 00 00
48	19 . z19	-	6 . pz6	1	299 59 53.82
49	19 . z19	-	18 . z18	0	330 00 06.07

Рис. 2. Пример измерений в сети CAD-0

Номера (имена)	x	y	M _x	M _y
1. 1	-0.008	299.993	.0076	.0091
2. t1	0.000	0.000	.0000	.0000
3. pz3	-0.009	599.978	.0119	.0115
4. pz4	-0.012	899.982	.0134	.0122
5. pz5	-0.009	1199.977	.0119	.0115
6. pz6	-0.003	1499.987	.0076	.0091
7. t2	0.000	1800.000	.0000	.0000
Пункты – определённые засечками				
8. z8	259.800	150.000	.0184	.0160
9. z9	259.781	449.992	.0191	.0120
19. z19	-259.812	1649.981	.0135	.0243

Рис. 3. Пример файла с результатам уравнивания

Меню позволяет по плановым координатам и высотам пунктов выполнить с помощью специальных программ моделирование спутниковой сети с последующим её уравниванием в блоке GPS пакета

В заключение отметим, что автором получено выданное российским агентством Роспатент свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2002610160 от 11.12.2001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маркузе Ю.И., Голубев В.В. Теория математической обработки геодезических измерений. Учебное пособие для вузов. Москва Академический проект, 2010. – 247 с.

© Ю.И. Маркузе, 2012

ФАКТОР ПРЯМОГО УГЛА В «ПРИНЦИПАХ ВЛИЯНИЯ» В ГЕОДЕЗИИ

Мария Леонидовна Синянская

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

В данной статье рассматривается прямой угол, его появление, значение. Обозначается его роль в становлении геодезии. Даются примеры и варианты построения прямого угла в геодезических работах при строительстве и межевании.

Ключевые слова: прямой угол, принципы влияния, египетский треугольник

THE VALUE OF THE RIGHT ANGLE IN THE HISTORY OF GEODESY

Maria Leonidovna Sinyanskaya

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

This article This article discusses the right angle, his appearance, the significance, role in the formation of geodesy ancient time. Right angle in geodetic works in construction and land survey.

Key word: right angle, the principles of influence, the egyptian triangle.

Около 10 тысячелетий тому назад человек начал возводить прямоугольные сооружения и делить земельные угодья на квадраты, прямоугольные четырехугольники (в межевании). Но измерять угол (и то только в астрономии) он начал в середине первого тысячелетия до н.э. (Гиппарх – 2 в. до н.э.). Древние памятники прямому углу сохранились в сооружениях египтян и других цивилизаций. Следует заметить, что прямой угол (ПУ) стал рассматриваться как величина ($\pi/2$, 90°) примерно с середины первого тысячелетия до н.э. [5].

Использование прямого угла в деятельности людей осуществлялось не только в целях ориентации в пространстве, но и в целях его в организации, в создании вторичной среды – среды обитания, которая была «прямоугольной».

Человек живет в пространстве и времени. Его развитие проходит под воздействием физических сил и законов природы. Все происходящее с ним и вокруг него применительно к историческому времени, не случайно. Поражает некая предопределенность этого развития. Фактом этой предопределенности является прямоугольность всей среды, созданной человеком. Более этого, и сам человек в некоторой степени «прямоуголен» [3]. Таких прямых углов в человеке достаточно много, как и во всей живой природе.

В работе [3] были введены 2 принципа влияния (ПВ): принцип «Вертикаль-горизонталь» (ПВГ), «Принцип 4-х точек или 4-х направлений» (П4Т, П4Н).

Первый принцип «Вертикаль-горизонталь» (ПВГ) характеризует два важнейших положения, состояния человека, различных явлений и живых

систем в окружающей среде. Эти состояния (вертикальность-горизонтальность) наглядны на примере воды и отвесной линии. В геодезических системах измерений принцип ПВГ изначально был их важнейшей составляющей [7].

Второй принцип – принцип четырех направлений (П4Н) заложен в физиологию человека (прямо, назад, лево, право) и земные принципы ориентации (север, юг, восток, запад).

Принцип П4Н легко дополнить еще двумя направлениями: верх, низ. В этом случае получаем П6Н. На рис. 1 приведена фигура человека и шесть перпендикулярных направлений. Если взять центр симметрии человека, то получаем семь характерных элементов пространственной ориентации.

Для обоих принципов главной их характеристикой является прямой угол, который древние греки считали геометрической фигурой, а не величиной.

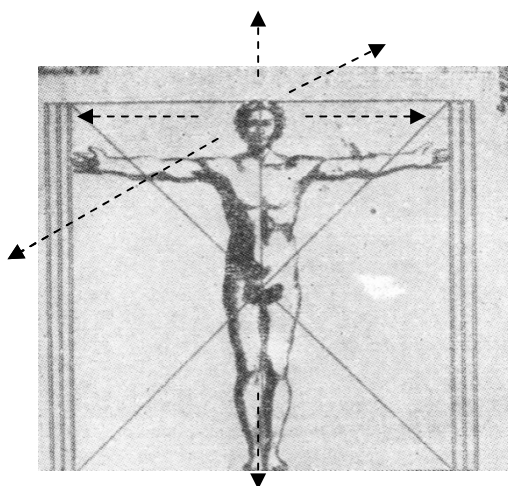


Рис. 1. П6Н

На основе ПВГ, с применением отвеса и уровня воды можно было получить такой шаблон (эталон, рабочую меру). На основе этого принципа в древнем Риме широко использовался геодезический инструмент ватерпас [1] рис. 2. Другим эталоном ПУ является землемерный крест (рис. 3) построенный с учетом П4Н.

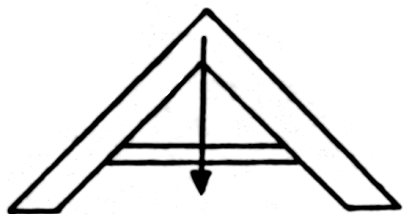


Рис. 2. Ватерпас



Рис. 3. Египетский землемерный крест

Прямой угол с учетом П4Н можно было также получить или по движению Солнца, или по линиям равноденствий и солнцестояний. На основе этих 2-х принципов можно было получить достаточно точное значение ПУ [4].

Это показывает, что человек является не только источником линейных мер (пядь, локоть, шаг, сажень и т.д.), но и прямого угла. В этом плане человек самодостаточен. На рис. 4 показан пример разбивки прямоугольного участка на земле человеком без использования каких-либо инструментов. В одном из этих направлений человек, например шагами, измеряет расстояние АВ. В точке В, как и в А, строится такой же прямой угол и таким же образом откладывается по нему расстояние [5].

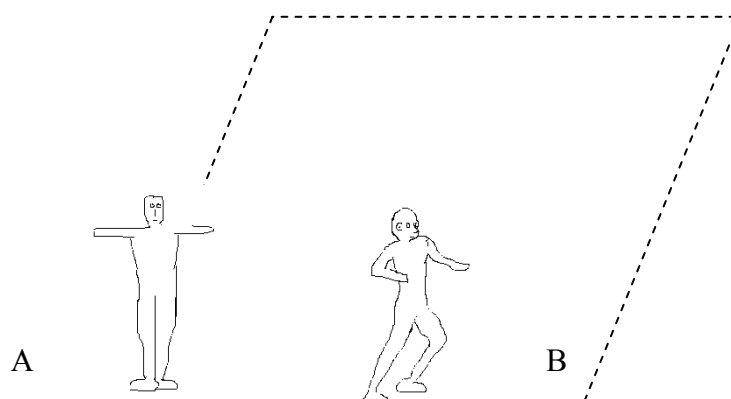


Рис. 4. Пример разбивки прямоугольного участка без использования инструментов

Прототип ПУ мог представляться как в деревянном, так и в веревочном исполнении. В «веревочном варианте» в отличие от образцов, полученных на основе принципов ПВГ и П4Н (как описано выше) легко выполняется путем построения «египетского треугольника» со сторонами 3, 4, 5 единиц длины – Пифагорова тройка чисел. Эта тройка определяет прямоугольный треугольник (ПУ между катетами в 3, 4 ед.дл.). Если обозначить стороны треугольника через a , b , c , где a , b – катеты, c – гипотенуза, то согласно теореме Пифагора, для прямоугольного треугольника: $a^2 + b^2 = c^2$.

Существует два «теоретических» метода построения ПУ, не зависящих от внешней среды и от принципов влияния. Эти методы определяются теорией геометрии (планиметрии) и суть их такова:

С помощью циркуля и линейки можно построить вписанный треугольник в окружность, одна из сторон которого является диаметром этой окружности. Тогда при вершине треугольника противоположащей диаметру получится прямой угол ($\pi/2$), т.е. получится прямоугольный треугольник (рис. 5).

Второй метод построения ПУ сводится к построению прямоугольного треугольника на местности, стороны которого характеризуются одной из групп пифагоровых троек чисел, например, 6, 8, 10 ед.дл. (рис. 6). «Веревочный» вариант прямоугольного треугольника может быть получен и вне рамок

пифагоровых чисел. Это могло быть осуществлено по трафарету, шаблону двух перпендикулярных линий [7].

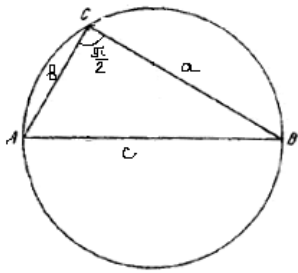


Рис. 5. Треугольник вписанный в окружность

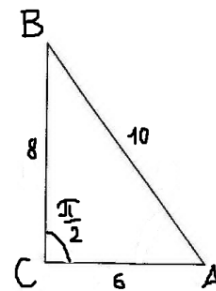


Рис. 6. Построение ПУ на местности

Точность вынесенного прямого угла (его построения) могла вполне соответствовать точности измерений древнего времени (10^{-2} или точнее), особенно при возведении сложных сооружений, таких как египетские пирамиды, храмы, дворцы. Оба метода «циркульный» и «пифагоровых троек» использовались при «разбивке» сооружений и при межевании.

Начиная с третьего тысячелетия до н.э. появились все известные геодезические инструменты, в которых реализовались принципы ПВГ и П4Н. С этого времени при каждом переходе к новой исторической эпохе и формировании новой парадигмы, точность измерений возрастает на два порядка [5].

Во все геодезические инструменты древнего времени заложен прямой угол как существенная, конструктивная определяющая их характеристика. По существу это приборы прямого угла, который одновременно является условием правильности работы инструмента (поверки ПУ). Это условие и характеристика (как и поверки) сохранились как главные требования до настоящего времени. Весь ряд древних и классических геодезических приборов – это приборы, в конструкции которых многократно заложен прямой угол.

Эта единица измерения (т.е. ПУ) оставалась основной в геодезических работах (в межевании, в строительстве) и составляла основу прямоугольно-прямолинейной геодезической технологии [1,2]. Эта технология, по существу, была единственной и главенствующей до середины 2-го тысячелетия, пока в геодезии не стали применять градусную меру в угловых измерениях, т.е. метода построения геодезических сетей.

Вместе с тем, ПУ составляет важнейшую основу главных свойств окружающего пространства параллельности и перпендикулярности. Эти свойства заложены повсеместно во вторичную среду, во всю теорию и практику человеческой деятельности.

Прямоугольный стандарт, представленной геометрией фигуры человека, циклическими небесными и земными явлениями, в которые был заложен прямой угол, отвечал всем необходимым жизненным условиям и потребностям

человека. Тем более, что ПУ позволял отдельно решать задачи, при строительстве, в земледелии (размежевание) и вообще при формировании вторичной среды. Кроме того, ПУ входил на правах главной составляющей двух принципов влияния.

По существу, ПУ характеризовал главные геометрические свойства окружающего пространства (и его геометрии): свойства параллельности и перпендикулярности [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тетерин Г.Н. История геодезии (до XX в.). Новосибирск: ООО «Альянс-Регион» 2008 - 300 с.
2. Тетерин Г. Н. Теория развития и метасистемное понимание геодезии. Новосибирск: Сибпринт, 2006. - 162 с.
3. Тетерин Г.Н. Феномен и проблемы геодезии: монография / Тетерин Г.Н. – Новосибирск: СГГА, 2009.-95с.
4. Тетерин Г.Н., Синянская М.Л. Биографический и хронологический справочник (Геодезия до XX в.). Новосибирск: Сибпринт, 2009. – 516 с.
5. Тетерина М.Л. Древние измерительные системы и два принципа влияния (ПВГ и П4Н) [Текст] / Тетерин Г.Н., Тетерина М.Л. // «ГЕО-Сибирь-2009» V Междунар. Выставка и науч. конгр. Т. 1, ч. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 123-124.
6. Синянская М.Л. Феномен прямого угла и прямоугольности в геодезии [Текст] / Тетерин Г.Н., Синянская М.Л. // «ГЕО-Сибирь-2010» VI Междунар. Выставка и науч. конгр. Т. 1, ч. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. – Новосибирск: СГГА, 2010. – С. 48-51.
7. Синянская М.Л. Угловые и линейные меры измерений в древнее время [Текст] / Тетерин Г.Н., Синянская М.Л. // «ГЕО-Сибирь-2011» VII Междунар. Выставка и науч. конгр. Т. 1, ч. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. – Новосибирск: СГГА, 2011. – С. 79-83.

© М.Л. Синянская, 2012

СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДЕФОРМАЦИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩ И БОРТОВ КАРЬЕРОВ НА ПРИМЕРЕ СЕКИСОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Кайсар Билялович Хасенов

Восточно-казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070000, г. Усть-Каменогорск, улица Серикбаева 19, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «геодезия, землеустройство и кадастр», тел. 8(7232)540-776, e-mail: hasenovkb@gmail.com

Маргарита Кайраковна Исабаева

Восточно-казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, 070000, г. Усть-Каменогорск, улица Серикбаева 19, магистрант 2 курса специальности «геодезия» кафедры «геодезия, землеустройство и кадастр», тел. 8(7232)540-776, e-mail: excellent-im@mail.ru

В статье рассмотрены ответственные объекты Секисовского горнорудного предприятия - карьер и хвостохранилище, выбор оптимальных методов измерений применительно к объектам Секисовского горнорудного предприятия, а также проанализированы результаты проведенных измерений.

Ключевые слова: карьер и хвостохранилище, геодезический контроль.

THE MODERN AUTOMATED MONITORING SYSTEMS OF DEFORMATIONS OF CAPACITIES FOR WASTE AND BOARDS OF OPEN-CAST MINES, FOR A EXAMPLE OF SEKISOVSKY GOLD MINE

K.B. Hasenov

D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070000, Ust-Kamenogorsk, 19 Serikbaev street, PhD, Head of department «Geodesy, land management and cadastre», ph. 8 (7232) 540-776, e-mail: hasenovkb@gmail.com

M.K. Isabaeva

D.Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070000, Ust-Kamenogorsk, 19 Serikbaev street, magistracy "Geodesy" of department «Geodesy, land management and cadastre», ph. 8 (7232) 540-776, e-mail: excellent-im@mail.ru

In article responsible objects show of the Sekisovsky mining enterprise - an open-cast mine and capacity for a waste, a choice of optimal methods of measurements to objects of the Sekisovsky, and also results are analyzed of the led measurements.

Key words: open-cast mine and capacity for waste, geodesic control.

Проведение маркшейдерско-геодезического контроля за деформацией ответственных сооружений является актуальным, поскольку его успешная организация и последующее развитие вносят важный вклад в обеспечение надежности, долговечности и безопасности эксплуатации сооружений, в частности, сооружений горнодобывающей промышленности – карьер и

хвостохранилище. Это обусловлено тем, что развитие горнодобывающей промышленности является существенным для развития любой нации.

Сохранность и долговечность сооружений горнодобывающей промышленности являются важнейшей народнохозяйственной задачей, и она зависит не только от научно-обоснованной конструкции этих сооружений, но также во многом и от полноты их исследования и, особенно, от своевременной постановки и правильного выполнения систематических наблюдений за состоянием сооружений. Следовательно, безопасность этих работ требует строго периодического контроля и всестороннего анализа их структурного состояния, основанного на большом наборе переменных, которые вносят свой вклад в эти деформации.

Целью работы является изучение существующих методов наблюдений деформаций сооружений, выбор наиболее оптимальных методов для маркшейдерско-геодезического контроля за деформациями бортов карьера и хвостохранилища золоторудного месторождения «Секисовское» с последующим их применением на практике, проведение камеральной обработки с привлечением программного продукта Microsoft Office Excel и визуализация полученных результатов наблюдений карьера и хвостохранилища с помощью программы AutoCAD 2007 [1].

Наблюдения проводит специально организованная группа на предприятии, состав и численность которой зависят от состава, объема и периодичности наблюдений, которая обязана немедленно передавать данные в цех (участок) предприятия.

Производство натурных наблюдений за деформациями геодезическими методами состоит из пяти основных этапов, которые отражены на рис. 1 [2].

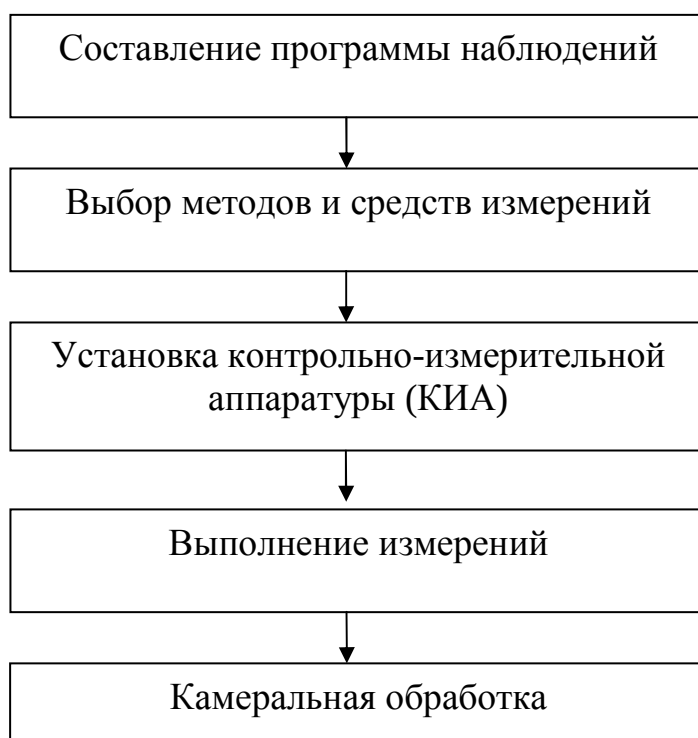


Рис. 1. Этапы проведения натурных наблюдений за деформацией сооружений

Секисовское хвостохранилище располагается севернее обогатительной фабрики на расстоянии 250 - 500 м.

Хвостохранилище состоит из трех секций и пускового комплекса. Весь эксплуатационный период за хвостохранилищем ведется систематическое непрерывное наблюдение, которое состоит в слежении за марками, установленными в дамбах. Оградительные дамбы являются постоянными гидротехническими сооружениями, которые предназначены для создания ёмкости складирования хвостов.

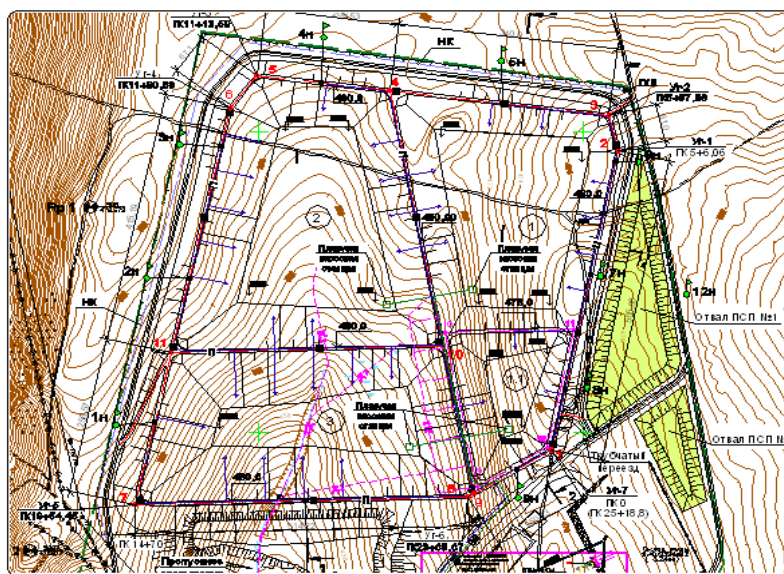


Рис. 2. Компановка хвостохранилища (масштаб 1: 10 000)

Согласно программе производства работ, предлагаемой предприятием, по наблюдениям смещений и осадок бортов карьера и хвостохранилища, работы были выполнены с периодичностью:

- 1 раз в 2 недели для хвостохранилища;
- 1 раз в месяц для бортов карьера.

Такая периодичность наблюдений обусловлена характером грунта. Скальные грунты карьера практически не поддаются деформациям, а насыпные грунты хвостохранилища имеют тенденцию оседать и смещаться.

После того, как была развита съемочная сеть, установлена контрольно-измерительная аппаратура на бортах карьера и хвостохранилище, конструкция которой приведена на рис. 3, а также определена периодичность наблюдений, приступили непосредственно к самим визуальным и инструментальным наблюдениям.

К визуальным наблюдениям относятся:

- Осмотры состояния откосов и бортов карьера, гребня дамб и их примыканий друг к другу, наличие деформаций; состояние пленки на напорных откосах, наличия проколов;

– Состояние доступных для осмотра частей контрольно-измерительной аппаратуры (наличия крышек, погнутых оголовков, уничтожение нумерации).

При выполнении инструментальных наблюдений необходимо заметить, что выбор методов проведения работ на каждом из объектов был разным, а методика работы на станции – одинаковой. Наблюдения были выполнены с применением электронного тахеометра Leica TC-407 (ошибка угловых измерений тахеометра – 7"; ошибка линейных измерений – 4мм) двумя полуприемами с погрешностями измерений, регламентируемыми СНиП РК 1.03-26-2004 «Геодезические работы в строительстве» [3] и приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Допустимые погрешности определения деформаций

Объект наблюдения	Вид деформации земляного сооружения в период строительства	Допустимая погрешность определения деформаций, мм
Хвостохранилище	Сдвиги	5
	Осадки	7
Карьер	Сдвиги	4
	Осадки	5

После выполнения двух полуприемов, текущие координаты наблюдаемых марок и реперов были вычислены как среднее арифметическое измерений при круге право (КП) и круге лево (КЛ).

При производстве инструментальных геодезических наблюдений на территории хвостохранилища выбор метода полигонометрии, был обусловлен тем, что наблюдаемые марки находятся недалеко друг от друга и точность определения их планового и высотного положений в таком случае будет определяться с наименьшей ошибкой: 5 мм – в плановом отношении и 7 мм – в высотном.

Рассмотрим ход выполнения работ по наблюдению за осадкой и смещением марок хвостохранилища. Наблюдения были выполнены по трехштативной системе. Три штатива были установлены таким образом, чтобы один из них был станцией наблюдения, второй – наблюдаемым, а третий – ориентировочным.

После установки прибора в рабочее положение, правильность ориентирования проверялась разбивкой точек с известными координатами. Если сверка направлений предусматривала их совпадение, съемочные работы могли продолжаться далее. Результаты наблюдений были зафиксированы в ведомостях, установленных образцов.

При производстве наблюдений на карьере был использован створный метод.

Инструмент приводился в исходное положение на крайнем опорном от карьера репере. Затем, сориентировав инструмент на другой опорный репер

этой линии, не меняя направления, в этом же створе снимались показания наблюдений рабочих реперов.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что тенденция активного роста величин смещений и осадок отсутствует, наблюдается колебание деформаций в пределах, поэтому можно ожидать дальнейшую стабилизацию процессов, с постепенным уменьшением величин плановых и высотных смещений.

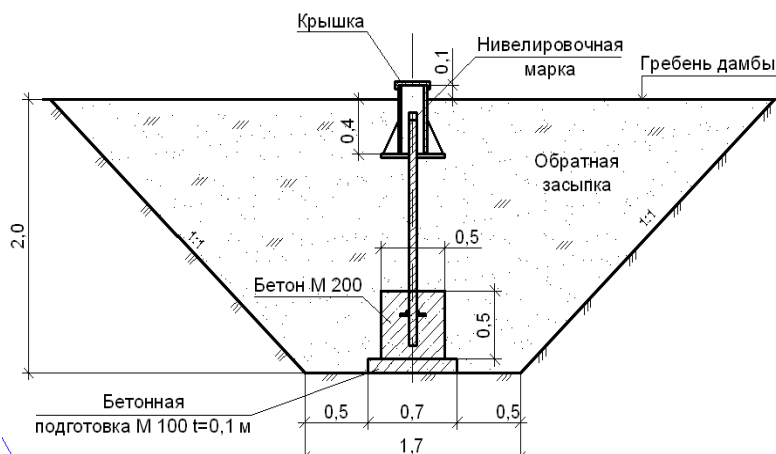


Рис. 3. Конструкция наблюдательной марки

По наблюдениям рабочих реперов карьера, они оказались стабильными. Несмотря на происходящие взрывные работы, они почти не подвергались деформациям, что говорит о высокой степени устойчивости бортов и стабильном положении твердой скальной породы.

Средние величины смещений и осадок составили примерно 3 мм, что укладывается в установленные допуски – 4 мм в плане и 5 мм по высоте.

Сложившаяся ситуация не исключает дальнейшего продолжения выполнения систематических маркшейдерско-геодезических наблюдений, а, наоборот, служит стимулированием для ведения работ, результаты которых, вероятно, будут оправдывать предполагаемые ожидания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жуков Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий. - Новосибирск: СГГА, 2003.
2. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. - М.: Издательство «Энергия», 1980.
3. СНиП РК 1.03-26-2004. Геодезические работы в строительстве. – Алматы: Издательство стандартов, 2004.

ИЛЛЮСТРАЦИЯ К ТЕОРЕМЕ ГАУССА – МАРКОВА

Наталья Борисовна Лесных

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной информатики СГГА, тел. (383)343-18-53

Галина Ивановна Лесных

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной геодезии СГГА, тел. (383)344-36-60, e-mail: ssga221@mail.ru

Теорема Гаусса – Маркова иллюстрируется примером уравнивания модели нивелирной сети при различных законах распределения ошибок измерений с использованием статистических методов анализа.

Ключевые слова: теорема, анализ, закон распределения, критерий, дисперсия.

ILLUSTRATION OF THE GAUSS – MARKOV THEOREM

Natalya B. Lesnykh

Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo, Novosibirsk 630108, St., Prof., department of applied information SSGA, tel. (383)343-18-53

Galina I. Lesnykh

Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo, Novosibirsk 630108, associate Prof., department of applied geodesy and information systems SSGA, tel. (383)343-29-55, e-mail: ssga221@mail.ru

Gauss – Markov theorem is illustrated by the leveling network adjustment models with different laws of measurement errors distribution using statistical methods of analysis.

Key words: theorem, analysis, distribution law, criterion, dispersion.

Теорема Гаусса – Маркова содержит доказательство того, что математическая обработка геодезических измерений по методу наименьших квадратов (МНК), при отсутствии систематических ошибок в результатах измерений и независимо от вида их распределения, позволяет получать несмещенные и эффективные оценки искомых неизвестных [1]. Дополним теоретическое обоснование теоремы примерами экспериментальных исследований.

Сравним статистические свойства результатов уравнивания по методу наименьших квадратов (МНК) для трех законов распределения случайных ошибок измерений – нормального, логистического и Лапласа [2], [3], некоторые характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Свойства и характеристики

Закон	$P(\Delta < \sigma)$	$P(\Delta < 2\sigma)$	$P(\Delta < 3\sigma)$	$P(\Delta > 0)$	S	E
Нормальный	0,683	0,954	0,997	0,5	0	0
Логистический	0,720	0,948	0,991	0,5	0	1,2
Лапласа	0,757	0,941	0,986	0,5	0	3

Логистическое распределение, по своим свойствам наиболее близкое к нормальному, двухпараметрическое: параметр сдвига $a = M_X$ – математическое ожидание, масштабный параметр $\lambda = \sigma\sqrt{3}/\pi$, σ – среднее квадратическое отклонение. Функция логистического распределения имеет вид:

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-z}}, \quad z = \frac{x - a}{\lambda}. \quad (1)$$

Закон распределения Лапласа в исследованиях [3] присутствовал в смесях распределений разностей отметок, а также был признан наиболее подходящим (хотя и не вполне соответствовал) для разностей средних превышений высокоточного нивелирования. Функция распределения Лапласа

$$F(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} e^{-\frac{a-x}{\lambda}} & \text{при } -\infty < x < a \\ 1 - \frac{1}{2} e^{-\frac{x-a}{\lambda}} & \text{при } a < x < \infty \end{cases}, \quad (2)$$

$M_X = a = 0$, $\lambda = \frac{\sigma}{\sqrt{2}}$ – параметры закона распределения Лапласа.

Проверим влияние закона распределения на результаты уравнивания по МНК на примере модели нивелирной сети, состоящей из двадцати пяти замкнутых полигонов с числом измерений $n = 60$ и числом избыточных измерений $r = 28$. В истинные значения результатов измерений Y_i внесены случайные ошибки Δ_i , распределенные по нормальному (в двух вариантах) и логистическому закону с математическим ожиданием $M_X = 0$ и средним квадратическим отклонением $\sigma = 1$, а также закону Лапласа с параметрами $a = 0$ и $\lambda = 1$.

Случайные числа – ошибки измерений, имеющие логистическое распределение, сформированы по формуле [2]:

$$X = a + \lambda \ln \left[\frac{1-Z}{Z} \right]. \quad (3)$$

Случайные ошибки измерений с распределением Лапласа получены по формулам:

$$X = a + \frac{1}{\lambda} \ln(2 \cdot Z), \text{ для } Z < 0,5; \quad X = a - \frac{1}{\lambda} \ln(2 - 2 \cdot Z), \text{ для } Z \geq 0,5, \quad (4)$$

где вектор Z – распределен равномерно с параметрами $[0, 1]$.

Обозначено:

$y_i = Y_i + \Delta_i$ – результаты измерений;

$\bar{y}_i = y_i + v_i = Y_i + \Delta_i + v_i$ – уравненное значение измеренной величины;

$u_i = \bar{y}_i - Y_i = Y_i + \Delta_i + v_i - Y_i = \Delta_i + v_i$ – истинная ошибка уравнивания.

Для каждого заданного распределения ошибок измерений установим закон распределения истинных ошибок уравнивания, для чего выполним их статистический анализ.

Ошибки измерений подчиняются нормальному закону распределения. Закон распределения истинных ошибок уравнивания также нормальный: по данным второго варианта оценка асимметрии $\bar{S} = -0,151$, $2\bar{\sigma}_S = 0,61$; оценка эксцесса $\bar{E} = -0,31$, $2\bar{\sigma}_E = 1,16$. Значение статистики критерия Пирсона $\chi^2_3 = 1,3$, $P(\chi^2 > \chi^2_3) = 0,254$. Выполняются все свойства случайных ошибок.

Ошибки измерений подчиняются логистическому закону распределения. Закон распределения истинных ошибок уравнивания – нормальный: $\bar{S} = 0,136$, $\bar{E} = -0,345$. Значение статистики критерия Пирсона $\chi^2_3 = 0,676$, $P(\chi^2 > \chi^2_3) = 0,411$. Выполняются все свойства случайных ошибок для нормального закона распределения. Логистический закон также имеет место, но с худшими показателями для свойств случайных ошибок логистического распределения и меньшей вероятностью критерия Пирсона: $\chi^2_3 = 2,37$, $P(\chi^2 > \chi^2_3) = 0,124$.

Ошибки измерений распределены по закону Лапласа. Оценка эксцесса $\bar{E} = 2,969$, фактически совпадает с теоретическим значением эксцесса кривой распределения Лапласа, $E = 3$. Две ошибки превышают $3\bar{\sigma}$, но меньше $3,5\bar{\sigma}$.

Закон распределения истинных ошибок уравнивания – нормальный: $\bar{S} = 0,355$, $\bar{E} = -0,298$. Значение статистики критерия Пирсона $\chi^2_3 = 0,404$, $P(\chi^2 > \chi^2_3) = 0,525$. Выполняются все свойства случайных ошибок нормального закона распределения, статистика критерия равенства средних $t = 0,644$, $P(t > t_3) = 0,522$.

Поправки к результатам измерений, полученные под условием $[v^2] = \min$ также распределены нормально:

$\bar{S} = -0,435$, $\bar{E} = 0,025$, $\chi^2_3 = 2,275$, $P(\chi^2 > \chi^2_3) = 0,131$; $t = 1,542$, $P(t > t_3) = 0,128$.

Случайные ошибки результатов измерений Δ_L подчиняются закону распределения Лапласа ($\Delta_{18} = 5,30$, $\Delta_{32} = 5,52$). Поправки МНК v_L распределены нормально ($v_{18} = -2,92$, $v_{32} = -2,96$). Истинные ошибки уравнивания $u_L = \Delta_L + v_L$ распределены нормально ($u_{18} = 2,38$, $u_{32} = 2,56$).

Таким образом, все вектора истинных ошибок уравнивания: для нормального закона ошибок измерений u_1, u_2 , логистического закона u_L ,

закона Лапласа u_L распределены нормально. По результатам проведенных исследований истинные ошибки уравнивания случайны (не смещены) и распределены нормально, что является не только иллюстрацией, но и некоторым дополнением теоремы.

Сравним точность результатов уравнивания.

Средние квадратические ошибки результатов измерений, вычисленные до уравнивания по случайным ошибкам каждой выборки, по формуле Гаусса

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} \quad (5)$$

получили следующие значения:

- 1) Нормальный закон распределения $m_1 = 0,96$, $m_2 = 1,08$;
- 2) Логистический закон $m_L = 1,00$;
- 3) Закон распределения Лапласа $m_L = 1,65$.

Ряды измерений с ошибками, распределенными по нормальному и логистическому законам можно считать равноточными.

Насколько совпадают результаты оценки точности уравненных измерений одной и той же нивелирной сети при различных законах распределения ошибок измерений, проверим двусторонним критерием равенства дисперсий Фишера:

Средняя квадратическая ошибка уравненного измерения будет определяться формулой:

$$m = \sqrt{\frac{u^T \cdot P \cdot u}{n}}, \quad (6)$$

где P – весовая матрица уравненных результатов измерений.

$$F_3 = \frac{m_1^2}{m_L^2} = \frac{u_1^T \cdot P \cdot u_1}{u_L^T \cdot P \cdot u_L} = \frac{u_1^T \cdot u_1}{u_L^T \cdot u_L} = \frac{36,94}{32,34} = 1,143, \quad P(F > F_3) = 0,606.$$

Здесь $P \cdot P^{-1} = E$.

$$F_3 = \frac{m_2^2}{m_L^2} = \frac{u_2^T \cdot u_2}{u_L^T \cdot u_L} = \frac{46,98}{32,34} = 1,453, \quad P(F > F_3) = 0,151;$$

Высокая вероятность достигаемого уровня значимости $P(F > F_3)$ позволяет говорить о равенстве характеристик точности уравненных по МНК превышений по различным вариантам исследований. Гипотеза о равенстве дисперсий не противоречит результатам наблюдений. Альтернативная гипотеза о том, что дисперсии не равны, должна быть отвергнута.

При одинаковой точности измерений закон распределения не оказывает влияния на точность результатов уравнивания, вследствие чего и на эффективность оценки дисперсии.

Статистика F_3 для различных заданных законов распределения до уравнивания больше, чем после уравнивания. Например, до уравнивания

$$F_3 = \frac{\Delta_L^T \cdot \Delta_L}{\Delta_2^T \cdot \Delta_2} = 2,335, \quad P(F > F_{\alpha}) = 0,0013 - \text{мала.}$$

$$\text{После уравнивания: } F_3 = \frac{u_L^T \cdot u_L}{u_2^T \cdot u_2} = \frac{70,64}{46,98} = 1,504, \quad P(F > F_{\alpha}) = 0,117,$$

нулевая гипотеза не противоречит результатам опыта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большаков В.Д., Маркузе Ю.И., Голубев В.В. Уравнивание геодезических построений. – М.: Недра, 1989. – 413 с.
2. Лемешко Б.Ю. Статистический анализ одномерных наблюдений случайных величин. – Новосибирск: НГТУ, 1995. – 125 с.
3. Лесных Н.Б. Законы распределения случайных величин в геодезии: монография – Новосибирск: СГГА, 2005. – 128 с.

© Н.Б. Лесных, Г.И. Лесных, 2012

СОВРЕМЕННОЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА (РЕМОНТА) И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Владимир Васильевич Щербаков

Сибирский государственный университет путей сообщения, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, Заведующий кафедрой «Инженерная геодезия», к.т.н., профессор тел. +7-913-912-86-91, e-mail: vvs@stu.ru

В статье приведены проблемы геодезического обеспечения железных дорог, особенности и специфика решения инженерных задач на железных дорогах и основные направления развития средств и методов для повышения уровня геодезического обеспечения железных дорог компании ОАО «РЖД»

Ключевые слова: Геодезическое обеспечение железных дорог, ГИС-технологии, Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), системы управления выправкой пути (СУВП), системы управления вырезкой балласта (СУВБ).

MODERN GEODETIC CONTROL OF DESIGNING, CONSTRUCTION (REPAIRS) AND MAINTENANCE OF RAILWAYS

Vladimir V. Shcherbakov

Ph.D., Prof., head of the Department of Engineering Surveying, Siberian State University of Communication, 191 D. Kovalchuk St., Novosibirsk 630049, phone: +7-913-912-86-91, e-mail: vvs@stu.ru

The paper deals with the problems of geodetic control at railways, with the specific character and peculiarities of railway engineering problems and their solutions, and with the principal guidelines for facilities and methods development of geodetic control and the standard of its improvement at railways of RZD Corporation.

Key words: geodetic control at railways, technologies based on geoinformation system, global satellite navigation systems, track alignment control system, ballast cutting-out control system

Геодезическое обеспечение железных дорог включает широкий круг инженерных задач связанных с проектированием, строительством (ремонт) и эксплуатацией железных дорог. Исторически сложилось так, что развитие железных дорог способствовало развитию инженерной геодезии, разработке новых средств и методов геодезического обеспечения железных дорог, внедрению новых технологий и подготовке специалистов высокого уровня. Инженерные задачи, решаемые на железных дорогах связаны с обеспечением геометрических размеров, пространственных параметров сооружений, обеспечения взаимного положения отдельных элементов конструкции и объекта в целом.

Особенности геодезического обеспечения железных дорог всегда были связаны со спецификой линейных объектов находящихся под действием

динамических нагрузок и их влияния на геометрические параметры верхнего строения пути, а при увеличении скоростных режимов значительно увеличились требования к геометрическим параметрам и динамике их изменения. Требования к точности измерений предусматривают широкий диапазон допусков от одного метра до 0.1 мм. К специфике геодезического обеспечения железных дорог необходимо отнести наличие специализированных средств измерения (шаблоны), применяющихся в место геодезических приборов и инструментов.

В соответствии с широким кругом решаемых задач, требованиям к точности и диапазонам измерений набор (линейка приборов и инструментов) и методов геодезического обеспечения железных дорог разнообразен и включает десятки типов геодезических приборов, шаблонов, приборов для контроля и мониторинга состояния инженерных сооружений. Анализ показывает, что основными методами измерений и получения информации являются относительные методы (метод Гоникберга, метод хорд и т.д.).

На современном этапе особенность геодезического обеспечения железных дорог заключается в применении наряду с нивелирами и теодолитами самых современных приборов, например мобильных лазерных сканеров и таких исторических средств как леска и линейка для измерения стрел изгиба при определении параметров кривой. При этом леска с линейкой применяется чаще других инструментов, особенно в дистанциях пути. Таким образом, в настоящее время на железных дорогах применяются различные средства и методы от самых современных до средств имеющих столетнюю историю. Такое состояние геодезического обеспечения связано со спецификой проектирования ремонтов, реализацией проектов и эксплуатацией железных дорог в последние 20-30 лет. Главным фактором влияющим на методы геодезического обеспечения является применение относительных методов проектирования, контроля состояния рельсовой колеи, верхнего строения пути, технологии ремонтов и реконструкции. Так, съемка пути при натурных проверках и других видах работ выполняется относительным методом (методом Гоникберга), контроль состояния рельсовой колеи - методом хорд по стрелам изгиба на хорде 20м, при этом одним из главных критериев оценки является плавность хода. Отклонения от проектного значения не контролируются и такой контроль не предусмотрен регламентом. Поэтому современные путеизмерители (вагоны-путеизмерители) оснащенные современными лазерными измерительными системами измеряют стрелы изгиба и другие относительные параметры. Для обеспечения безопасности регулярно измеряются габариты приближения строений.

В настоящее время проектно-изыскательские работы также выполняются с использованием относительных методов. Заказчику для постановки пути в проектное положение передаются эпюры рихтовок от соседнего пути и продольный профиль. Пространственные данные не используются, даже если геодезическая съемка выполнялась в пространственных системах координат с использованием тахеометров. Это связано с тем, что в настоящее время в России на железных дорогах нет систем управления выправкой пути (СУВП), принцип работы которых основан на применении пространственных данных.

Поэтому у строителей основным способом постановки пути в проектное положение является измерение расстояния от соседнего пути, сравнение его с проектным расстоянием (по эпюре рихтовок) и сдвигка пути на соответствующую разность. Такой подход, позволяет минимизировать затраты и время постановки пути в проектное положение, при этом имеются недостатки принципиального характера.

Главным недостатком является использование рельсовых нитей соседнего пути в качестве реперных. Так временной интервал от изысканий до ремонта может составлять не один год, за это время выполняется изменение пространственного положения пути (сдвигка) при текущем ремонте, из-за динамических нагрузок и других факторов. Относительные методы не обеспечивают устранение длинных неровностей в плане и профиле, а также многорадиусных кривых. Поэтому плавность хода обеспечивается только для ограниченных скоростей и развитие высокоскоростного движения требует принципиально новых подходов в использовании координатных методов и создания нормативно-правовой базы их внедрения.

Одним из сдерживающих факторов развития современных геодезических методов и геоинформационных систем на железных дорогах России для решения инженерных задач являлось отсутствие нормативно-правовых документов регламентирующих использование пространственных данных и соответственно применения ГИС – технологий. В 2010 г. президентом компании ОАО «РЖД» В.И. Якуниным подписано распоряжение №2511 от 03.12.2010г «О создании комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта». Это распоряжение позволит принципиально улучшить систему геодезического обеспечения железных дорог для целей проектирования, ремонтов, эксплуатации, мониторинга ИССО, земляного полотна, рельсовой колеи и безопасности движения.

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС) одним из первых в России применяет на железных дорогах ГИС- технологии, спутниковую аппаратуру позиционирования, инерциальные системы. Опыт, полученных за 20 лет эксплуатации современных спутниковых и ГИС - систем позволяет оптимизировать сферы применения и сделать прогноз на дальнейшее развитие геодезических методов с использованием ГНСС и ГИС-технологий на железных дорогах России. СГУПС в 2002году впервые в России запатентовал способ получения геометрических параметров рельсовой колеи по пространственным данным, что позволило расширить область применения ГНСС, инерциальных систем и ГИС-технологий. На базе данного способа разработаны и выпускаются диагностические приборы для контроля состояния рельсовой колеи, приборы для натурных проверок плана и профиля железнодорожных станций и изыскательских работ, включая мобильные системы лазерного сканирования. Кроме того, впервые в России на базе этого способа разработана СУВП для путевых машин типа балластер и ВПО.

Одним из наиболее масштабных проектов СГУПС является разработка электронной навигационной карты ЗСЖД. Выполнены теоретические исследования, проведены экспериментальные работы и в настоящее время

создана электронная навигационная карта Транссибирской магистрали в границах ЗСЖД. Основным отличием карты ЗСЖД от карт, создаваемых для ОАО «РЖД» является то, что она создается по высокоточным цифровым моделям пути (ВЦМП) полученным соответственно по данным натурной съемки железнодорожного пути, а также наличие двух систем координат, одна из которых пространственная, другая линейная. Разработан алгоритм перехода из одной системы координат в другую. В соответствии с техническим заданием координируются все ИССО, пикеты и километровые знаки, что обеспечивает решение проблемы единства измерений при решении инженерных задач.

Разработки, выполняемые в настоящее время в СГУПС, позволят перейти на координатные методы выправки пути и проектирования. В 2010 году прошли успешные испытания СУВП на Октябрьской железной дороге. В 2011г СГУПС выполнил разработку комплексной технологии и САУ для четырех основных путевых машин технологического цикла, разработал и согласовал с проектными организациями форматы данных и структуру дополнений к проектной документации для использования пространственных данных. В 2012 году предусмотрены комплексные испытания и внедрение на ЗСЖД координатных методов и систем управления выправкой пути.

Таким образом, опыт, полученный СГУПС и тенденции развития геодезического обеспечения, показывают, что основным направлением развития средств и методов геодезического обеспечения, железных дорог является переход на координатные методы от проектной документации до постановки пути в проектное положение с использованием САУ, обеспечение единства измерений и разработка нормативной базы для систематизации и структурирования средств измерения по видам работ, применяющихся на железной дороге.

© В.В. Щербаков, 2012

МОНТАЖ АППАРАТОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА

Кайсар Билялович Хасенов

Восточно-Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19, заведующий кафедрой, кандидат технических наук кафедры геодезии, землеустройства и кадастра, тел. 8(7232)540-776, e-mail: KHasenov@ektu.kz

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

Олжас Днеслямович Салпышев

Восточно-Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19, магистрант группы 11-НГТк-1,5 кафедры геодезии, землеустройства и кадастра, тел. 8(7232)540-776, e-mail: olzhas_dn1@mail.ru

В статье рассмотрен способ монтажа конструкций вертикального типа высотой превышающей высоту поднятия крюка крана и с опорой на специальную монтажную стойку.

Ключевые слова: монтаж конструкций вертикального типа, опорная стойка, кран, монтаж ратификационных колонн.

INSTALLING OF THE PRODUCTS ARE VERTICAL TYPE

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: KHasenov@ektu.kz

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

Olzhas D. Salpyshev

D.Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, 070000, Ust Kamenogorsk, 19 Serikbaev, Magister of 1 course on a speciality “Geodesy” «Geodesy, Land Management and Cadastre», Tel. 8 (7232) 540-776, e-mail: olzhas_dn1@mail.ru

In article is considered the way of installation of constructions of vertical type with height exceeding height of raising of a hook of the crane and with support on a special assembly rack

Key words: installation of designs of vertical type, a basic rack, the crane, installation of ratification columns.

Тенденция развития ведущих индустриальных стран последнего десятилетия всё нагляднее демонстрирует непосредственное влияние научно-технического процесса на экономический рост и повышение благосостояния населения. Достижения науки и техники выступают ключевым фактором улучшения качества продукции и услуг, экономии трудовых и материальных затрат, роста производительности труда, совершенствования организации производства и повышение его эффективности. Особенно это наглядно видно при монтаже суперсооружений и аппаратов вертикального типа.

В настоящее время существует большое количество различных методов монтажа аппаратов вертикального типа. Выбор метода зависит от условий места монтажа конструкции, технико-экономических показателей метода и сроках монтажа.

Анализ источников показывает, что не только в мире, но и в Казахстане тоже применялись различные методы монтажа, такие как метод поворота вокруг шарнира, монтаж башенных сооружений самоподъемными порталами, монтаж при помощи прислонных кранов, метод стягивания и выжимания, монтаж при помощи вертолетов. Наиболее распространенным методом монтажа мачт и башен является монтаж их в проектное положение наращиванием с использованием самоподъемных кранов.

Однако для определения эффективности применения того или иного метода необходимо провести их оценку и по основным критериям выбрать наиболее оптимальный метод.

В начале 2000 года в г. Чирчик был произведен монтаж ратификационных колонн для производства азота. На момент монтажа необходимо точно знать координаты перемещения низа опорной стойки, что значительно снижает трудоемкость при монтаже. Разработанный алгоритм перемещения низа опорной стойки позволил конкретно обозначить зону перемещения низа опорной стойки и соответственно снизить затраты на проектирование и повысить качество монтажа за счет точности перемещения не только стойки, но и перемещения крана вдоль линии монтажа колонны, а также повышения скорости передвижения крана.

Траектория перемещения низа опорной стойки должна исключать:

- Отклонение стойки в плоскости подъема аппарата от вертикали на угол, меньший минимально допустимого для данной конструкции стойки ($\beta_{\min}$), а также для узлов ее крепления к поднимаемому аппарату, траверсе и к грузовому полиспасту крана;
- Подъем стойки выше отметки расположения ее низа при неустойчивом равновесии аппарата;
- Удлинение полиспаста тяги;
- Нагрузки на крюки кранов больше, чем в начале этапа 2 подъема аппарата за опорную стойку.

Траекторию перемещения низа стойки следует располагать в границах полученной области возможных траекторий, обеспечивая: при этом минимальное число циклов и минимальные нагрузки на кран.

При этом необходимо учитывать, что при расположении траектории ближе к верхней границе области требуется максимальное число циклов перемещения крана и оснастки, но нагрузка на кран минимальная. При расположении траектории ближе к нижней границе области требуется минимальное число циклов, но нагрузка на кран максимальная.

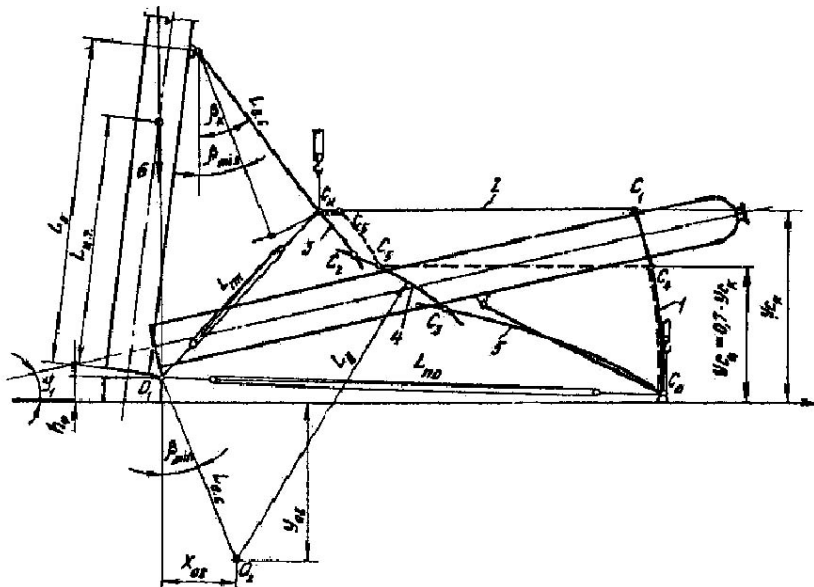


Рис. 1. Оптимальные границы возможных траекторий перемещения низа опорной стойки

Во время подъема аппарата до угла, который на 5-7° меньше угла, соответствующего расчетному положению неустойчивого равновесия, тормозную оттяжку поддерживают ослабленной. Груз в этот период должен быть на земле.

При достижении аппаратом указанного угла подъема, электролебедкой натягивают тормозной полиспаст до отрыва груза от земли и в дальнейшем используют основной полиспаст крана, не допуская при этом опускания груза на землю или упора его в неподвижный блок.

Описанный метод монтажа аппаратов вертикального типа имеет значительные преимущества по сравнению с вышеперечисленными, а именно:

- Возможность монтажа кранами аппаратов массой, в два и более раз превышающей суммарную грузоподъемность кранов, и высотой, 4-6 раз превышающей высоту подъема крюков кранов;
- Возможность использования одного и того же стрелового оснащения кранов как при подъеме, так и при подготовке к подъему аппаратов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по монтажу кранами оборудования вертикального типа с опорой его на стойку. Центральное бюро научно-технической информации. ВНИИ монтажспецстрой, г. Москва – 1982.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ КВАДРАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЯ НА 1 КМ ХОДА НА ПОЛЕВОМ КОМПАРАТОРЕ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Кайсар Билялович Хасенов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, 070000, улица Серикбаева 19, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Геодезия, землеустройство и кадастр», тел. 8(7232)540-776, e-mail: hasenovkb@gmail.com

Маржан Есенбековна Рахымбердина

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, 070000, улица Серикбаева 19, зам. заведующего кафедрой «Геодезия, землеустройство и кадастр», старший преподаватель, тел. 8(7232)540-776, e-mail: marzhanrakh@mail.ru

В статье рассмотрена методика определения средней квадратической погрешности измерения превышения на 1 км нивелирного хода на полевом компараторе для метрологической аттестации нивелиров.

Ключевые слова: нивелир, средняя квадратическая погрешность, полевой компаратор.

PROCEDURE FOR DETERMINATION MEAN SQUARE ERROR OF MEASUREMENT ELEVATION ON 1 KM LINE IN FIELD COMPARATOR IN SPACE-LIMITED ENVIRONMENS

Kaisar B. Khasenov

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

Marzhan E. Rakhimberdina

D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University, Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 070000, 19 Serikbaev st., Senior lecturer of Department of “Geodesy, Land Management and Cadastre”, tel. 8 (7232) 540-776, e-mail: marzhanrakh@mail.ru

In the present paper procedure for determination mean square error of measurement elevation on 1 km of leveling line in field comparator for metrological certification of levels, is considered.

Key words: level, mean square error, field comparator.

Известно, что одной из основных метрологических характеристик нивелира является средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км нивелирного (двойного) хода [1, 2]. В настоящее время существуют различные методы определения СКП измерения превышения на 1 км хода [2].

Сибирской государственной геодезической академией была разработана и предложена методика кругового полевого компаратора для аттестации

геодезических приборов. Суть методики (рис. 1) заключается в том, что все наблюдения выполняются с одной точки, установленной в центре бетонной площадки с углублениями под ножки штатива, вокруг которой по окружности в 10 направлениях на расстояниях 10 м, 25 м, 50 м и 100 м закреплены пилонь (со шляпкой наверху), на которые устанавливают нивелирные рейки. Измерения производят по замкнутому кругу [3].

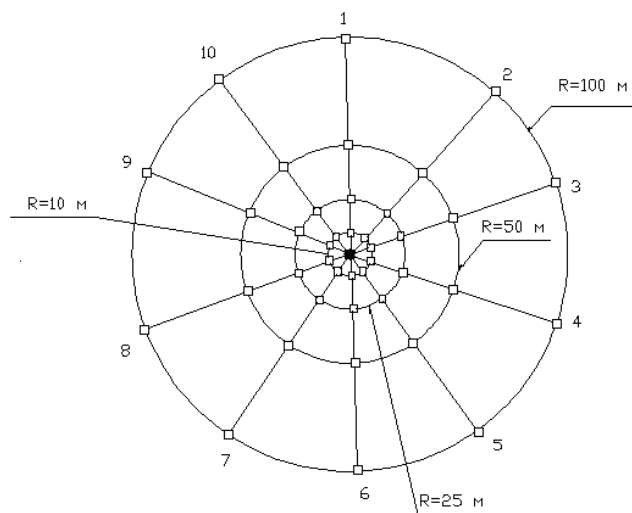
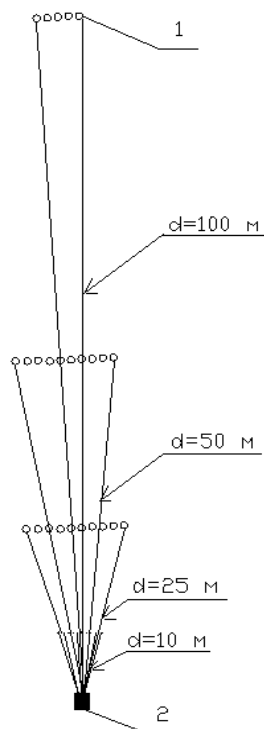


Рис. 1. Схема эталонного высотного полигона

В Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева разработана усовершенствованная методика полевого компаратора для определения средней квадратической погрешности измерения превышения на 1 км нивелирного хода. Суть методики заключается в том, что все измерения производятся с одной станции (рис. 2).



1 – закрепленные точки, 2 – бетонная площадка

Рис. 2. Схема полевого компаратора в стесненных условиях

В узком секторе (не более 2 м) на расстояниях 25 м, 50 м, 100 м закреплены точки, на которых устанавливают нивелирные рейки. В зависимости от длины нивелирных плеч количество закрепляемых точек может быть различным. Так при длине плеч соответствующей 50 м для нивелирования хода длиной 1 км необходимо установить 10 точек, расстояние между которыми равно 10-15 см. Количество закрепляемых точек может быть уменьшено. При длине плеч 50 м и закрепленных 5 точках ход длиной 1 км будет набираться при 2-х полных замкнутых ходах, при длине плеч 25 м и закрепленных 5 точках - при 4-х полных замкнутых ходах. Для исключения личных субъективных ошибок наблюдателя точки устанавливают на разных высотах (в пределах нескольких сантиметров).

Измерения на полевом компараторе выполняются по следующей программе (рис. 3):

1. Устанавливают нивелир на точку стояния (в 25, 50, 100 м от закрепленных точек) и приводят прибор в рабочее положение.

2. Устанавливают рейку на первую закрепленную точку и берут отсчет по черной (ач1) и красной стороне рейки (акр1), при этом пузырек цилиндрического уровня должен находиться в нуль-пункте.

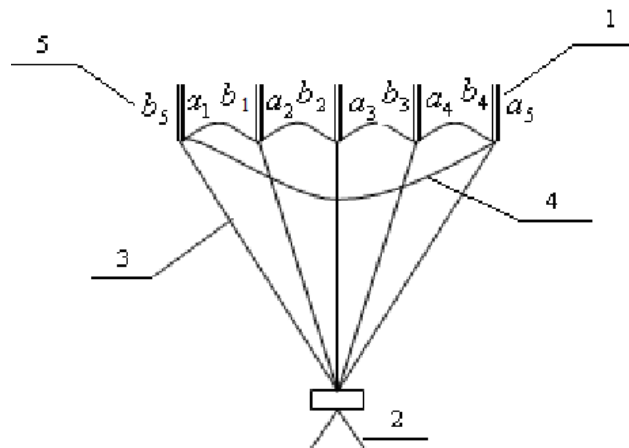
3. Переходят на вторую точку и берут аналогично отсчеты по черной (бч1) и красной стороне рейки (бкр1).

4. Аналогично выполняют измерения на точках 3, 4, 5.

5. Для замыкания хода берут отсчеты на пятую (заднюю) и первую (переднюю) точки.

6. При длине плеча визирования 50 м длина хода 1-го полного замкнутого хода будет равна 500 м, поэтому прокладывают второй замкнутый ход. Измерения выполняют в той же последовательности соответственно пп. 2-5.

7. Все результаты заносятся в полевой журнал измерений.



- 1- нивелирная рейка,
- 2- место установки нивелира,
- 3- расстояние от нивелира до рейки,
- 4- стороны замкнутого нивелирного хода,
- 5- отсчеты по рейке (a - отсчеты по задней рейке, b - отсчеты по передней рейке)

Рис. 3. Схема выполняемого нивелирного хода для определения СКП измерения превышения на 1 км хода

Как известно, при поверке нивелиров длины нивелирных ходов должны быть не менее 10 км для статистической достоверности значений СКП измерения превышения на 1 км хода. Исходя из выше сказанного, перечисленные действия по пп. 2-7 повторяют. Следует отметить, что для уменьшения влияния субъективных ошибок наблюдателя после каждых 5 км изменяют высоту прибора.

Для контроля на каждой закрепленной точке по рейке берут отсчеты по черной и красной сторонам рейки, и рассчитывают разность пяток.

В развернутом виде выше описанная схема будет выглядеть следующим образом (рис. 4).

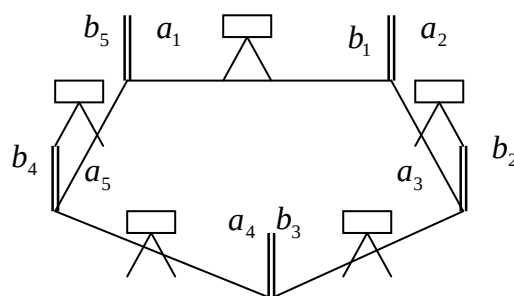


Рис. 4. Схема нивелирного хода в развернутом виде

По общеизвестным формулам геометрического нивелирования (способ «из середины») рассчитывают превышения по черной и красной сторонам рейки:

$$\begin{aligned} h_{\text{ч}} &= a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}}, \\ h_{\text{кр}} &= a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}}. \end{aligned} \quad (1)$$

За окончательное превышение h_i принимают среднее из двух значений превышений, рассчитанных по черной и красной сторонам рейки.

Далее находят сумму превышений в замкнутом ходе, теоретическое значение которого равно нулю:

$$\sum h_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n h_i. \quad (2)$$

Для исследования средней квадратической погрешности измерения превышения на 1 км хода выполнены 10 серий наблюдений при различных высотах прибора. Как уже отмечалось, изменение высоты прибора так же обеспечит исключение субъективных ошибок наблюдателя.

На основе разработанной методики были исследованы СКП превышения на 1 км хода для нивелиров типа Н-05, Н-3, Н-3К, Н-10К при длине нивелирных плеч равных 25 м, 50 м, 100 м в полевых условиях.

После каждой серий наблюдений вычислены сумму превышений замкнутого хода, по которым рассчитаны СКП измерения превышения на 1 км нивелирного хода (табл. 1).

Таблица 1. Сводная таблица результатов исследований по определению СКП измерения превышения на 1 км хода

Типы нивелиров	Количество серий наблюдений	Длина плеч, м	Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км хода, мм	
			допустимая*	фактическая
Н-05	10	50	0,5	0,26
	10	25	0,5	0,30
Н-3	10	100	3	0,95
	10	50	3	0,94
	10	25	3	0,88
Н-3К	10	100	2	1,60
	10	50	2	1,55
	10	25	2	1,15
Н-10КЛ	10	100	5	1,74
	10	50	5	1,45

Примечание: * - допустимое значение СКП измерения превышения на 1 км (двойного) хода установлены ГОСТ 10528-90 Нивелиры. Общие технические условия.

Анализ существующих методик определения СКП измерения превышения в полевых условиях показывает, что описываемый полевой компаратор для метрологической аттестации геодезических приборов, обладает рядом преимуществ по сравнению с аналогичными методиками, а именно:

- Компактностью, т.е. возможность размещения компаратора в более стесненных условиях, что обусловлено, прежде всего, плотностью застройки и высокой стоимостью земельных участков на территории населенного пункта;
- Отсутствие влияние от перемещения штатива и костылей;
- Уменьшение затрат времени на переходы с точку на точку наблюдателя и реечника.

Используя данную методику измерений на полевом компараторе, можно также рассчитать СКП измерения превышения на станции при различных длинах нивелирных плеч.

Однако следует отметить, что измерения, выполняемые по предложенной методике, приближены к идеальным условиям измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10528-90 Нивелиры. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rgost.ru>
2. Спиридонов А.И. Основы геодезической метрологии: Произв.-практ. изд. – М.: Картгеоцентр – Геоиздат, 2003
3. Уставич Г.А., Хасенов К.Б., Рахымбердина М.Е. Научно-методические основы разработки полевого компаратора для метрологического обеспечения нивелиров в стесненных условиях// Материалы XI международной научно-практической конференции «Методы дистанционного зондирования и ГИС-технологии для оценки состояния окружающей среды, инвентаризации земель и объектов недвижимости», Португалия, 2007. – С. 31-35

© К.Б. Хасенов, М.Е. Рахымбердина, 2012

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДОРОЖНЫЙ КУРВИМЕТР УДК «РОВНОСТЬ»

Андрей Владимирович Андреев

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС), 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, старший преподаватель кафедры «Инженерная геодезия», тел. 8 383 3280237, e-mail: geodezy@stu.ru

Приведены перечень и основные конструктивные элементы оборудования для измерения геометрических параметров автомобильных дорог. Даны технические характеристики универсального дорожного комплекса «Ровность», включающие новые технические решения на основе спутниковой навигации.

Ключевые слова: геометрические параметры, диагностика, гироскоп, ровность, дорожная лаборатория, система позиционирования.

UNIVERSAL ROAD KURVIMETR

Andrey V. Andreyev

Senior lecturer, Department of Engineering Surveying, Siberian State University of Communication, 191 D. Kovalchuk St., Novosibirsk 630049, 8 383 3280237, e-mail: geodezy@stu.ru

A list of the main structural elements and equipment for measuring the geometrical parameters of highways are presented. The technical characteristics of road-mobile laboratory (DPL SGUPS) including new technical approaches on the base of satellite navigation are given.

Key words: geometrical parameters; diagnostics; gyroscope; positioning system; smoothness; road laboratory.global navigation positioning system.

В различных странах используются как стандартные, так и оригинальные методы и системы диагностики, общими требованиями к которым являются оперативность получения информации, объективность, высокая надежность и точность диагностических данных, автоматизация процесса измерения.

Одним из параметров, характеризующих условия безопасности движения, является ровность покрытия. Обзор современных автоматизированных технических средств для определения ровности дорожного покрытия дан в [2]. В нем приведены описания и основные технические характеристики аппаратуры. Так, в Австралии разработана аппаратура, в основу измерений которой положено определение перемещения кузова автомобиля в вертикальной плоскости. В США для определения ровности покрытия используются толчкомеры, измерители РСА и измерители Мэйса, снабженные системой, позволяющей фиксировать особые толчки по команде оператора. Обработка данных измерений производится компьютером, установленным на автомобиле. Оборудование подобного типа имеет ограниченную точность, так как показания толчкомера зависят от технических характеристик базового автомобиля, и, что

более важно, от изменений этих характеристик в процессе эксплуатации. Поэтому измерительная система не может быть откалибрована должным образом при использовании на различных типах автомобильных дорог.

Актуальной до настоящего времени остается проблема определения ровности покрытия автомобильных дорог с использованием косвенных (интегральных) методов, не обеспечивающих объективной и надежной оценки, включая международный индекс ровности (IRI) из-за влияния на точность различных факторов. Прямые методы определения ровности также имеют существенные недостатки, связанные с ограниченной измерительной базой в 3, 5 метров и т.д.

С учетом достижений российских и зарубежных производителей измерительной техники, выявленных недостатков в СГУПС был создан универсальный дорожный комплекс «Ровность».

УДК «Ровность» предназначен для оперативного контроля участков дорог после ремонта, реконструкции, а также пусковые комплексы подлежащие вводу в эксплуатацию, диагностика, мониторинг участков дорог.

Согласно ГОСТ 12997 Комплекс относится к изделиям:

- Предназначенным для информационной связи с другими изделиями;
- Используемым электрическую энергию в каналах связи.

Принцип работы УДК «Ровность»

Измерение основных геометрических параметров автомобильных дорог осуществляется с использованием гироскопических датчиков. В процессе движения по обследуемой дороге измеряются продольный и поперечный уклоны проезжей части, а также курсовой угол. Измерения производятся в привязке к пройденному пути. В качестве датчика пути применяется специальное мерное колесо. Обработка показаний гироскопов позволяет определить радиусы кривых в плане, радиусы вертикальных кривых, расстояние видимости проезжей части дороги, наличие виражей, переходных кривых, имеющих переменный радиус.

Техническая характеристика

Диапазоны измерений и пределы относительных погрешностей УДК «Ровность» при измерении параметров покрытия.

Перемещение тележки	ручное
Диапазон измерения ровности, мм	50,
Длина ровности (база измерения), м	5-20,
Диапазон измерения поперечных уклонов, (промилле)	300,
Диапазон измерения расстояния, км.	100,
Погрешность измерения ровности, мм	1,
Погрешность измерения поперечных уклонов (промилле)	2,
Погрешность измерения расстояния, %	0,1,
Габариты в рабочем состоянии, мм	1495*1290* 380,
Масса, кг	20.
– Температура окружающего воздуха , °С	от 0 до 40
– Влажность окружающего воздуха	до 95 % при 25 °С

Для лучшей видимости УДК «Ровность» при работе на автомобильных дорогах окрашена в оранжевый цвет.

Пороговый датчик пройденного пути «Холла» установлен на вилке одного из колес. На обороте колеса устроены 24 самари-кобальтовых магнитов диаметром 5мм и высотой 5мм. При вращении колеса вырабатываются импульсы, которые передаются в контроллер для определения величины пройденного пути.

Блок пространственной ориентации (БПО) закрепляется на платформе УДК «Ровность» и включает в себя:

– Два волоконных датчика вращения, ось чувствительности одного из которых расположена в азимутальной плоскости, а второго совпадает с продольной осью комплекса, два акселерометра ДЛСУ, ось чувствительности одного расположена под углом 90° к вектору движения, ось чувствительности другого расположена по направлению движения, аккумулятора 12В, контроллера, кожуха.

Принцип работы БПО основан на измерении приращения угловой ориентации осей чувствительности относительно исходного положения.

Акселерометр обеспечивает определение угла наклона поперечной оси и продольной оси блока пространственной ориентации относительно горизонта.

Контроллер предназначен для приема и исполнения команд от компьютера (КПК), считывания информации с датчиков и передачи информации в КПК.

КПК представляет собой портативный компьютер закрепленный на руке, ручке перемещения, предназначен для управления работой УДК «Ровность», накопления и отображения измеряемых параметров автомобильной дороги и проведения регламентных работ (установка начальных данных, калибровка, настройка).

В процессе движения тележки по пути контроллер опрашивает датчики и передает информацию в КПК.

Программа «Avto» обеспечивает связь между КПК и контроллером считывает текущую информацию, визуализирует процесс измерений, сохраняет полученные данные.

Программа «Ровность», инсталлированная на персональный компьютер, предназначена для обработки полученных данных УДК «Ровность» в соответствии с ГОСТ 30412-96. Программа позволяет предоставить полученную информацию в графическом и табличных видах, распечатать результаты на принтере или сохранить для дальнейшей обработки.

Программа «паспорт кривой» инсталлированная на персональный компьютер предназначена для расчета характеристик кривых.

МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ ПЛАНОВ МАСШТАБА 1 : 2 000 ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Анатолий Геннадьевич Неволин

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

Татьяна Михайловна Медведская

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, д. 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. (383) 343-29-55, e-mail: mtm2112@yandex.ru

В статье рассматриваются стратегии создания и обновления цифровых планов масштаба 1:2000. Даны рекомендации о выборе программных продуктов, методов и средств для сбора, накопления и обработки пространственных данных.

Ключевые слова: цифровые крупномасштабные планы, растровый и векторный формат, средства автоматизированного проектирования.

1:2 000 SCALE DIGITAL PLANS CREATION AND ACTUALIZATION TECHNIQUES FOR URBAN DEVELOPMENT DATAWARE

Anatoly G. Nevolin

Ph.D., Prof., Department of Engineering Surveying and GIS, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., 630108 Novosibirsk, phone: (383) 343-29-55, e-mail: agentagn@mail.ru

Tatyana M. Medvedskaya

Senior lecturer, Department of Engineering Surveying and GIS, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., 630108 Novosibirsk, phone: (383) 343-29-55, e-mail: mtm2112@yandex.ru

The strategies for 1:2 000 scale digital plans development and updating are considered. The recommendations on the software as well as the techniques for collection, accumulation and processing of spatial data are given.

Key words: digital large-scale plans, raster and vector format, computer-aided design.

Важнейшим элементом информационного обеспечения градостроительства являются цифровые планы масштаба 1:2000, которые необходимы для решения задач, связанных с градостроительной, землеустроительной деятельностью, разработкой проектов планировок, проектов межевания и принятия стратегических решений по развитию территории муниципальных образований города.

Бурное развитие информационных технологий привело к принципиальным изменениям методов и средств для сбора, накопления и обработки

картографических материалов. Сегодня большинство всех картматериалов переведено в цифровой вид, в растровый и векторный формат.

Современные методы создания и обновления цифровых крупномасштабных планов выполняются на основе материалов наземных съемок, с применением электронных тахеометров и лазерных сканеров, а также материалов дистанционного зондирования. При этом используются узкоспециализированные программы для обработки результатов измерений конкретного производителя геодезического оборудования, программы для векторизации растровых изображений, а также геоинформационные системы (ГИС) и системы автоматизированного проектирования (САПР).

Основными программными средствами для создания и актуализации цифровых крупномасштабных планов застроенных территорий на сегодняшний день являются геоинформационные системы.

В настоящее время создание цифровых планов масштаба 1:2000 для городской территории, в частности для г. Новосибирска, основано на векторизации планшетов дежурного плана масштаба 1:500 в среде MapInfo, т.к. этот способ является наиболее простым и недорогим. Полученные планы хранятся в растровом и векторном форматах.

В Центре «Сибгеоинформ» была разработана технология обновления, которая заключается во внесении изменений в дежурный план застройки масштаба 1:2000 в растровом виде, с применением технологии Bentley (MicroStation и Descartes). Однако с 2000 года планы масштаба 1:2000 не обновляются.

Сегодня наиболее востребована картографическая информация в электронном виде, а именно, в векторном формате.

К настоящему времени в департаменте строительства и архитектуры г. Новосибирска накоплена база картографических данных в формате MapInfo. Несмотря на все достоинства данного программного продукта, цифровые планы, создаваемые на его основе, не в полной мере отвечают требованиям всех пользователей топографической информации. Основным недостатком данной ГИС – это то, что она является двумерной по своей сути и подходит для наполнения дежурного плана города информацией административного характера. Цифровые планы, создаваемые при помощи MapInfo, не обеспечивают изыскателей и проектировщиков сведениями, соответствующими их возможностям и потребностям. В связи с переходом проектных организаций на трехмерное компьютерное проектирование, стало очевидным, что проектировщикам необходима цифровая модель местности (ЦММ) инженерного назначения, которая должна быть трехмерной. В связи с этим необходимо пересмотреть существующие методы и программные средства, используемые для создания цифровых крупномасштабных планов застроенных территорий.

Для создания ЦММ инженерного назначения подходят системы, разработанные на основе платформ, используемых в САПР, которые позволяют выпускать планшеты и чертежи топографических планов, осуществлять полосные и площадные инженерные изыскания объектов промышленного,

гражданского и транспортного строительства, подготавливать информацию для кадастровых систем, совершенствовать ведение дежурных планов и т.д.

Создание и обновление цифровых планов города в масштабе 1:2000 может быть выполнено с помощью программного комплекса CREDO. Данный программный продукт широко распространен и активно используется в проектно-изыскательских организациях.

Информационное обеспечение CREDO включает классификатор тематических (топографических, проектных и др.) объектов, описание форматов представления элементов ЦММ при их передаче во внешние системы. Поддерживает локальные и корпоративные базы данных (MS Access, MS SQL Server, Oracle) и обеспечивает коллективную работу нескольких исполнителей над одним проектом.

Для наполнения крупномасштабного плана города топографической информацией необходима и достаточна система CREDO ТОПОПЛАН. При этом нет необходимости полностью отказываться от ГИС MapInfo, а для связи двух систем можно использовать CREDO КОНВЕРТЕР. Сегодня программные продукты СП «КРЕДО-ДИАЛОГ» активно используются при создании и обновлении дежурных планов городов, где широко распространены данные технологии.

На ряду с этим широкое распространение получили программные продукты AutoCAD компании Autodesk, которые являются популярными в мире средствами автоматизированного проектирования. Среда AutoCAD используется разработчиками в качестве базовой графической платформы для создания машиностроительных, архитектурных, строительных, геодезических программ и систем инженерного анализа. AutoCAD предоставляет более развитые возможности создания двумерных и трехмерных проектов, а также разработки проектной документации. Следует отметить, что более новые версии программы стали параметрическими, теперь между объектами при любых изменениях поддерживаются взаимосвязи, заданные пользователем. Это позволяет значительно сократить время внесения изменений в проекты.

В современных версиях AutoCAD усовершенствована работа с форматом PDF. Файлы PDF можно использовать в качестве подложки, улучшено качество импорта PDF-формата. Это упрощает обмен данными между всеми сторонами, заинтересованными в проекте.

Программное обеспечение AutoCAD широко распространено среди проектировщиков г. Новосибирска и может быть предложено в качестве среды для создания и обновления инженерно-топографического плана городской территории. Для этих целей разработаны специализированные программные продукты, такие как RasterDesk, GeoniCS и другие, которые позволяют выполнять создание и обновление цифровых планов на базе AutoCAD. К тому же под AutoCAD разработана система условных знаков масштабов 1:500 и 1:2000 (GeoBL).

Для создания картографических данных и управления ими существует специальный программный продукт – AutoCAD Map 3D. AutoCAD Map 3D –

это ГИС-платформа, которая объединяет в себе черты САПР и ГИС. Она позволяет работать с основными форматами проектных и ГИС-данных, в том числе с форматом TAB (MapInfo), предоставляет возможность обрабатывать обширные наборы картографических данных средствами AutoCAD, а также работать с инструментами проектирования и функциями ГИС в единой среде, что повышает эффективность рабочего процесса. Программа позволяет работать с аэрофото- и спутниковыми снимками, в том числе в форматах Mr.SID, ECW, файлами TIFF с геопривязкой, имеет доступ к картографическим сервисам WMS и WFS в сети Интернет. AutoCAD Map 3D может использоваться не только для создания, редактирования, оформления, подготовки для печати карт и планов, но и для распространения пространственных и проектных данных в intranet/internet.

Так как программа позволяет считывать, сохранять и преобразовывать данные в стандартных САПР и ГИС-форматах, то становится возможным использование векторных планов территории г. Новосибирска, созданных в ГИС MapInfo, для перехода в САПР.

На основании вышеизложенного, мы считаем, что программные продукты AutoCAD, AutoCAD Map 3D, GeoniCS и другие могут быть предложены в качестве средств для создания, актуализации цифровых планов масштаба 1:2000 в векторном формате и использования их для разработки генплана г. Новосибирска и строительства инженерных сооружений.

© А.Г. Неволин, Т.М. Медведская, 2012

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА ОБЪЕКТАХ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ТЕМЕЛИН

Иржи Лехнер

Научно-исследовательский геодезический, топографический и картографический институт, Ústecká 98, 250 66 Zdíby, Чешская Республика, заведующий отдела, тел. (00420) 284890330, e-mail: jiri.lechner@vugtk.cz

Карел Радей

Научно-исследовательский геодезический, топографический и картографический институт, Ústecká 98, 250 66 Zdíby, Чешская Республика, директор института, тел. (00420) 284890302, e-mail: karel.radej@vugtk.cz

Описана проблематика наблюдений за осадками турбогенератора мощностью 1000 МВт атомной электростанции Темелин. Описаны цели наблюдений, соответствующие нормативные документы, необходимые точности измерений и используемая измерительная система с блок-схемами, разработанная в Чешской Республике.

Ключевые слова: измерение смещений, гидростатическое нивелирование, инженерная геодезия, безопасность на электростанциях.

AUTOMATED HYDROSTATIC SYSTEM AT THE NUCLEAR POWER STATION TEMELÍN

Jiří Lechner

Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography, Ústecká 98, 250 66 Zdíby, Czech Republic, Head of department, tel. (420)226-802-330, e-mail: jiri.lechner@vugtk.cz

Karel Raděj

Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography, Ústecká 98, 250 66 Zdíby, Czech Republic, Director, tel. (420)226-802-302, e-mail: karel.radej@vugtk.cz

This paper deals with measurement of vertical displacements on the 1000 MW turbogenerator of the nuclear power plant Temelín. It is given an overview of regulations, purpose of measuring shifts, required accuracy and technical description of the measuring system including its schemes.

Key words: measurement of displacements, hydrostatic leveling, engineering geodesy, safety at power plants.

Введение

В Чешской республике вопрос мониторинга смещений (вертикальных деформаций) строящихся объектов с технологической и законодательной точки зрения регламентирован чешскими техническими стандартами (носящими рекомендательный характер) CSN 73 0405 "Измерение смещений строительных сооружений" и CSN 73 1001 "Основание сооружений. Грунт под плоскими фундаментами". Стандарты устанавливают требования к измерениям изменений в положении и форме (смещений и деформаций) зданий и их частей от положения и

формы зданий в основном или предыдущем этапе измерений, вызванных деформациями грунта под зданием и вокруг него в результате строительной или иной деятельности, вызванных статическими, динамическими и сейсмическими нагрузками или другими воздействиями на здание. Стандарт CSN 73 0405 действителен для всех типов зданий и сооружений, для которых отсутствуют конкретные стандарты. Стандарт не применяется для измерений при:

- а) Нагрузочном тестировании строительных конструкций,
- б) Оползнях,
- в) Измерении изменений геометрических параметров фактических характеристик зданий во время строительных работ, которые определяются при контроле точности в соответствии с другими стандартами CSN.

Цель измерения смещений

Целью измерения смещений зданий и сооружений является:

- а) Получение данных для оценки поведения грунта при строительных работах и воздействие строительства на близлежащие объекты,
- б) Сравнение значений фактического смещения с ожидаемыми значениями, рассчитанными в строительном проекте,
- в) Мониторинг состояния, функционирования и безопасности новых и уже существующих сооружений, находящихся под влиянием строительной деятельности в их близости.

Смещения зданий измеряются в процессе их строительства и после завершения работ:

- а) Если смещения имеют важное значение для безопасности и удобства использования здания или технологического оборудования,
- б) При использовании необычных или новых конструкций, таких как фундаментные плиты турбины для турбин мощностью 100 МВт и выше (CSN 73 1020), высотных зданий с высотой более 50 м (например плотин),
- в) Если сооружения чувствительны к воздействию сдвигов или построены в неблагоприятных геологических условиях,
- г) Если они построены на подрабатываемых территориях (CSN 73 0039), и это измерение соответствует значению и важности объекта.

Для каждого сооружения, на котором будут проводиться измерения необходимо составить проект измерений с разработкой цели и типа измерений, определить величины предполагаемых смещений, определить необходимую точность измерения с априорным анализом, установить метод стабилизации точек, разработать временной план измерений и т.д.

Атомная электростанция Темелин относится к уникальным техническим сооружениям, где были внедрены новые технологические устройства, применены новые конструктивные решения и где были использованы новые технологии строительства.

Основной блок электростанции состоит из здания реактора (площадь 68 х 68 м, высота 66 м), механического отделения (128 х 49 х 42 м) распределителя (98 х 22 х 31 м) и теплообменника (48 х 17 х 26 м).

Здание механического отделения имеет стальной каркас. В этом здании расположена турбина и связанные с ней обслуживающие устройства неядерной части электростанции.

Строительная конструкция разделена на части:

а) Фундаментная плита - железобетонная конструкция с размерами 61,1 х 16,4 х 2,7 м;

б) Пространственная рамная железобетонная конструкция, состоящая из 2 х 8 колонн, закрепленных в фундаментной плите на отметке -5,1 м, колонны в их верхней части соединены продольными и поперечными балками.

Продольные балки на уровне 10,95 м оснащены 86 виброизоляторами и 26 вискозными амортизаторами GERB (система гибкого расположения, с помощью которой можно корректировать положение турбины в горизонтальной плоскости);

в) Верхняя плита основания турбогенератора при +15 м это железобетонная плита со встроенными крепежными элементами, которая имеет внешние размеры 60 х 16 х 3,5м.

Точность измерений

Точность измерения смещений зданий характеризуется значением допуска определения длины результирующего вектора смещения или его составляющих. Величина допуска определяется значением

$$\delta_1 \leq 2/15 p, \quad (1)$$

где p – ожидаемое суммарное смещение или его составляющая в мм.

Для устройств с высокими требованиями к их стабильности, надежности, безопасности и экономичности эксплуатации, величина допуска δ устанавливается индивидуально, на 1 / 3 точнее.

Значение допуска измерения смещений уже эксплуатируемых сооружений находящихся в районе строительной деятельности, не должно превышать

$$\delta_2 \leq 2/5 p_k, \quad (2)$$

где p_k – критическое значение смещения в мм, при котором возникает угроза разрушенияследуемого объекта.

Стационарная автоматизированная гидростатическая измерительная система

На основе точностных требований к стабильности (в высотном отношении) технологического оборудования и конструкции машинного отделения с расположенным там турбогенератором мощностью 500 МВт и 1000 МВт и фундаментной плиты здания реактора были НИИ геодезии, топографии и картографии в сотрудничестве с другими организациями разработаны измерительные датчики HUNI и INVA, точность которых можно

охарактеризовать стандартным отклонением измерения высоты в рамках всей системы измерения (до 100 м) $\sigma \leq \pm 0,05$ мм.

Стационарная автоматизированная гидростатическая измерительная система состоит из гидростатических датчиков HYNi, которые соединены шлангами с жидкостью и кабелями для передачи данных и питания.



Рис. 1. Соединённые датчики HYNi

Количество датчиков в измерительной системе определяется в зависимости от конкретного случая и к системе может быть подключено в общей сложности 126 датчиков. В связи с возможностью измерения вертикальных смещений на разных высотных уровнях в систему могут быть включены измерительные датчики INVA, с помощью которых отдельные высотные уровни могут быть связаны в одну систему и может быть осуществлён постоянный контроль изменений взаимоположения разных высотных уровней. Оценка смещений происходит автоматически путём определения положения опорных точек и на основе анализа данных измерений определяется их стабильность.

Важной особенностью измерительной системы является непрерывность измерений без вмешательства оператора. Сбор данных осуществляется в заранее определенные промежутки времени и измеряемые величины могут быть просмотрены в любое время без прерывания программы измерений.

Технические данные датчика

Размеры: высота: 270 мм, ширина: 205 мм, глубина: 275 мм

Отверстия для ввода кабеля: P16

Соединения для подачи жидкости и воздуха 1 / 2 "

Вес датчика: 13 кг

Диапазон рабочих температур: от -20°C до +50°C



-  - Взаимосвязь высотных уровней с помощью инварного оборудования
 - Датчик температуры
 - Консоль
 - Соединение датчиков
 - Датчики INVA I, II

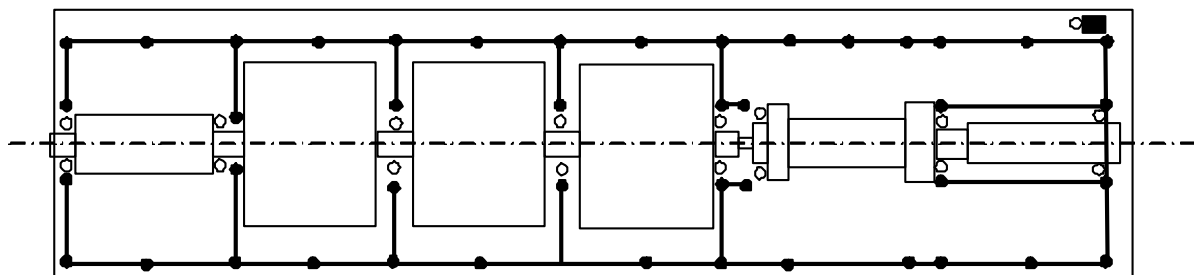


Рис. 3. система НУНИ на уровне +15,00 м машинного отделения (план)

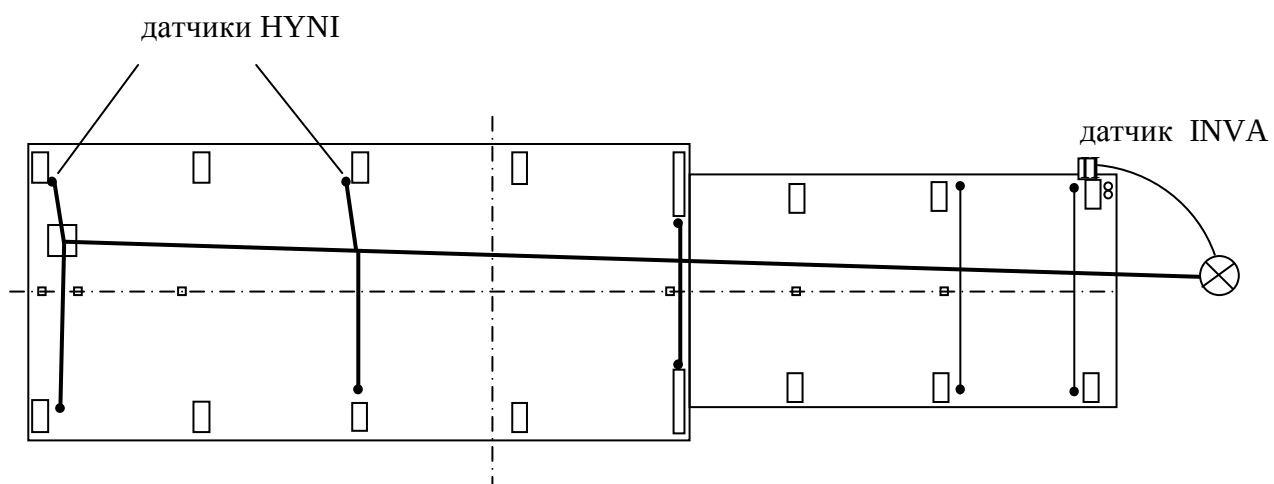


Рис. 4. Уровень -5,20 м машинного отделения (план)



Рис. 5. Устройство датчика INVA на уровне +15,00 м машинного отделения

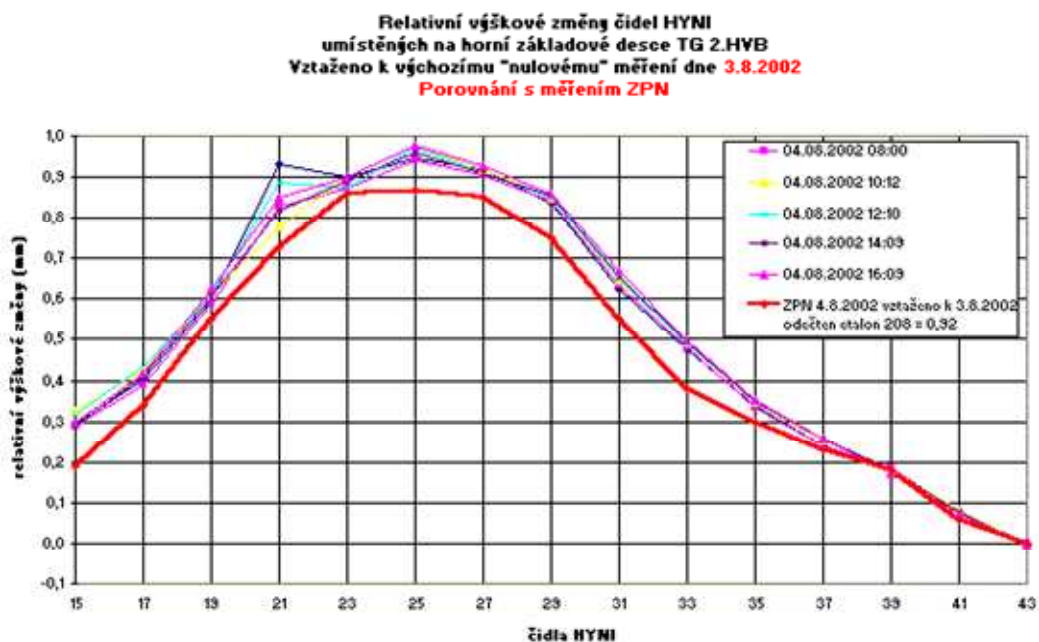


Рис. 6. Сравнение результатов измерений измерительной системой и высокоточным геометрическим нивелированием (ВГН.- красная кривая)

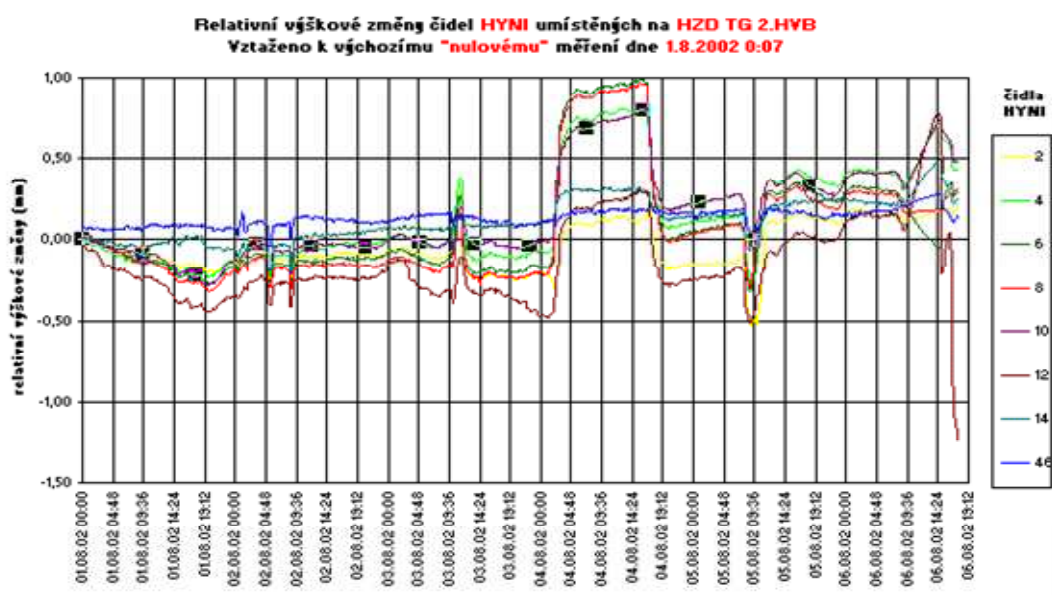


Рис. 7. Запись данных осадок системой HYNi при выпуске и напуске конденсатора ТГ

Заключение

Результаты измерений используются для систематического и эффективного технического обслуживания, а также обеспечивают документирование в целях повышения безопасности и надежности турбогенератора и продлевают срок его службы.

Из результатов оценки деформаций нижней фундаментной плиты следует, что деформация не превысила 20% от величин установленных стандартом CSN 73 1020.

Деформации верхней фундаментной плиты в сравнении с критериями стандарта достигают максимально 70% их величины и в значительной мере обусловлены изменениями температурного поля основы - ТГ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. CSN 73 0405 Измерение смещений строительных сооружений
2. CSN 73 1001 Основание сооружений. Грунт под плоскими фундаментами.
3. CSN 73 1020 Проектирование фундаментов вращающихся машин.
4. CSN 73 00 39 Проектирование зданий и сооружений на подрабатываемых территориях - основные положения.

© И. Лехнер, К. Радей, 2012

ПРОГНОЗ ДЕФОРМАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИЙ ПОКАЗАТЕЛЬНОГО МНОГОЧЛЕНА

Владимир Адольфович Середович

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, профессор, кандидат технических наук, проректор по науке и инновациям, тел: +79139865680, e-mail: sva@ssga.ru

Р. Эхигиатор-Иругхе

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант, тел: +79130605666, e-mail: raphehiator@yahoo.com

О.М. Эхигиатор

Отдел физики и энергетики, Университет Бенсон Айдахоза, Бенин Сити, Нигерия, тел. +2340833819640, e-mail: geosystems_2004@yahoo.com

Х. Ориакхи

Кафедра геодезии и геоинформатики, Эдо Государственный институт Технологический и Управления Усен, Нигерия, тел. +2348054574255, e-mail: oriakhihenry@yahoo.com

Под деформацией понимается изменение формы любого сооружения от его исходного состояния. При геодезическом мониторинге сооружений может быть выявлено изменение формы, размера и динамика изменения в целом. Таким образом, на основе серии измерений, полученных при мониторинге сооружений, можно прогнозировать время существования, возникновение чрезвычайных ситуаций. Целью данной работы является прогноз деформаций резервуаров для хранения сырой нефти посредством серии измерений с использованием показательных многочленов. Прогнозные значения сравнивались с данными, приведенными в литературных источниках, и затем выполнялся анализ. Также кратко рассмотрены вопросы применения рассчитанной модели.

Ключевые слова: показательный многочлен, деформация сооружения, прогноз, резервуар.

DEFORMATION PREDICTION USING EXPONENTIAL POLYNOMIAL FUNCTIONS

Vladimir A. Seredovich

Professor, Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Novosibirsk, Russia, tel. +79139865680, e-mail: sva@ssga.ru

R. Ehigiator – Irughe

PhD Student, SSGA, Novosibirsk, Russia, tel. +79130605666, e-mail: raphehiator@yahoo.com

O.M. Ehigiator

Department of Physics and Energy, Benson - Idahosa University, Benin City, Nigeria, tel. +2348033819640, e-mail: geosystems_2004@yahoo.com

H. Oriakhi

Department of Surveying and GeoInformatics, Edo State Institute of Technology and Management, Usen, Nigeria. email: oriakhihenry@yahoo.com, tel. +2348054574255

By Deformation, we mean change of shape of any structure from its original shape and by monitoring the structure over time using Geodetic means, the change in shape, size and the overall structural dynamics behaviors of structure can be detected. Prediction is therefor based on the epochs measurement obtained during monitoring of structure, the life time, failure and danger period of the structured may therefore be forecast. The aim of this study is to predict the Deformation experience by crude oil Tank under continuous loading with data obtained in four epochs of measurement using Exponential polynomial technique. The predictions were compared with measured data reported in literature and the results are discussed. The computational aspects of implementation of the model are also discussed briefly.

Key words: exponential polynomial, structural deformation, prediction, tank.

INTRODUCTION

In many civil structures like bridges, vertical oil storage tanks, tunnels and dams; the deformations are the most relevant parameters to be monitored. Monitoring the structural deformation and dynamic response to the large variety of external loadings has a great importance for maintaining structures safety and economical design of man-made structures.

Prediction is therefor based on the epochs measurement obtained during structural monitoring, from the data obtained, the life time, failure and danger period of the structured may be forecast. The main purpose of structural deformation monitoring scheme and analysis is to detect any significant movements of the structure. The knowledge of behavior of Tank Structure under uniaxial/biaxial tensile loads is necessary to predict the changes in perform geometry of the structure. The aim of this study is to predict the deformation experience by the structure under continuous loading with data obtained in four epochs of measurement using Exponential polynomial technique. The predictions are compared with measured data reported in literature and the results are discussed. The computational aspects of implementation of the model are also discussed briefly.

Prediction of the deformation values of circular oil storage tanks

Deformation structures can be fully determined by the movement of points which are measured on the structure. Let the vector position of point P in three-dimensional coordinate system (X, Y, Z) before and after deformation is equal to r_p and r'_p respectively. Then r'_p may be expressed as:

$$r'_p = f(x_p, y_p, z_p, t), \quad (1)$$

where t - time variation between two cycles (epochs) of observations.

From equation (1), the position of points on the object observed depends on their initial position and time. The displacement vector d_p at the point P is defined as:

$$d_p = r' - r_p = f(x_p, y_p, z_p, t) - f(x_0, y_0, z_0, t_0) \quad (2)$$

Prediction with exponential function

In mathematics, the exponential function is the function e^x , where e is a base of natural logarithm. The exponential function is used to model phenomena when a constant change in the independent variable gives the same proportional change ((i.e.

increase or decrease) in the dependent variable. The exponential function is often written as $\exp(x)$, especially when the input is an expression too complex to be written as an exponent. In calculus a branch of mathematics, the derivative is a measure of how a function changes as its input changes.

For predicting structural deformation values with exponential function, we suggested applying the following equation form:

$$\Delta S_i = a e^{b \Delta t_i} + c, \quad (3)$$

where ΔS_i – the deformation values at time i in vertical or horizontal dimensions; a, b, c – coefficients of proposed equation; and $i = 1, \dots, m$.

Using the observational data and least square method, the three coefficients a, b and c can be estimated using the general equation form:

$$A_{(m, 3)} X_{(3,1)} + L_{(m, 1)} = V_{(m, 1)}. \quad (4)$$

where m – the number of epochs of observations.

It is important to note that the first step of solution is approximating values of unknowns' a^0, b^0 and c^0 . Matrix A will be determined by differentiation the equation (3) with respect to parameters a, b and c . So matrix A , in this case, has the form:

$$A_{(m, 3)} = \begin{bmatrix} e^{b^0 \Delta t_1} & a^0 \Delta t_1 e^{b^0 \Delta t_1} & 1 \\ e^{b^0 \Delta t_2} & a^0 \Delta t_2 e^{b^0 \Delta t_2} & 1 \\ e^{b^0 \Delta t_3} & a^0 \Delta t_3 e^{b^0 \Delta t_3} & 1 \\ \dots & & \\ \dots & & \\ e^{b^0 \Delta t_m} & a^0 \Delta t_m e^{b^0 \Delta t_m} & 1 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

The misclosure vector L will have the form:

$$L_{(m, 1)} = \begin{bmatrix} \Delta S_1 - (a^0 e^{b^0 \Delta t_1} + c^0) \\ \Delta S_2 - (a^0 e^{b^0 \Delta t_2} + c^0) \\ \Delta S_3 - (a^0 e^{b^0 \Delta t_3} + c^0) \\ \dots \\ \dots \\ \Delta S_m - (a^0 e^{b^0 \Delta t_m} + c^0) \end{bmatrix} \quad (6)$$

The corrections to the approximated values will be determined by:

$$\begin{bmatrix} \bar{a} \\ \bar{b} \\ \bar{c} \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} (A^T L). \quad (7)$$

Then the adjusted values of parameters a, b and c

$$\begin{bmatrix} a_{adjust.} \\ b_{adjust.} \\ c_{adjust.} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a^0 \\ b^0 \\ c^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \bar{a} \\ \bar{b} \\ \bar{c} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

And the accuracy of these parameters can be calculated by:

$$\begin{bmatrix} m_a^2 & m_{ab} & m_{ac} \\ m_{ba} & m_b^2 & m_{bc} \\ m_{ca} & m_{cb} & m_c^2 \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1}. \quad (9)$$

Below are the Velocity values at each stud with respect to time

Table - 1: Velocity and time Value

Monitoring point	Velocity, mm/year		
	Vertical values, mm/year		
	t= 3 years	t= 4.25 year	t= 8 years
	from 5/2000	from 5/2000	from 5/2000
	to	to	to
	5/2003	8/2004	May-08
STUD1	3.84	3.68	2.87
STUD9	5.82	7.08	4.43
STUD16	4.67	4.75	3.69
STUD8	4.14	4.6	3.52
STUD2	3.69	3.99	3.18
STUD10	5.6	6.97	4.46
STUD4	0	0.64	1.24
STUD12	5.44	7.14	4.41
STUD3	0	0.76	1.32
STUD11	5.6	7.07	4.47
STUD5	1.33	2.35	2.07
STUD13	4.97	6.6	4.26
STUD7	1.3	2.35	2.2
STUD15	3.46	5.84	3.88
STUD6	1.07	2.19	2.04
STUD14	4.1	6.42	4.15

Using Mathcad, the solution to the unknowns is presented below. Our initial approximation was 0.008 for a^0 , b^0 and c^0 , while $\Delta t_1 = 0$, $\Delta t_2 = 3$, $\Delta t_3 = 4.5$, $\Delta t_4 = 8$ respectively.

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1.02429 & 0.93659 & 1 \\ 1.03458 & 0.92222 & 1 \\ 1.06609 & 0.89411 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{L} = \begin{pmatrix} -1.008 \\ 3.74978 \\ 3.86405 \\ 2.8993 \end{pmatrix}$$

The solution of the Normal equation given by: $n = a^T \times a$ is presented thus:

$$\mathbf{n} = \begin{pmatrix} 4.25609 & 3.86666 & 4.12497 \\ 3.86666 & 3.52712 & 3.75292 \\ 4.12497 & 3.75292 & 4 \end{pmatrix}$$

The correction for the approximated value is given as:

$$\mathbf{ga} = \begin{pmatrix} 9.92148 \\ 8.65981 \\ 9.50514 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{ga} := \mathbf{a}^T \cdot \mathbf{L}$$

From equation (7), the correction to the approximated values is:

$$\mathbf{x1} = \begin{pmatrix} 152.12864 \\ 131.55298 \\ -282.68464 \end{pmatrix}$$

From equation (8), the adjusted values of parameters a, b and c

$$\mathbf{xf} = \begin{pmatrix} 152.13664 \\ 131.56098 \\ -282.67664 \end{pmatrix}$$

The inverse of the normal equation is given as:

$$\mathbf{n}^{-1} = \begin{pmatrix} 4890 & 2850 & -7717 \\ 2850 & 1827 & -4654 \\ -7717 & -4654 & 12325 \end{pmatrix}$$

Errors of parameter are given as

$$\mathbf{ma} := \sqrt{(\mathbf{n}^{-1})_{(0,0)}} \quad \mathbf{mb} := \sqrt{(\mathbf{n}^{-1})_{(1,1)}} \quad \mathbf{mc} := \sqrt{(\mathbf{n}^{-1})_{(2,2)}}$$

$$\mathbf{ma} = 70$$

$$\mathbf{mb} = 43$$

$$\mathbf{mc} = 111$$

Equation (7) becomes,

$$\begin{array}{rcl} X & 1 & = \\ & 152 & \pm 70 \\ & 132 & = \pm 43 \\ & -283 & \pm 111 \end{array}$$

Equation (3) becomes:

$$\Delta S_{16} = 152 \times e^{132 \times \Delta t_i} - 283$$

Below is the graph of prediction plotted time against deformation values for tank 6 stud 16

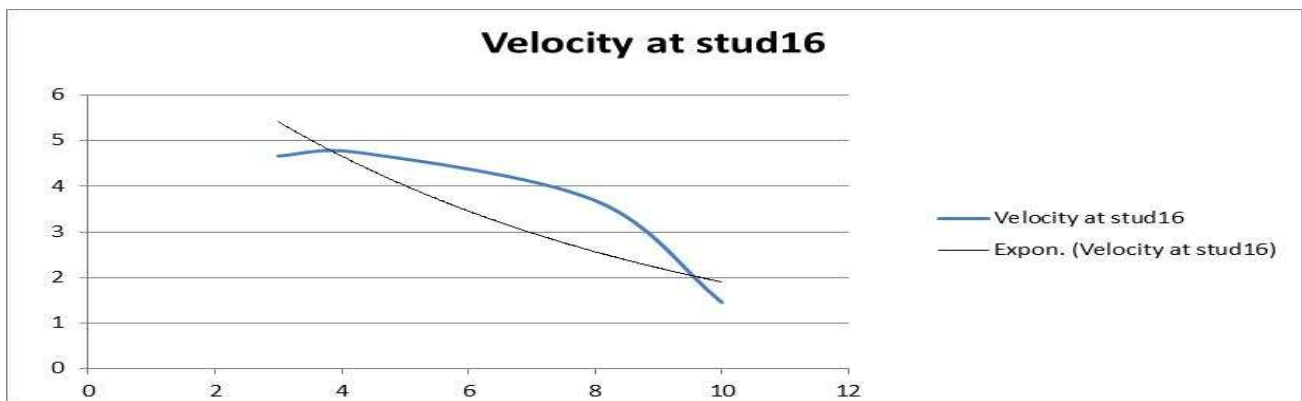


Fig. 1. Plot of Velocity against time for Stud 16

ANALYSIS OF RESULTS AND CONCLUSION

Table 1 vertical deformation values while fig 1.0 is the plot of time against velocity for monitoring point stud 16 for tank № 6. From the above, the predicted deformation graph and the observed value intersected at two points with time equal to 4.0yr with a velocity of 4.8mm/yr and time 9.8yr with velocity of 2mm/yr respectively.

A further projection of the prediction graph and the observed values will may not reveal uniformity. It is important to note that no observation was carried out in year 2001, 2002, 2005, 2006 and 2007 because of the unrest in the Niger delta of Nigeria.

The results obtained in this study may however be acceptable to the structural Engineer depending on the tank specifications and its properties at the design stage.

REFERENCES

1. Ehigiator – Irughe, R. and Ehigiator M. O.(2010)
“Estimation of the centre coordinates and radius of Forcados Oil Tank from Total Station data using least square Analysis” International Journal of pure and applied sciences. A pan – African Journal Series 2010
2. Ehigiator-Irughe, R. Environmental safety and monitoring of crude oil storage tanks at the Forcados terminal. M. Eng. Thesis. - Department of civil engineering, University of Benin, Benin City. Nigeria. – 2005.
3. Gairns, C. Development of semi-automated system for structural deformation monitoring using a reflector less total station. M.Sc. Thesis. – Department of Geodesy and Geomatics Engineering – University of New Brunswick, 2008. –
4. Ehigiator – Irughe, R. Ashraf A. A. Beshr, and Ehigiator M. O.(2010)
“Structural deformation analysis of cylindrical oil storage tank using geodetic observations” (Paper Presented at Geo –Siberia 2010, International Exhibition and scientific conference VI page 34 - 37, Novosibirsk Russia Federation).

5. Chrzanowski S., A. M. Massiera, A. Chrzanowski, (2003). "Use Of Geodetic Monitoring Measurements In Solving Geomechanical Problems In Structural And Mining Engineering", *Proceedings of the 11th Int. Symp. On Deformation Measurements*, Santorini, Greece, May25-28.

© В.А. Середович, Р. Эхизуатор-Иргызе, О.М. Эхизуатор, Х. Ориаххи, 2012

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИЕМНИКОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОПОР МОСТА ЧЕРЕЗ ПРОЛИВ БОСФОР ВОСТОЧНЫЙ НА ОСТРОВ РУССКИЙ В Г. ВЛАДИВОСТОК

Петр Павлович Мурзинцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, тел. 343-27-09, e-mail: petermur329@inbox.ru

Никита Анатольевич Казаненко

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, студент группы КГ-51

В статье рассматривается методика геодезического обеспечения строительства опор уникального вантового моста на острове «Русский». Показаны особенности применения спутниковых приемников в сочетании с электронным тахеометром. Исследуются вопросы точности и длительности сеансов наблюдения.

Ключевые слова: скользящая самоподнимающаяся опалубка, спутниковый приемник, электронный тахеометр, точность определения координат.

APPLICATION OF SATELLITE RECEIVERS FOR GEODETIC CONSTRUCTION PIERS THROUGH THE BOSPORUS STRAIT, EAST ON ISLAND RUSSIAN IN VLADIVOSTOK

Petr P. Mursinzev

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., Ph.D., tel. 343-27-09, e-mail: petermur329@inbox.ru

Nikita A. Kasanenko

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo Ul., student, e-mail: nik.rus@rambler.ru

This article discusses methods of geodetic support the construction of a unique cable-stayed bridge towers on the island of "Russian". The features of satellite receivers d sochetanib with electronic total station. The problems of accuracy and duration of observation sessions.

Key words: self-raising sliding formwork, receiver satellite, electronic total station, the accuracy of the coordinates.

Проблема эффективного применения GPS-приемников на различных этапах геодезического обеспечения строительства мостовых переходов является весьма актуальной [1], [2], [3].

В настоящее время ведется строительство уникального вантового моста через пролив Босфор Восточный на остров Русский. Владивосток крупнейший порт Российской Федерации на Дальнем Востоке, поэтому необходимо чтобы морские суда проходили под мостовым переходом.

В связи с последним обстоятельством подмостовой габарит стал рекордным среди Российских мостов и составил 70 метров. Не менее впечатляющими являются и другие характеристики этого уникального мостового перехода.

Во-первых, рекордной для России является длина центрального пролета 1104 м, во вторых ведется строительство самого высокого пилона, - 320,9 метра. Пилоны моста А-образные, поэтому применение стандартной опалубки невозможно. Для каждого пилона смонтирован отдельный комплект опалубки. Переход по типам сечения производится в уровне перемычек на отметках 66,26 и 191,48 метра.

Пространство, в котором работают монтажники и геодезисты при сооружении опалубки имеет 7 уровней. Каждый уровень составляет по высоте 19 м. Два верхних уровня предназначены для наращивания арматурного каркаса. Наращивание арматуры, как с внешней, так и с внутренней стороны опоры возможно одновременно с заливкой бетона на нижних этажах, что ускоряет процесс строительства и повышает безопасность работ. На следующих двух этажах, заливка бетона ведется снизу. Использование самоподъемной опалубки позволяет повысить качество и снизить сроки сооружения монолитных железобетонных конструкций в полтора раза. Три нижних уровня содержат механизмы подъема и смещения стенок опалубки. Механизм самоподъема предусматривает быстрое смещение устройства по вертикали на 4,5 м. (1 захватка) Всего запланировано произвести 72 цикла подъема. Конструкция позволяет быстро разъединить и очистить рабочие элементы опалубки перед началом движения. Сердцем системы являются мощные консоли-направляющие с высокой несущей способностью (150 кН по вертикали и 100 кН по горизонтали). Геометрия пилона требует, чтобы из 22 имеющихся консолей для движения вверх были предназначены только 6, остальные являются поперечными и поднимаются вместе с опалубкой. Имеется возможность обеспечить отклонение вертикальных несущих направляющих на 5 градусов от вертикали. На рис. 1 показан этап строительства.



Рис. 1. Сооружение пилонов с помощью самоподъемной опалубки

На высоте 197,5 м начинается зона крепления вант. Монтаж вантовых пар и бетонирование тела пилонa будут проходить одновременно. Такое технологическое решение резко сокращает сроки строительства.

При возведении пилонa важно скоординировать все действия по перемещению опалубки на следующую захватку, а также произвести геодезический контроль перемещения, с фиксацией положения на проектной отметке.

На первичном этапе геодезического обеспечения передвижения опалубки контролируются закладываемые в бетон через одну захватку направляющие анкера для системы крепления опалубки. Точные координаты мест размещения этих элементов переносятся из проектной документации в натуру, фиксируются на щитах опалубки специальными условными знаками и устанавливаются. После заливки и высыхания бетона положение установленных анкеров и закладных деталей контролируется и составляется исполнительная документация. Положение щитов, в свою очередь, до и после заливки бетона контролируется и сверяется с проектными значениями. В порядке геодезических работ, установленном проектной документацией, проверяются также геометрические параметры различных элементов конструкций перед монтажом, а также закрепляются несколько рабочих точек на относительно неподвижных элементах для текущих работ.

Геодезические работы в процессе сооружения железобетонного пилонa должны быть выполнены в полном объеме, заложенном в проект геодезических работ для различных элементов моста и с точностью СНиП 3.01.03-84 и СНиП 3.06.04-91, а также в соответствии с другой нормативно-технической документацией.

Все сверхнормативные отступления от проекта, включая отклонения от требуемой точности, должны быть согласованы с проектной организацией. Основные допуски на выполнение монтажа и точности положения основных элементов приведены ниже и в таблице 1.



Рис. 2. Контрольные точки для определения «узла» крепления вант

Средняя квадратическая ошибка (СКО) геодезических работ вычисляется, как 1/5 от предельно допустимых отклонений фактического положения точек от проектного. Т.е в данном случае в обеспечение надежности монтажа и эксплуатации в конструкцию пилона запроектирован более высокий запас прочности.

Требования к точности позиционирования узла крепления вант перед бетонированием:

- Допустимое отклонение координат центра выреза опорной плиты должно быть $\Delta x, \Delta y, \Delta z \leq 10\text{мм}$
- Допустимое отклонение центра опалубочной трубы относительно центра выреза опорной плиты должно быть $\Delta x, \Delta y, \Delta z \leq 2\text{мм}$. К точности положения узлов крепления вант приведены повышенные требования. По сути это основная задача геодезических служб. От этого зависит распределение нагрузок на конструкцию пилона и на железобетонные панели балки жесткости при монтаже и эксплуатации вантовых элементов.

Контрольные точки для определения положения вантового узла - так называемого «сердечника» выбираются как центры отверстий для крепления болтов (рис. 2) Контрольная точка Н.

Для контроля перемещения опалубки и при монтаже различных элементов на монтажных горизонтах, из за невозможности (отсутствие видимости и малые углы наклона) переноса координат с наземных геодезических пунктов используются мультисистемные, двухчастотные, фазовые геодезические

спутниковые приемники (мобильные), которые устанавливаются на верхних точках (при условии открытого радиогоризонта) последнего верхнего монтажного уровня самоподъемной опалубки (рис. 3), а также на пунктах мостовой триангуляции с известными координатами (базовые станции).

Вся система образует жесткую, по построению, спутниковую геодезическую сеть с вершинами в геодезических пунктах с известными координатами и мобильными приемниками на монтажных горизонтах, и используется для определения координат редукционных точек для последующей работы на горизонтах методами обратной геодезической засечки уже оптическими приборами (заносятся в память тахеометра, как исходные пункты для производства геодезических работ на текущей стадии). Обработку результатов измерений рекомендуется выполнять с использованием программных пакетов, прилагаемых к спутниковой аппаратуре, применявшейся для выполнения измерений. Координаты редукционных точек получают относительным способом геометрического метода космической геодезии с точностями в среднем по горизонтали: $0.3 \text{ см} + 0.5 \text{ ppm} * \text{длина базовой линии (км.)}$, по вертикали: $0.5 \text{ см} + 0.5 \text{ ppm} * \text{длина базовой линии (км.)}$ По сути метода после предварительной обработки спутниковых измерений получают базовые линии-векторы между пунктами сети из совместных наблюдений спутников на каждом из пунктов, после чего уравнивание в специальном ПО.

На рис. 3 показан производственный процесс работы со спутниковыми приемниками при сооружении опоры [4].



Рис. 3. Процесс измерений спутниковыми приемниками на опоре

На пунктах спутниковой сети наблюдения выполняют одновременно на двух частотах L1 и L2 спутников системы ГЛОНАСС и GPS, доступных на момент наблюдения, в режиме быстрой статики с маскированием по высоте – 10 градусов и дискретностью записи файла - 1 секунда. Время наблюдения зависит от длины базовой линии (расстояния от базового до подвижного приемника), количества видимых спутников и т.д. В нашем случае приемлемые значения СКО уравненных координат и отношение дисперсий около единицы получали после 20 минутных сеансов наблюдений. Путем усреднения трех 20 минутных сеансов, с изменением высоты антенны как минимум на 10 см., получали уравненные координаты для текущих работ на горизонтах. После завершения монтажных работ, перед контролем установленных элементов, координаты переопределялись.

Текущие работы на монтажном горизонте осуществляются оптическими приборами и в основном заключаются в выносе в натуру контрольных точек для монтажа элементов, например вантовых узлов, и контроле положения смонтированных элементов после монтажа, а также до и после заливки бетона. Уже на этапе строительства [5], необходимо предусмотреть основные аспекты размещения оборудования и технологические «узлы» для будущего пространственного мониторинга этого уникального мостового перехода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович К.М., Карпик А.П. Мониторинг объектов с применением GPS-технологий / Изв.вузов.Геодезия и аэрофотосъемка,-2004.-№1 с.53-66.
2. Мурзинцев П.П. Возможности применения спутниковых навигационных систем при монтаже пролетных строений Научно-техническая конференция преподавателей СГГА, 1996 г.
3. Мурзинцев П.П. Геодезическое обеспечение мониторинга мостовых переходов в Новосибирской области. Тезисы докладов. Научно-техническая конференция, посвященная 90 со дня рождения К.Л. Проворова. Н-ск.1999г.
4. Проект производства геодезических работ на сооружение пилонов до отметки 320,9 м.
5. Строительство мостового перехода на о. Русский через пролив Босфор Восточный в г.Владивостоке. (Проектировщик: ООО «НПО «Мостовик», г.Омск, 2011г.)
6. Яценко А.И. Комплексный контроль наклона опор при строительстве мостового перехода через бухту Золотой Рог (Владивосток) *ГЕОПРОФИ*, №4 2011 (стр.36-37).

© П.П. Мурзинцев, Н.А. Казаненко, 2012

О МЕТОДИКАХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Игорь Олегович Биндер

Заместитель директора ЗАО «ГИДРОМАШСЕРВИС» Филиал «ГМС-Инжиниринг», г. Тюмень, ул. Республики 62, тел. 8(3452) 46-34-92, e-mail: binderio@gtng.ru

В статье выявлены особенности, достоинства и недостатки методик инженерно-геодезических изысканий для различных типов линейных сооружений. Обосновывается необходимость разработки методики изысканий, учитывающей техногенные риски и полноту транспортных коридоров коммуникаций.

Ключевые слова: линейные сооружения, коридор коммуникаций, инженерно-геодезические изыскания.

ON METHODS OF ENGINEERING AND GEODESY LINEAR STRUCTURES

Igor O. Binder

Deputy Director of "HYDROMASHSERVICE" Branch «GMR-Engineering», Tyumen, ul. Respubliki 62, 8 (3452) 46-34-92, e-mail: binderio@gtng.ru

The paper identified features, advantages and disadvantages of methods of engineering and geodetic surveys for various types structures. The necessity to develop a methodology for research, taking into account the technological risks and completeness of the corridors of communication.

Key words: linear structures, a corridor of communication, engineering and geodetic surveys.

Линейные сооружения составляют основу коммуникаций в управлении любой территорией. Особенно актуальны вопросы геодезического обеспечения изысканий линейных сооружений для районов Сибири, в связи с постоянным наращиванием добычи нефти, газа и других полезных ископаемых. Эффективное обустройство нефтегазовых месторождений Западной и Восточной Сибири возможно в том случае, когда на месторождениях имеется коридор коммуникаций. Создание последнего, включает в себя три этапа: изыскание, проектирование, строительство. Инженерные сооружения, как отдельные виды, так и весь комплекс стараются выполнить с минимальными экономическими затратами. В геодезической литературе разработан ряд методик инженерно-геодезических изысканий линейных сооружений [1,2]. Влияние масштаба топографической съемки $\frac{1}{N}$ на стоимость инженерных изысканий частично отражено в [1]. Отмечая сложность и многофакторность стоимостных взаимосвязей, зависимость аппроксимируется корреляционным уравнением:

$$C = K_1 N + \frac{K_2}{N},$$

где C – стоимость инженерных изысканий; N – знаменатель масштаба топографической съемки; K_1K_2 – коэффициенты, которые находят из статистических исследований при условии, что всегда имеется оптимальный масштаб, при котором стоимость инженерного мероприятия будет минимальной

$$C_{\min} = 2\sqrt{K_1K_2}.$$

Для криволинейной корреляции степень взаимосвязи стоимости (C) инженерных изысканий и знаменателей масштаба топографической съемки N характеризуется формулой:

$$\tilde{\eta} = \sqrt{1 - \frac{\tilde{\sigma}^2(V)}{\sigma^2(C)}},$$

где V – поправки и определяются как,

$$V_i = K_1N_i + \frac{K_2}{N_i} - C_i; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

где C – стоимость инженерных мероприятий.

К достоинствам данной методики можно отнести статистические исследования, на основе которых построен график зависимости стоимости инженерных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений от масштаба инженерно-топографической съемки.

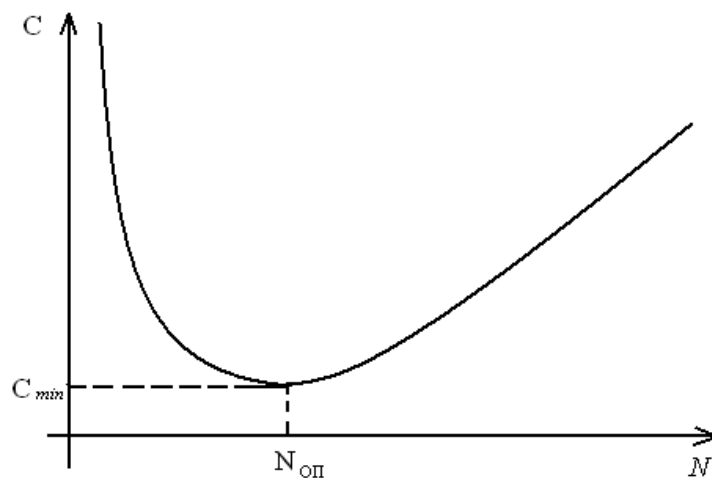


Рис. 1. График зависимости стоимости изысканий и масштаба топоплана

Методика позволяет выполнять предварительный анализ влияния масштаба съемки на стоимость изысканий.

Среди недостатков отметки, что в качестве оптимального масштаба топографической съемки рекомендуется согласно расчетам масштаб 1:5000.

Однако на производстве этот масштаб съемки применяется крайне редко, лишь при реконструкции нефтепроводов при благоприятных условиях рельефа и ситуации.

Исследования величины, так называемого коэффициента развития трассы, предлагается определять по формуле:

$$K_{\max} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}},$$

где $L_{\min}$ – кратчайшее расстояние между началом и концом трассы; $L_{\max}$ – предельное значение длины трассы, после которого ее проложение теряет экономическую целесообразность.

Проложение трассы линейного сооружения рассматривается в пределах максимально допустимого трассировочного эллипса, малая полуось которого определяется формулой:

$$b = \sqrt{L_{\max}^2 - L_{\min}^2}.$$

Данная методика может быть полезна при камеральном трассировании на равнинных участках, в противном случае необходимо исследовать не максимально допустимый трассировочный эллипс, а трассировочный эллипсоид, так как необходима информация о подземном состоянии коридоров коммуникаций в районах проектирования [3].

В [1] сделана попытка разработки иерархической структуры геоинформационной системы проектирования трассы линейки сооружений.

Процесс проектирования и оптимизации вариантов трасс предлагается осуществлять на трех уровнях. Методика трассирования анализируется для линий электропередач. На первом иерархическом уровне ГИС оцениваются варианты перспективных зон.

Оптимизацию рекомендуют выполнить по экономическому критерию минимизации капитальных затрат на строительства проектируемого сооружения с использованием формулы:

$$\min F(R(X))$$

$$X \in XD$$

Под X предлагается понимать вектор управляемых пространственных параметров; D – некая область варьирования. Следует подчеркнуть, что успех оптимизации требует конкретных значений управляемых пространственных параметров, как и их области варьирования.

На втором уровне функционирования ГИС предлагается на плоскости оптимизировать варианты трассировочных полос по критерию минимизации длины трассы полагая, что:

$$L_{\text{opt}} = \min L$$

$$r = 1, 2, \dots, n$$

$$L_i \in (V)$$

В [4] на практическом примере проектирования варианта трассы магистрального газопровода показано, что кратчайший вариант трассы далеко не всегда является оптимальным.

По мнению авторов [1], лишь на третьем (!) уровне создаются благоприятные предпосылки для формирования трехмерной ЦММ.

Оценку вариантов на третьем уровне, рекомендуется выполнить по значению вектора оптимизации как максимума суммы скалярных критериев из множества допустимых решений G по типу:

$$optR(\gamma) = \max \sum q_i(r) \quad r \in G$$

Достоинствами данной методики являются простота уровней геоинформационной системы.

В качестве главного недостатка можно отметить рекомендации по использованию ЦММ лишь на третьем уровне и отсутствие примеров для линейных сооружений за исключением линий электропередач.

Оригинальная методика проектирования сети автомобильных дорог на лесозаготовках представлена в [5]. Главной целью при проектировании сети лесовозных автомобильных дорог ставится обеспечение транспортной доступности лесосырьевых баз при соблюдении минимума затрат на строительстве дорог. Все влияющие на проектирование факторы предлагается разделить на четыре основных группы:

- Пространственное распределение лесных ресурсов с учетом пород деревьев, запасов;
- Природно-производственные условия особо охраняемых территорий, различные типы грунтов и т.п.;
- Источники строительных материалов, расположение, доступность, характеристики карьеров щебня и песка;
- Имеющиеся сети дорог, их состояние и удаленность лесных баз.

В общем виде эта оптимизационная модель выглядит следующим образом [5]:

$$C_D = f(c, B, h_{п.ср}, h_{о.ср}, E_{гр}, C_{\Sigma}, l_o, l_{п}, l_{зп}, C_{41}, C_{42}, C_{ГМ}) \rightarrow \min;$$

$$E_{Ф}(h_{п.ср}, h_{о.ср}, E_{гр}, E_o, E_{п}, \alpha) \geq K_{пп}^{TP} E_{тр}(N);$$

$$h_{п.ср}, h_{о.ср} \geq 0,05 \text{ м};$$

$$C_{\Sigma}, l_o, l_{п}, l_{зп}, C_{ГМ}, \alpha \geq 0,$$

где C_D – общие затраты на строительство участка дороги, руб.; c – ширина обочины, м; B – ширина проезжей части, м; $h_{п.ср}$ – средняя толщина покрытия дорожной одежды (ПДО), м; $h_{о.ср}$ – средняя толщина основания дорожной одежды (ОДО), м; $E_{гр}$ – модуль упругости грунта земляного полотна (ЗП); C_{Σ} – общая стоимость строительных материалов дорожной одежды, руб.; l_o – расстояние транспортировки материала ОДО, км; $l_{п}$ – расстояние транспортировки материала ПДО, км; $l_{зп}$ – расстояние транспортировки материала ЗП, км; C_{41} – стоимость устройства водопропускных сооружений (труб), руб.; C_{42} – стоимость устройства водопропускных сооружений (мостов), руб.; $C_{ГМ}$ – стоимость армирования геоматериалами, руб.; $E_{Ф}$ – фактический модуль упругости дорожной одежды; E_o – модуль упругости материала ОДО; $E_{п}$ – модуль упругости материала ПДО; α – коэффициент упрочнения дорожной одежды при армировании геоматериалами; $K_{пп}^{TP}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба; $E_{тр}$ – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции;

N – число приложений нагрузки от осей с нагрузкой 10 т.

Управляемыми переменными в данном случае являются $h_{п.ср}, h_{о.ср}, C_{\Sigma}, l_o, l_{п}, l_{зп}, C_{ГМ}, \alpha$.

Для определения рентабельности строительства предлагается использовать стоимостной критерий, определенный разностью стоимостей в квартале и стоимостью строительства участка дороги.

Оптимальная сеть строительства автомобильных лесовозных дорог создается в процессе решения задачи Штейнера на сгенерированном графе.

Основным достоинством данной методики является тот факт, что она позволяет на существующие сети дорог добавлять сеть проектируемых с учетом пространства конструктивных элементов, а также предполагаемой рентабельности строительной долгосрочных планов по использованию транспортных средств и маршрутов движения.

В качестве недостатка можно отметить сложность оптимизационной модели.

В целом по рассматриваемым методикам можно сделать следующие выводы:

1. Ни одна из вышеуказанных методик детально не исследует процесс проектирования нефтегазопроводов с учетом техногенных рисков на территории Западной Сибири;

2. К достаточно детальным исследованиям стоимостных критериев при оптимизации проектов вариантов трасс линейных сооружений целесообразно добавить исследования критериев, учитывающих полноту транспортных коридоров, коэффициентов, характеризующих влияние техногенных факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ловягин В.Ф. Геоинформационные технологии в инженерных изысканиях трасс линейных сооружений [Текст]/ монография /В.Ф. Ловягин/ Новосибирск/ СГГА.-2010.-150 с.
2. Субботин И.Е. Инженерно-геодезические работы при проектировании, строительстве и эксплуатации магистральных нефтепроводов. –М. Недра, 1997-140 с.
3. Биндер И.О., Буренков Д.Б, Гринь Г.А., Мурзинцев П.П. Геодезический мониторинг подземных коммуникаций с применением 3Д-моделирования.
4. Биндер И.О., Мурзинцев П.П, Особенности инженерно-геодезических изысканий линейного участка магистрального газопровода «Сахалин–Хабаровск–Владивосток». [Текст]/ ГиК №1 2011.-С.11.
5. Герасимов Ю.Ю., Соколов А.П., Катаров В.К., Разработка системы оптимального проектирования сети лесовозных автомобильных дорог.

© И.О. Биндер, 2012

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В КРИОЛИТОЗОНЕ

Анатолий Михайлович Олейник

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, ул. Володарского, 38, кандидат технических наук, доцент, тел. (905)8260658, e-mail: oleynik_an@mail.ru

В статье рассмотрена система геодезического мониторинга объектов нефтегазового комплекса в условиях распространения многолетнемерзлых пород на всех этапах их функционирования. Показано формирование информационной базы мониторинга.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, многолетнемерзлые породы, наблюдательная сеть, деформация, природная среда.

THE ORGANIZATION OF GEODETIC MONITORING SYSTEM OF OIL AND GAS COMPLEX OBJECTS IN CRYOLITHIC ZONE

Anatoly M. Oleynik

senior lecturer, Cand. Tech. Sci, Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, 38 Volodarsky street, tel. (905)8260658, e-mail: oleynik_an@mail.ru

In this article was considered the geodetic monitoring system of oil and gas complex objects at the all stages of their operation in conditions of permafrost expansion. There was displayed the formation procedure of monitoring data base.

Key words: the geodetic monitoring, the permafrost, the observation network, the deformation, the natural environment.

Объекты нефтегазового комплекса представляют собой сложные, динамические и открытые геотехнические системы (ГТС), которые взаимодействуют с окружающей (внешней) средой. Негативное воздействие таких объектов изменяют свойства и состояние окружающей среды. В свою очередь и внешняя среда, а также ее изменение, негативным образом воздействует на объекты. Такое взаимодействие отчетливо прослеживается в условиях криолитозоны. Многолетнемерзлые породы (ММП), используемые в качестве оснований инженерных объектов, вследствие физико-механического теплопереноса, могут находиться как в твердомерзлом, так и в пластичномерзлом состояниях. Вследствие этого изменяется несущая способность ММП, приводящая к возникновению деформаций инженерных объектов. При достижении критических параметров деформация может вызвать аварийные ситуации на объектах нефтегазового комплекса и проведения внеплановых ремонтных работ, требующих дополнительных финансовых и экономических затрат.

Информацию о техническом и пространственно-временном состоянии ГТС можно получить при правильно организованном геодезическом мониторинге. Геодезический мониторинг таких объектов осуществляется на всех стадиях

жизненного цикла сооружений: изысканиях, строительстве, эксплуатации или их ликвидации и может разрабатываться как самостоятельный вид исследований ГТС или входить в состав геотехнического или комплексного мониторинга.

Геодезический мониторинг объектов нефтегазового комплекса необходимо начинать в достроительный период, когда формируется наблюдательная сеть для фоновой оценки геокриологической обстановки [1].

На этапе проектирования системы геодезического мониторинга ГТС нефтегазового комплекса, как правило, проводятся рекогносцировочные изыскания. Цель проведения рекогносцировочных изысканий - уточнение и детализация информации о состоянии инженерно-геологических и мерзлотно-грунтовых условиях территории; оценки динамики инженерно-геологических, гидрогеологических и геокриологических процессов; выбор вариантов мест закрепления геодезических центров; организации и производства работ.

В строительный период, на стадии обустройства (длительность несколько лет), в течение которой производится достаточно быстрое строительное освоение территории месторождения, происходит активное взаимодействие сооружений с природной средой. В результате чего возможны существенные изменения геокриологических условий. На этом этапе производится закрепление пунктов наблюдательной сети геодезического мониторинга и организация выполнения измерений за строящимися промысловыми объектами, транспортными и инженерными коммуникациями и геологической средой, а также за возникающими деформациями сооружений.

Наблюдательная геодезическая сеть создается для получения данных о пространственно-временном и деформационном состоянии ГТС или ее элементов с целью обоснования необходимости принятия технических управляющих решений для предотвращения аварийных ситуаций. Структура наблюдательной сети геодезического мониторинга ГТС разрабатывается в программе мониторинга [2-4].

Состав наблюдательной сети геодезического мониторинга объектов нефтегазового комплекса приведен на рис. 1.

В программу наблюдений мониторинга входит систематическое круглогодичное изучение:

- а) Стабильности положения закрепленных опорных спутниковых наблюдательных станций и опорных грунтовых реперов, являющихся носителями исходных координат и высот;
- б) Деформаций и осадок земной поверхности и технических элементов ГТС (фундаменты, конструкции, технологическое оборудование, трубопроводы и т.д.);
- в) Осадок и пучения грунтов естественного и насыпного основания;
- г) Технического состояния ГТС и окружающей среды по материалам повторных космо- и аэрофотосъемок;
- д) Теплового режима грунтов (температуры, глубины и скорости оттаивания и промерзания);
- е) Водного режима грунтов (влажности, льдистости и источников увлажнения);

ж) Глубины и плотности снежного покрова, даты установления и схода снегового покрова.



Рис. 1. Состав наблюдательной сети геодезического мониторинга ГТС

При планировании работ должен соблюдаться принцип «разумной достаточности», т.е. объем и достоверность информации не должен превышать оптимума, необходимого для оценки текущего состояния ГТС, прогноза ее динамики и разработки управляющих решений.

На стадии основной эксплуатации сооружений (длительность 30 лет и более) принимаются меры по поддержанию стабилизации природной обстановки и устойчивости сооружений по результатам геодезического мониторинга. На данной стадии наступает относительное динамическое равновесие в системе «сооружение – многолетнемерзлые грунты».

Особое место в системе геодезического мониторинга отводится методам дистанционного зондирования. Это связано с тем, что процессы взаимодействия ГТС с окружающей средой идут на больших территориях, оперативно оценить их масштабы и состояние можно лишь на основе применения дистанционных методов, позволяющих получать принципиально новую по качеству и полноте информацию. Особенно это актуально для слабозаселенных северных территорий, на которых ведется интенсивная нефте- и газодобыча.

Информация, получаемая методами дистанционного зондирования, может быть использована для:

- Оценки влияния природной среды на состояние ГТС;

- Оценки степени устойчивости ландшафтов к техногенным воздействиям при эксплуатации ГТС и предварительной оценки негативных последствий прямого антропогенного воздействия;
- Прогнозирования геокриологических процессов на территории размещения ГТС;
- Районирования территории и создания карт оценки местности по природно-техническим условиям эксплуатации ГТС;
- Слежения за динамикой изменения экологической обстановки.

Накопление и хранение данных о ГТС и их частях, получаемых в процессе проведения геодезического мониторинга, осуществляется в базах и банках данных. Принципиальная схема формирования информационной базы геодезического мониторинга на всех этапах жизненных циклов ГТС нефтегазового комплекса в криолитозоне представлена на рис. 2.

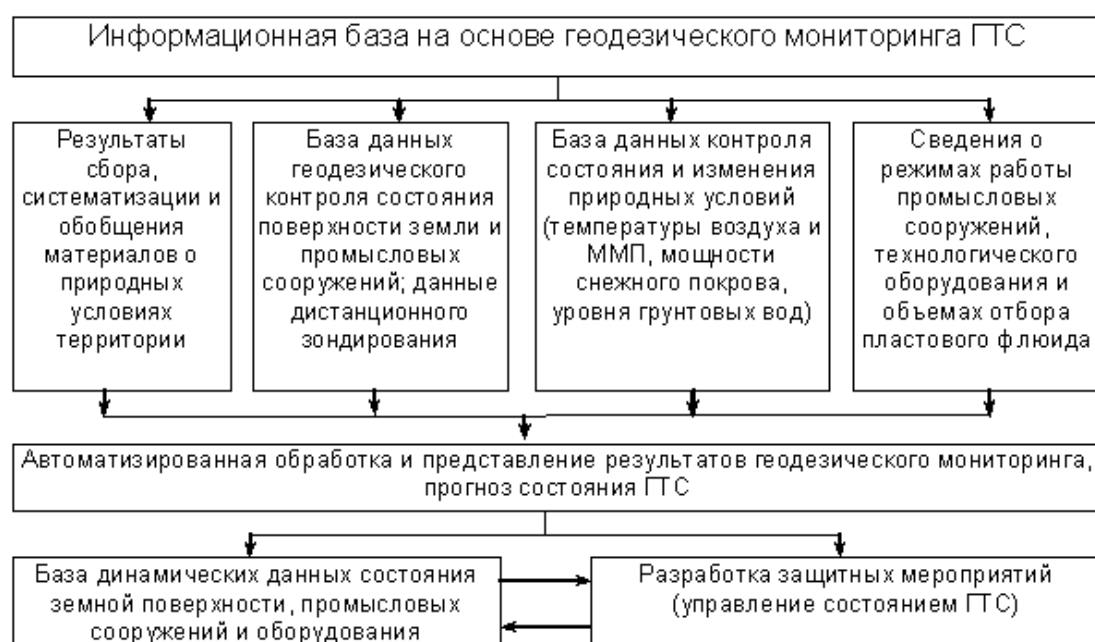


Рис. 2. Формирование информационной базы геодезического мониторинга

Полученные динамические данные о напряженно-деформированном состоянии технических элементов ГТС и массива горных пород (многолетнемерзлых пород) позволяют: во-первых, получить новые фундаментальные знания о природе деформационных процессов, протекающих в верхней части земной коры криолитозоны, при разработке газовых и нефтяных месторождений; во-вторых, разрабатывать рекомендации (технические мероприятия, технические решения) по устранению (снижению воздействия) деструктивных процессов в основаниях зданий и сооружений, усилению оснований и фундаментов, что позволит обеспечить безаварийную работу ГТС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы геокриологии. Ч.5. Инженерная геокриология [Текст] / Под ред. Э.Д. Ершова. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 526 с.
2. СТО Газпром 2-3.1-072-2006 Регламент на проведение геотехнического мониторинга объектов газового комплекса в криолитозоне [Текст]. – М., 2006. – 58с.
3. Жуков Б.Н. Руководство по геодезическому контролю сооружений и оборудования промышленных предприятий при их эксплуатации [Текст] / Б.Н. Жуков. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 376с.
4. Олейник А.М. Состав и структура наблюдательной сети геодезического мониторинга геотехнических систем добычи и транспорта газа в криолитозоне [Текст] / А.М. Олейник // Геодезия и картография. – 2009. - №12. – с.20-28.

© А.М. Олейник, 2012

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ МЕТОДИКА ПЕРЕСЧЕТА КООРДИНАТ МЕЖДУ СК-42 И СК-95

Александр Иванович Вдовин

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

Сергей Сергеевич Титов

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

В статье рассмотрена методика перехода из СК-42 в СК-95 дополняющая алгоритмы пересчета, предлагаемые в ГОСТ Р 51794-2008.

Ключевые слова: пересчет координат, СК-42, СК-95, ГОСТ Р 51794-2008.

ALTERNATIVE METHODS OF COORDINATES CONVERSION FROM CS-42 TO CS-95

Alexander I. Vdovin

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

Sergei S. Titov

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

Article describes methods of coordinate conversion that expands methods proposed by the GOST R 51794-2008.

Key words: coordinate conversion, CS-42, CS-95, GOST R 51794-2008.

Вопрос пересчета координат из системы координат 1942 года в систему координат 1995 года и обратно представляется решенным для людей, знакомых только с теоретическими аспектами данной темы. То есть существуют официально утвержденные в ГОСТ Р 51794-2008 «...СИСТЕМЫ КООРДИНАТ...» параметры, описывающие вышеупомянутые системы координат, есть четкие математические формулы, позволяющие выполнить пересчет. Однако на практике все получается далеко не так четко и прозрачно. Практические реализации СК-42 и СК-95 в виде каталогов пунктов триангуляции имеют существенные расхождения с математическими моделями этих систем координат, описанными в ГОСТе. Все это означает буквально следующее: мы не можем вычислить каталожные значения пунктов триангуляции в СК-95 на основании каталогов этих же пунктов в СК-42 (и наоборот), какие бы параметры преобразования мы не использовали.

Причины этого кроются в различных методах уравнивания рассматриваемых координатных систем. Система координат 1942 года

характеризуется наличием значительных региональных деформаций координат, являющихся следствием поэтапного блочного уравнивания [1]. В то время как уравнивание СК-95 проведено комплексно для всей сети, на основании тех же самых измерений.

Чтобы проиллюстрировать вышесказанное, сравним координаты пунктов триангуляции, полученные из каталогов в системе координат 1995 года, с координатами тех же самых пунктов вычисленных по ГОСТу на основании каталогов в системе координат 1942 года.

Рассматриваемый ниже фрагмент зоны заключен между $50^{\circ}40' - 54^{\circ}00'$ С.Ш. и $90^{\circ}00' - 96^{\circ}00'$ В.Д., общее число пунктов триангуляции 3045. В выборку включены пункты триангуляции 1,2 и 3 классов.

Для наглядности выполним ряд несложных операций. Найдем разности между вычисленными по ГОСТу координатами в СК-95 и исходными координатами тех же самых пунктов триангуляции в СК-42 отдельно для осей X и Y.

$$\Delta X_{\text{выч}} = X_{95_{\text{выч}}} - X_{42_{\text{кат}}} , \quad \Delta Y_{\text{выч}} = Y_{95_{\text{выч}}} - Y_{42_{\text{кат}}}$$

Чтобы создать регулярные матрицы значений разностей координат, воспользуемся алгоритмами интерполяции и заполним оставшиеся элементы массивов $\Delta X_{\text{выч}}$ и $\Delta Y_{\text{выч}}$. Таким образом, мы получаем массивы разностей координат, каждый элемент которых имеет собственно координаты в СК-42, а также содержит значение разности между вычисленными координатами в СК-95 и исходным в СК-42.

На рис. 1 изображено графическое представление регулярных массивов разностей координат, градиентная заливка демонстрирует равномерное изменение разностей от 8.68м до 10.38м по оси X и от 4.61м до 6.21м по оси Y. Такое поведение характерно для четкого математического преобразования, которое мы выполнили с координатами пунктов в СК-42, для получения вычисленных по ГОСТу значений координат в СК-95.

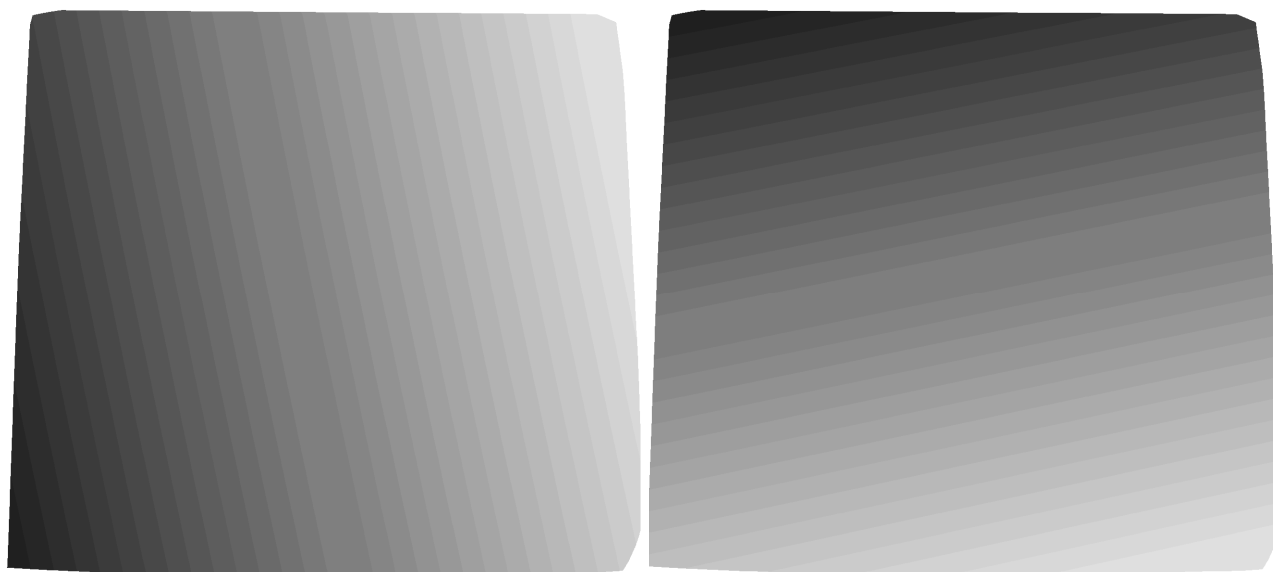


Рис. 1. Динамика изменения разностей между координатами пунктов в СК-42 и вычисленными на их основе по ГОСТу координатами в СК-95 (для осей X и Y)

Теперь по аналогии найдем разности между координатами пунктов триангуляции взятыми из каталогов в СК-95 и в СК-42.

$$\Delta X_{кат} = X_{95кат} - X_{42кат}, \quad \Delta Y_{кат} = Y_{95кат} - Y_{42кат}$$

По той же схеме построим регулярные матрицы разностей для осей X и Y. Результаты построений представлены на рис. 2. Значения разностей координат для оси X изменяются от 3.95м до 7.05м, для оси Y значения изменяются от -0.30 м до 4.04 м.

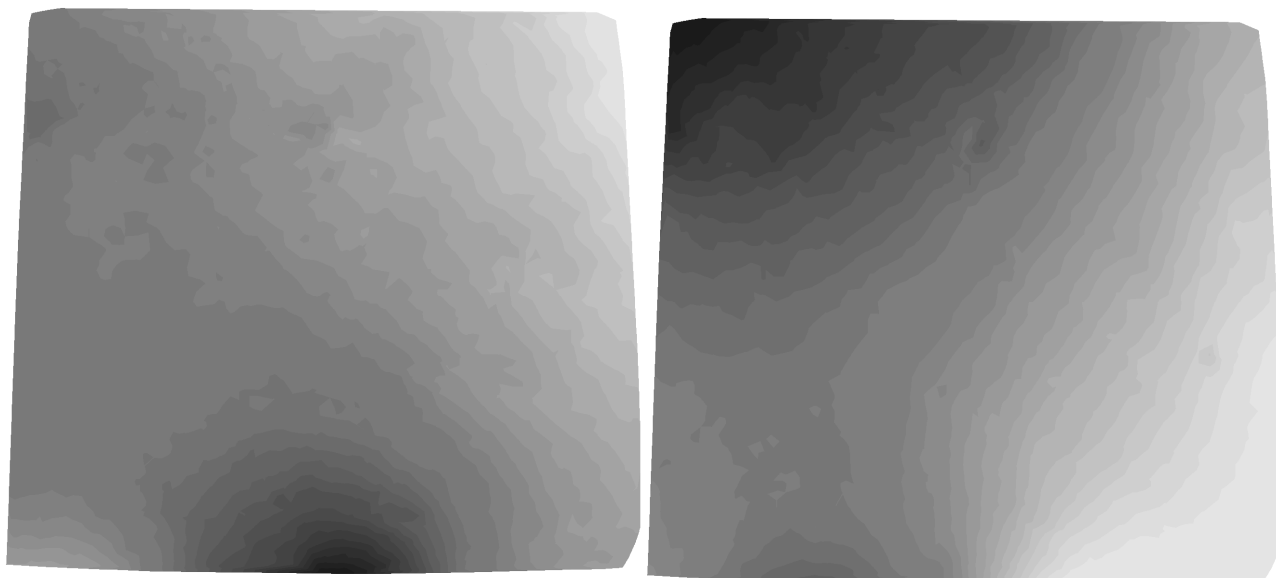


Рис. 2. Динамика изменения разностей между координатами пунктов триангуляции взятыми из каталогов в СК-42 и в СК-95 (для осей X и Y)

Из рис. 2 видно, что реальное поведение систем координат СК-42 и СК-95, реализованных в натуре сетью пунктов триангуляции, относительно друг друга невозможно спрогнозировать простыми математическими формулами даже в рамках одной 6-ти градусной зоны, не говоря уже о территории всей страны. Невозможно на основании 7-ми параметров пересчитать координаты пункта триангуляции взятого из каталога в СК-42, и получить при этом его координаты, совпадающие с данными каталога в СК-95 на уровне первых сантиметров.

Вышеуказанные моменты являются не недостатками, рассматриваемых систем координат, а скорее особенностями, вызванными методами развития сетей и их уравнивания. Безусловно, необходимо наличие метода основанного на минимуме параметров, позволяющих осуществить максимально близкий пересчет из предварительной системы координат СК-42 в окончательную СК-95. Однако, любые параметрические методы пересчета, основанные на принципах подобия тел, не способны дать результаты удовлетворительные для большинства задач прикладной геодезии, применительно к рассматриваемым системам координат 1942 и 1995 годов. Например, разница между координатами, пересчитанными по ГОСТу, и координатами полученными из каталогов для рассматриваемой зоны (16-я) составляют в среднем 3-5 метров.

Ситуация осложняется тем, что практически «все современные местные системы – это старая система координат СК-42»[2]. Поэтому без четкого и однозначного перехода из СК-42 в СК-95 не возможно реализовать пересчет из местных систем координат в СК-95 (и обратно). А значит нельзя выполнить переход к государственной системе геодезических координат 1995года (СК-95), введенной Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 года № 568 в качестве государственной для выполнения геодезических и картографических работ на территории Российской Федерации.

Одним из вариантов решения задачи однозначного перехода между системами координат 1942 года и 1995 года является применение массивов разностей координат, о которых рассказывалось выше. Подобная идея не нова и методы пересчета координат, основанные на применении массивов поправок применяются в развитых странах более уже 20-ти лет. На аналогичных принципах основано применение моделей в виде массивов ондуляций геоида.

Алгоритм создания такого массива поправок для пересчета координат предельно прост. Сначала определяем разности между координатами одних и тех же пунктов взятых из каталогов в СК-42 и СК-95. Зная разницу между координатами в СК-42 и СК-95 для каждого отдельного пункта триангуляции, строим регулярную матрицу, интерполируя недостающие значения разностей координат. Шаг матрицы значений выбираем исходя из требуемой точности, естественно размер создаваемой модели в памяти компьютера напрямую связан с величиной шага. В результате мы получаем регулярную матрицу, каждая ячейка которой имеет координаты СК-42 (или в какой угодно системе), а также содержит поправки ΔX и ΔY , которые необходимо прибавить к СК-42, чтобы получить СК-95 (и наоборот) в данной конкретной точке пространства. Полученная модель фактически характеризует деформации СК-42 относительно СК-95 (модель деформации ГГС). Автоматизированная компьютерная обработка цифровых геодезических и картографических данных с применением подобных массивов поправок не представляет сложности. Современные системы геодезических измерений позволяют использовать модели деформации ГГС не только при обработке измерений на компьютере, но и непосредственно в приборе при работе в поле.

К достоинствам применения модели деформации ГГС можно отнести: однозначность результатов пересчета; наличие всех исходных данных для сознания; возможность «открытого» пользования моделью, поскольку она не содержит данных непосредственно о пунктах триангуляции; простота автоматизированной компьютерной обработки модели и др.

Основными недостатками является: громоздкость модели по сравнению с набором параметров из ГОСТа; необходимость дополнительных вычислений при пересчете координат и др.

Не маловажным является тот факт, что для успешного внедрения и применения подобной модели, обеспечивающей однозначную связь между системами координат, её разработкой должны заниматься соответствующие структурные подразделения, отвечающие за координатное обеспечение территории страны. Также необходимо обеспечение открытого доступа к

официально утвержденной модели пересчета между СК-42 и СК-95, сопровождающееся выходом сопутствующей нормативно-технической документации и государственных стандартов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демьянов Г.В. Геодезические системы координат, современное состояние и основные направления развития / ГиК №8 2008. – С.17.
2. Герасимов А.П. Проблемы Государственной геодезической сети (в порядке дискуссии) / Геопрофи №1 2010. – С. 55.
3. ГОСТ Р 51794-2008. Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. Дата введения 2009-09-01.
4. Вдовин А.И., Титов С.С. Методика повышения точности пересчета координат на основе применения моделей деформации ГГС.
5. <http://www.ngs.noaa.gov/TOOLS/Nadcon/Nadcon.shtml> - NADCON - Конвертирование систем координат США - NAD27 в NAD83 и NAD83 в HPGN.

© А.И. Вдовин, С.С. Титов, 2012

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ РЕФЕРЕНЦНЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГЛОНАСС В РОССИИ

Александр Петрович Карпик

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, доктор технических наук, профессор, ректор академии, тел. (383) 343-39-37, e-mail: rektorat@ssga.ru

Анатолий Васильевич Дюбанов

Департамент информатизации и развития телекоммуникационных технологий Новосибирской области, 630011 г. Новосибирск, Красный проспект 18, кандидат технических наук, руководитель департамента

Олег Валерьевич Твердовский

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного 10, кандидат технических наук, директор института дистанционного обучения, тел. (383) 343-90-22, e-mail: o.v.tverdovsky@ssga.ru

В статье рассмотрен российский и мировой опыт создания и использования сетей референчных станций и приведен опыт развертывания и преимущества применения такой сети в новосибирской области.

Ключевые слова: сеть референчных станций, ГНСС технологии, единое современное координатно-временное пространство.

REVIEW OF REFERENCE SYSTEMS USE AND DEVELOPMENT ON THE BASIS OF RUSSIAN GLONASS INFRASTRUCTURE

Alexander P. Karpik

Ph.D., Rector, Siberian, State Academy of Geodesy, 8 Plakhotnogo St., 630108 Novosibirsk, phone: 8(383) 3433937, e-mail: v_seredovich@list.ru

Anatoly V. Dyubanov

Ph.D., Head of Information and Telecommunication Technologies Department of Novosibirsk region, 18 Krasny pr., Novosibirsk 630011

Oleg V. Tverdovsky

Ph.D., Director of Distant Training Institute, Siberian, State Academy of Geodesy, 8 Plakhotnogo St., 630108 Novosibirsk, phone: (383) 343-90-22, e-mail: o.v.tverdovsky@ssga.ru

Russian and world experience in reference stations networks establishment and application is considered. The example of such network development and the advantages of its application in Novosibirsk region are presented.

Key words: reference stations network, GNSS technologies, current uniform coordinate and time space.

В связи с развитием системы ГЛОНАСС и запуском на орбиту геодезических спутников, начиная с 2007 года в России создаются сети пунктов референчных станций дополняющие сеть пунктов ГГС и позволяющие решать задачу координатного обеспечения регионов. В настоящее время развитие сети ГГС разного класса точности по традиционным технологиям теряют актуальность.

Традиционные Государственные геодезические сети, призваны решать следующие задачи:

- Детальное изучения фигуры и гравитационного поля Земли, их изменений во времени (в пределах территории страны);
- Распространения единой системы координат и высот на всей территории страны;
- Картографирования территории страны в разных масштабах в единой системе координат и высот;
- Решения геодезическими методами разного рода научных и инженерно-технических задач народнохозяйственного значения.

Несмотря на охрану со стороны Государства значительная часть пунктов утрачена в силу различных причин: развитие рынка недвижимости, приобретение земельных участков в частную собственность, строительства новых объектов, освоение новых территорий. В силу этого плотность пунктов является недостаточной, а точность построения на их основе координатного пространства не удовлетворяет современным требованиям. С развитием спутниковых технологий использование большинства пунктов ГГС не представляется возможным в силу, что пункты часто расположены в залесенных местах и оборудованы металлическими и деревянными знаками и пирамидами.

Пришло время нового класса геодезических сетей, которые создаются с использованием современной аппаратуры ГНСС и специальных программных комплексов. Такие сети создаются в регионах России и представляют собой сеть пунктов, установленных на зданиях, либо специальных конструкциях, с установленной на них спутниковой аппаратуры высокой точности. Пункты по возможности равномерно покрывают территорию субъекта Федерации и соединены между собой различными каналами связи, например кабельными, оптоволоконными или линиями связи сотовых операторов. Информация от станций поступает в серверный центр, который осуществляет прием, передачу и обработку результатов измерений. Такое решение позволило создавать на территории субъекта РФ высокоточную сеть из активных базовых станций, которые формируют современное координатно-временное пространство на территории субъекта РФ взамен устаревших государственных геодезических сетей.

Современная сеть референчных станций позволяет решать широкий спектр задач:

- Установление и распространение единой системы геодезических координат на территории субъекта РФ;

- Геодезическое обеспечение картографирования территорий субъекта РФ;
- Геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения полезных ископаемых;
- Обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной среды;
- Изучение поверхности и гравитационного поля квазигеоида и его изменений во времени;
- Изучение геодинамических явлений и метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования;
- Точная навигация специального транспорта, железнодорожного транспорта, самолетов и сельского хозяйства;
- Точная навигация специальной авиации при тушении пожаров в условиях ограниченной видимости;
- Координатное обеспечение демаркации границ и военных целей;
- Навигация людей в больших помещениях в случаях ЧС;
- Автоматизированный геомониторинг инженерных сооружений и уникальных объектов;
- Оперативное и точное определение местоположения различных объектов и природных явлений;
- Координатное обеспечение туризма, охоты и рыбалки для граждан.

Создание ГНСС сетей на территориях субъектов РФ позволит сформировать впоследствии федеральную сеть ГНСС пунктов взамен существующей и исчезающей сети триангуляции, состоящей из пунктов, покрывающих территорию страны.

В настоящее время на территории РФ созданы сети активных базовых станций, принимающих сигналы ГЛОНАСС и GPS в следующих регионах:

№ пп	Регион,название сети	Количество станций, тип оборудования	Эксплуатант	Стадия создания
1	Кировская область, «Вятка»	1эт. -8 станций, 2эт.- ?, Topcon	ОАО «Кировгипрозем», по доверенности администрации области	3-ий этап, доведение до 35 станций и покрытие 100% территории области
2	Архангельская обл.	4 станции, Trimble NetR5	Мэрия города	Запуск 2007 г.
3	Москва и Московская обл.»Москва»	22 станции, Фирмы Leica Geosystems	Висхаги- Госземкадастрсъемка, МосБТИ	Запуск 2004 г.
4	Московская и Тульская обл- «демо-сеть ОАО «Руснавгеосеть» »	6- «ФАЗА+»	ОАО «РУСнавгеосеть»	2011 г.
5	Тульская обл	7 станций - Trimble Net R5, Topcon	БТИ Тульской обл.	2008 г.
6	Красноярский край	18- Фирмы Leica Geosystems	Администрация края	2009
7	Новосибирская область	19- Фирмы Leica Geosystems	ГОУ ВПО СГГА по доверенности Администрации НСО	2010
8	Мурманская область	5- Фирмы Leica Geosystems	Администрация обл.	2010
9	Тюменская область	5 станций Trimble NetR5	ОАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ»	2008
9	Тверская область	15- Leica Geosystems	Администрация области, Висхаги- Госземкадастрсъемка	2009
10	Калужская	6-Topcon	ГУ «Центр Кадастр»	2006
11	Калининградска я область	6- Leica Geosystems	Администрация области	2010-увеличение до 10 станций
12	Оренбургская и	8 станций Trimble NetR5	Нефтяная компания ТНК-ВР	2008
13	Республика Татарстан	12 станций	Правительство республики	2010-1 этап

Мировой опыт развития ГНСС технологий имеет богатую историю развития и связан, прежде всего, с использованием системы GPS, которая активно развивается уже более 20 лет. На территории США действует более 2000 пунктов ГНСС, обеспечивающих решение большого спектра задач.

В Европе размещено около 1800 активных базовых станций, из них 1300 оснащены аппаратурой фирмы Лейка. Европа ведет интенсивную работу по созданию своей системы спутников – ГАЛЛИЛЕО.

Активно развиваются сети ГНСС в странах Азиатского континента – Китай, Таиланд, Корея, где уже размещено более 1500 пунктов активных базовых станций.

Мировой опыт развития ГНСС технологий подтверждает их актуальность и большую значимость для социально экономического развития территорий и решения целого комплекса специальных задач, в том числе и военных.

Существует множество примеров сетей референчных станций за рубежом.

SAPOS – Служба спутникового позиционирования Геодезического Управления Германией (<http://www.sapos.de>) -250 станций

EUPOS – Европейская система спутникового позиционирования (<http://www.eupos.org>)

SmartNET – Система национальной геослужбы Ordnance Survey, Великобритания и Ирландия (<http://smartnet.leica-geosystems.co.uk>) – более 200 станций

Сеть одиночных базовых станций Национального Кадастрового Агентства Дании, www.GPS-Referencen.dk - 56 GPS базовых станций

Министерство транспорта, Дирекция картографии и топографии Бельгии – 23 станции

Министерство земельных ресурсов Гонг Конга -13 станций

Новосибирская область занимает лидирующие позиции в создании современной геодезической координатной сети, состоящей из активных базовых станций. Прежде всего, этому предшествовала большая работа по созданию на территорию Новосибирской области региональной (местной) системы координат, утвержденной Постановлением администрации Новосибирской области и введенной в действие на территории области Постановлением губернатора. Региональная система координат является открытой. В настоящее время создана и активно функционирует сеть ABC, состоящая из 19 станций ГЛОНАСС, покрывающая около 60% территории области. Пункты сети установлены на крышах зданий, имеют надежную защиту и соединены единой оптоволоконной сетью с вычислительным центром, которая обеспечивает надежность и высокую скорость передачи данных.

До настоящего времени признанными мировыми лидерами в производстве комплексного оборудования и серверного программного обеспечения для сетей референчных станций являются фирмы Trimble (США) и Leica Geosystems (Швейцария).

При создании сети активных базовых станций Новосибирской области в 2008 году была выполнена научно-исследовательская работа по проектированию конфигурации сети, линий связи, оснащению оборудованием и программным обеспечением базовых станций и вычислительного центра. При изучении достоинств оборудования двух производителей предпочтение было отдано приемникам серии Leica GRX1200, которые разработаны для использования на базовых станциях. Они просты в установке и управлении. Созданные на основе этих GNSS приемников базовые станции обладают

многофункциональностью и надежностью, обеспечивают высокую точность дифференциального позиционирования.

Большее число спутников означает увеличение производительности, улучшение точности и надежности позиционирования. Приемники Leica для базовых станций работают в глобальных спутниковых системах GPS и ГЛОНАСС. При этом имеется возможность модернизации до приема сигналов GPS L5 и Galileo. Приемники GRX1200 разработаны с возможностью в будущем принимать новые спутниковые сигналы GPS L5 и сигналы системы Galileo.

Приемники Leica GRX1200 предоставляют всю информацию необходимую для точных геодезических съемок с использованием любых типов RTK и GIS роверов. Они позволяют непосредственно выдавать дифференциальные RTK и DGPS поправки для передачи их по радио или сотовым каналам связи, или распространяя эти поправки через управляющий центр по радио, GSM или сеть Internet. Поправки могут быть сформированы в форматах RTCM, собственный формат LEICA, CMR и CMR+.

В 2012 году планируется дальнейшее развитие сети и закладка еще 12 пунктов ABC, а также завершение работ по сертификации сети, как единой системы и единого средства измерений с занесением ее в государственный Реестр. Это позволит выполнять определение координат любых объектов с гарантированной точностью. Для поддержания и развития сети на современном уровне требуется профилактика базовых станций, по мере необходимости обновление ПО при его модернизации.

Государственная геодезическая сеть в Новосибирской области насчитывает 9066 пунктов 1-4 класса и 1-2 разряда, и создавалась различными ведомствами и организациями. Одной из основных проблем является несогласованность координат пунктов сети созданных традиционными геодезическими методами в различные периоды времени.

Сеть референчных станций (или активных базовых станций) Новосибирской области позволяет решить проблему координатного (как планового так и высотного) обеспечения региона с точностью которая позволит в большинстве случаев отказаться от трудоемких и дорогостоящих традиционных методов геодезических определений. Применение дифференциального сервиса сети базовых станций позволяет сократить временные затраты при выполнении инженерно-геодезических и кадастровых работ до 10 раз.

В то же время включение сети базовых станций НСО в единую Федеральную геодезическую сеть позволит значительно повысить точность получения координат в единой региональной системе. При этом требование к плотности пунктов на единицу площади является неактуальным в силу применения сервиса виртуальных базовых станций, который позволяет получать исходную основу в любой заданной точке.

На данном этапе необходимо иметь около 40 базовых станций на территории Новосибирской области, которые способны обеспечить решение всех задач развития территории.

В Новосибирской области финансирование проекта производилось из бюджета региона, что обеспечивает для пользователей доступность услуг с минимальными затратами, в том числе и с бесплатными сервисами.

Одной из задач, которую также может решить созданная сеть референчных станций - это определение отметок точек земной поверхности в нормальной системе высот. Для этого необходимо выполнить высокоточное нивелирование и гравиметрические наблюдения на пунктах базовых станций и на основе этих данных создать региональную модель квазигеоида, что позволит получать с помощью базовых станций не только точные плановые координаты, но и отметки в Балтийской системе высот.

Применение сервисов, предоставляемых сетью референчных базовых станций в Новосибирской области, позволяет создать единое активное координатно-временное пространство региона, обеспечить выполнение работ в любое время и при любых условиях, сократить трудоемкость работ в 10-12 раз, предоставляет возможность передачи данных на расстояния, уменьшить финансовые затраты для специализированных пользователей, предоставляет возможность работы в режиме реального времени, обеспечивает полную автоматизацию всех процессов, повышает точность измерений, расширяет спектр применения в различных сферах народного хозяйства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.П. Карпик, Г.А. Сапожников, А.В. Дюбанов. Реализация проекта наземной инфраструктуры глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС» на территории Новосибирской области. ГЕО-СИБИРЬ 2010 г.
2. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «О геодезии и картографии» от 26.12.1995 № 209-ФЗ.

© А.П. Карпик, А.В. Дюбанов, О.В. Твердовский, 2012

О ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ BOOSTER NSLS-II БРУКХЕЙВЕНСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ США

Денис Борисович Буренков

Институт Ядерной Физики СО РАН, 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. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент, тел. 343-27-09

Андрей Викторович Полянский

Институт Ядерной Физики СО РАН, г. Новосибирск, старший инженер-геодезист

Юрий Алексеевич Пупков

Институт Ядерной Физики СО РАН, 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, г. Новосибирск, инженер-геодезист, тел. 329-43-52, e-mail: naufan@ngs.ru

В статье представлен аналитический обзор этапов геодезического обеспечения строительства и монтажа уникального оборудования для национального источника синхротронного излучения научной лаборатории США. Рассматривается опорная геодезическая сеть, вторичная геодезическая сеть в тоннеле, методика измерений на станции.

Ключевые слова: опорная геодезическая сеть укорителя, лазерный трекер.

ABOUT THE GEODETIC SUPPORT BOOSTER NSLS-II BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

Denis B. Burenkov

Engineer, surveyor, Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, tel. 8(383)329-43-52, e-mail: Mail_Denis@mail.ru,

Peter P. Murzintsev

Associate Professor, Ph.D. Siberian State Academy of Geodesy, tel. 343-27-09

Andrey V. Polyansky

Senior engineer, surveyor, Institute of Nuclear Physics SB RAS

Yuri A. Pupkov

Institute of Nuclear Physics SB RAS, Senior Researcher, Ph.D., tel. 329-48-08, e-mail: Yurpupkov@mail.ru,

Leonid E. Serdakov

engineer, surveyor, Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk, tel. 329-43-52, e-mail: naufan@ngs.ru

This paper presents an analytical overview of the steps to ensure the geodesic construction and installation of unique equipment for the National Synchrotron Light Source Scientific Laboratory, USA. We consider a network of geodetic control, secondary geodetic network in the tunnel, the method of measurement at the station.

Key words: geodetic control network ukoritelya, the laser tracker.

ИЯФ СО РАН в 2010 году выиграл тендер на проектирование, изготовление, монтаж и запуск 3-ГэВ бустера NSLS-II для Брукхейвенской национальной лаборатории Министерства энергетики США. Реализация проекта NSLS-II (национальный источник синхротронного излучения - II) (рис.1) дает возможность обеспечить дополнительными инструментами для открытий в науках конденсированных сред, физике материалов, химии и биологии.



Рис. 1. Общий вид проекта NSLS-II

В конечном счете, повысить энергетическую безопасность и создать безопасные и экологически чистые энергетические технологии. NSLS-II состоит из накопителя, бустера, линака и охватывает площадь около одной восьмой квадратного километра с радиусом ~ 124 м и периметром ~ 780 м.

Геодезическое сопровождение является важной составной частью проекта. Опорная геодезическая сеть проектируется по принципу трех ступеней. Внешняя опорная сеть (рис. 2) отвечает за интеграцию проекта в городскую территорию. Первичная опорная сеть (рис. 3) обеспечивает проектные геометрические параметры зданий и взаимное ориентирование вторичных опорных сетей всех крупных блоков ускорительного комплекса. Проект вторичной опорной геодезической сети бустера включает в себя 36 напольных и 72 настенных знаков, расположенных по всему периметру. Вид сверху показан на рис. 3.

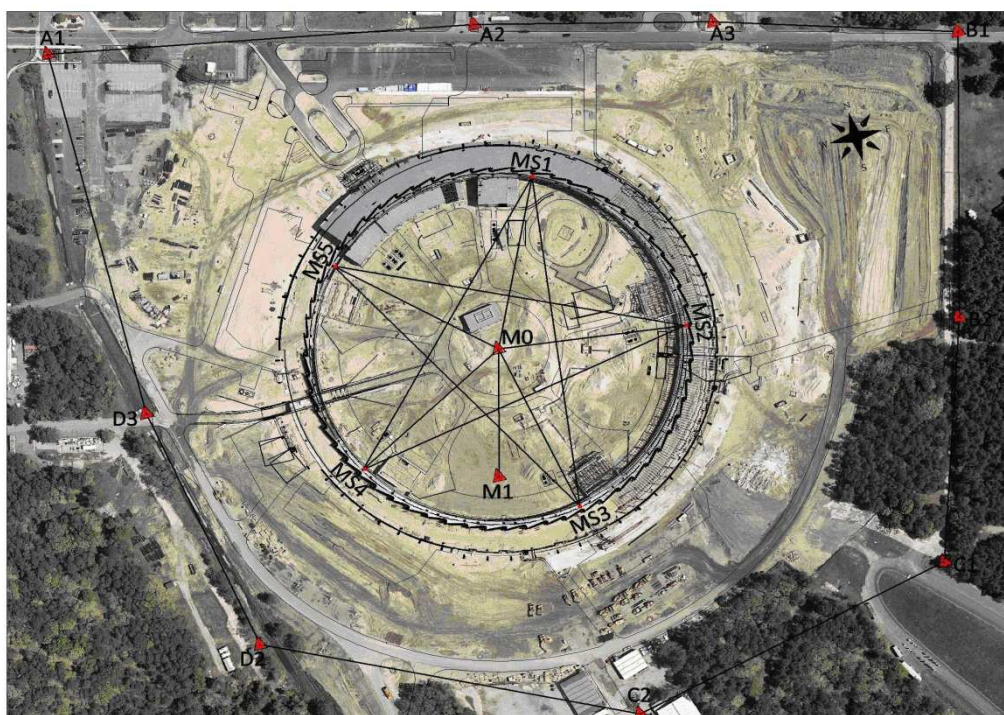


Рис. 2. Внешняя и первичная опорные геодезические сети

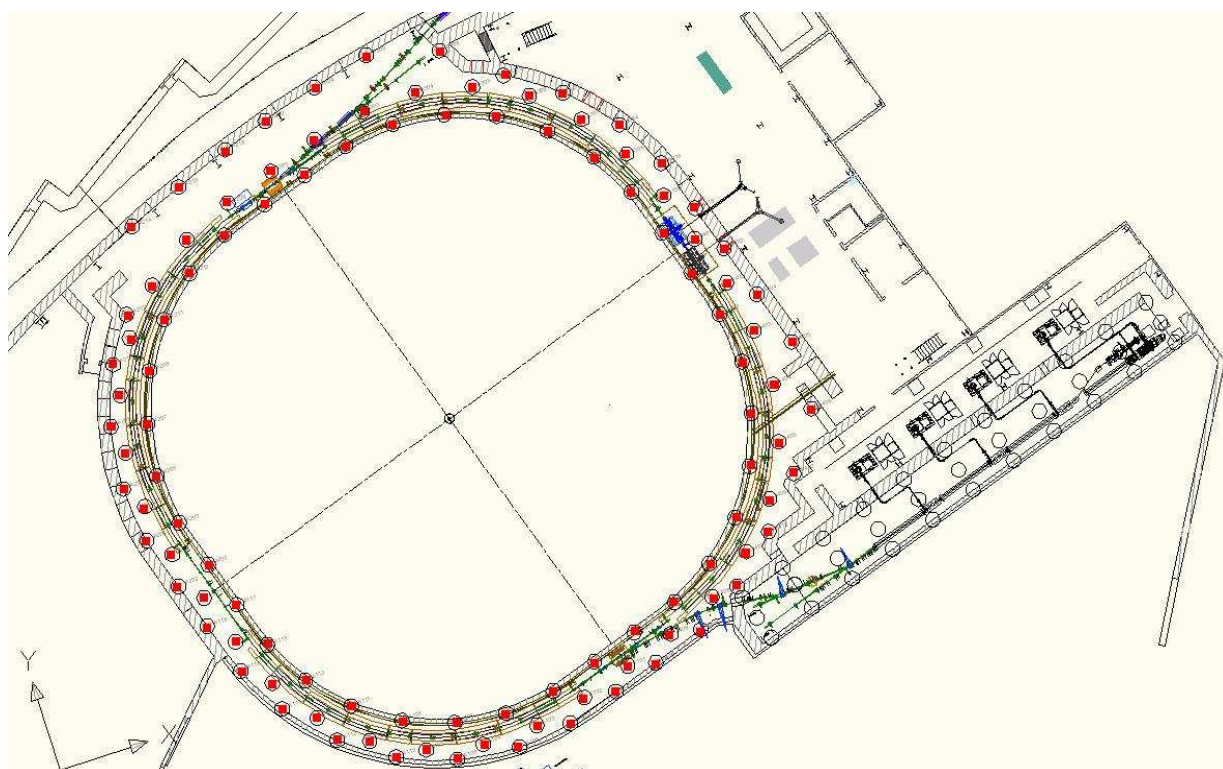


Рис. 3. Вторичная геодезическая сеть бустера

Вторичная геодезическая сеть бустера относительно первичной должна быть определена в пределах ± 0.25 мм.

3D 1. The floor monuments can be measured by precise leveling to establish a very accurate level reference. All the monuments will be measured by laser tracker to get 3d coordinates. позиционирование знаков сети будет измерено лазерным трекером. The scheme of laser tracker observation in one position is shown in figure.2. There are 14 triplet observations backwards and forwards for one laser tracker positions. На периметре бустера планируется 36 станций измерения лазерным трекером. Схема измерений лазерным трекером на одной станции показана на рис. 4.

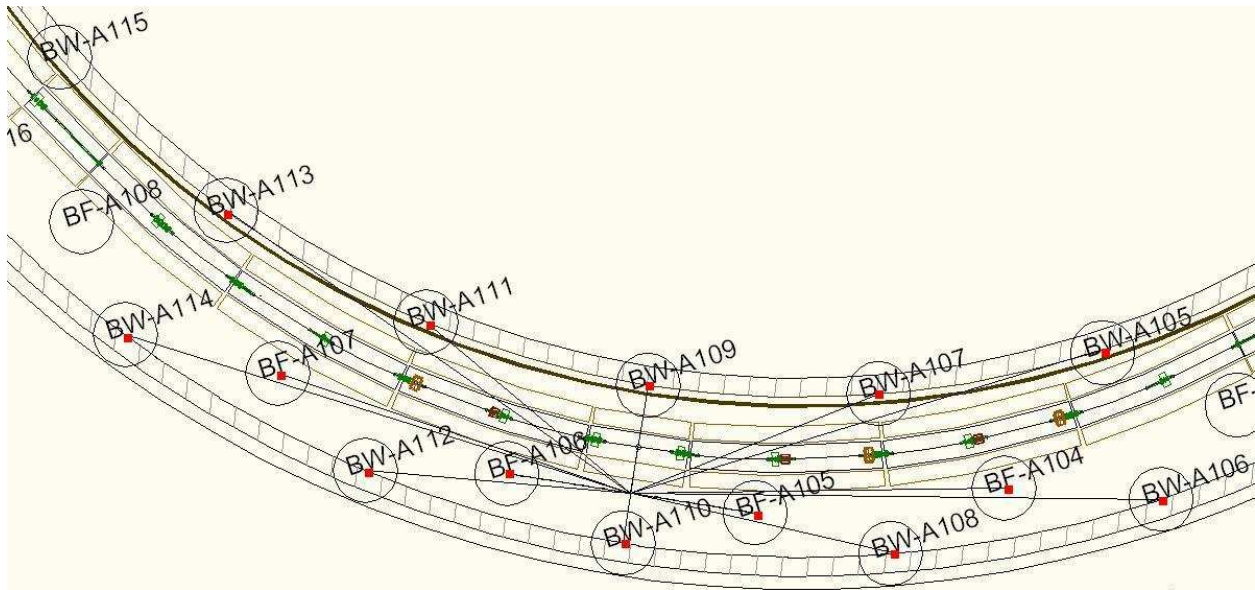


Рис. 4. Схема измерений на одной станции

Взаимное положение пунктов вторичной сети на одной станции необходимо определить с точностью не хуже ± 0.025 мм. Вторичные опорные геодезические сети служат основой для установки магнитной структуры ускорительного комплекса.

Допуски на позиционирование магнитных элементов бустера представлены в таблице.

Source of error	Tolerance
Dipole transverse misalignment	0.150 mm
Quadrupole transverse misalignment	0.150 mm
Sextupole transverse misalignment	0.150 mm
BPM misalignment	0.150 mm

Магнитную структуру бустера предполагается монтировать на гирдерных модулях (рис. 5.)

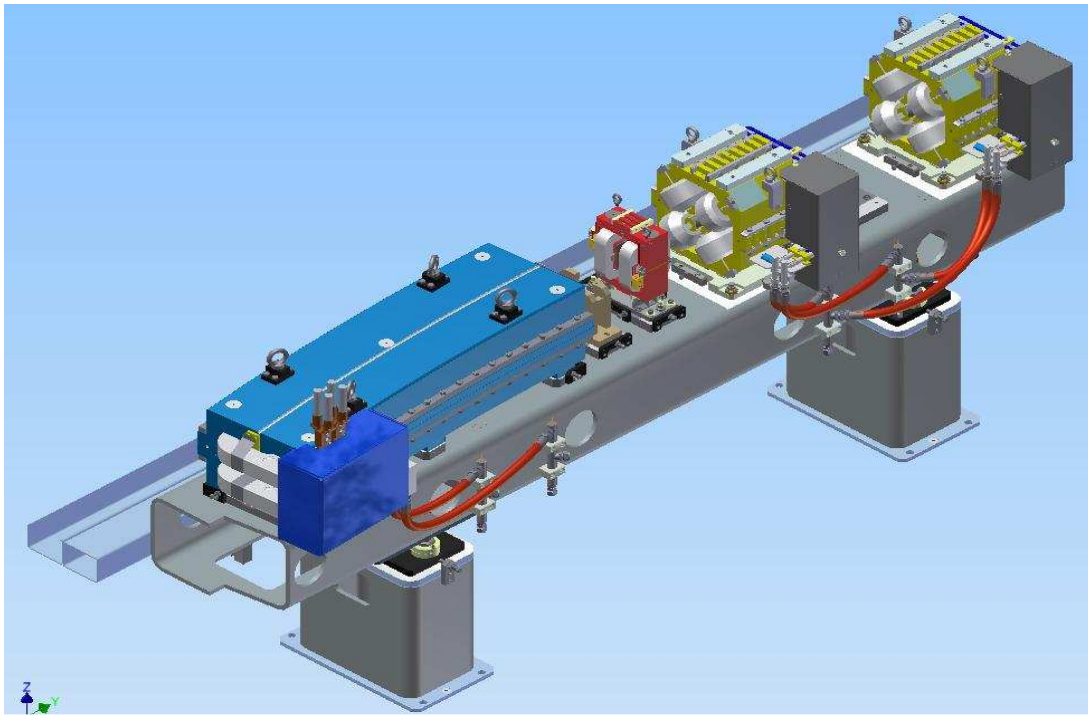


Рис. 6. Гирдерный модуль с магнитной структурой

Для обеспечения высокой взаимной точности положения магнитных элементов бустера предполагается использовать специальный метод, основанный на применении сглаживающих кривых. Данный метод предполагает приведение магнитов к трендовой кривой, которая может отклоняться от расчетной орбиты.

Для циклических ускорителей в устойчивой периодичной фокусирующей системе частица совершает «квазипериодические» колебания около положения равновесия. Так как подобные колебания для простейшего случая были впервые исследованы в бетатроне, то поперечные колебания частиц часто называют бетатронными, а число этих колебаний на длине оборота в циклическом ускорителе ν - бетатронной частотой. Анализ показывает, что в кольцевых ускорителях неидеальности поля приводят к раскачке колебаний и возникновению поперечных резонансов. Поэтому возмущение, вызванное ошибкой установки магнитных элементов не должно содержать гармонических функций с частотами, близкими к частоте бетатронных колебаний. Ошибка юстировки элементов условно разделяется на две составляющие: отклонения сглаживающей кривой от расчетной орбиты и ошибки установки магнитов относительно сглаживающей кривой.

Сглаживающая кривая должна удовлетворять двум основным условиям: Во-первых, она должна так аппроксимировать результаты измерений, что бы число необходимых подвижек элементов было минимальным и, во-вторых, что более существенно, вызывать наименьшие искажения орбиты. Предложено сглаживающую кривую строить как сумму гармоник Фурье, к которым магнитная структура наименее чувствительна. Сглаживающая кривая не должна содержать критических гармоник. Гармонику следует считать критичной, если

произведение амплитуды гармоник на соответствующий коэффициент спектральной чувствительности вносит заметный вклад (10-15%) в искажение орбиты частиц. Длина волны такой гармоники λ_k , имеющей минимальный номер k , будет определять область, внутри которой должны выполняться требования на точность взаимного положения магнитных элементов. Необходимо точно отъюстировать любые два элемента, расположенные друг от друга на расстоянии λ_k . Для бустера с периметром орбиты 158.4 м. и расчетной бетатронной частотой $\nu = 9.6455$ расстояние λ_k составит 16.4 м.

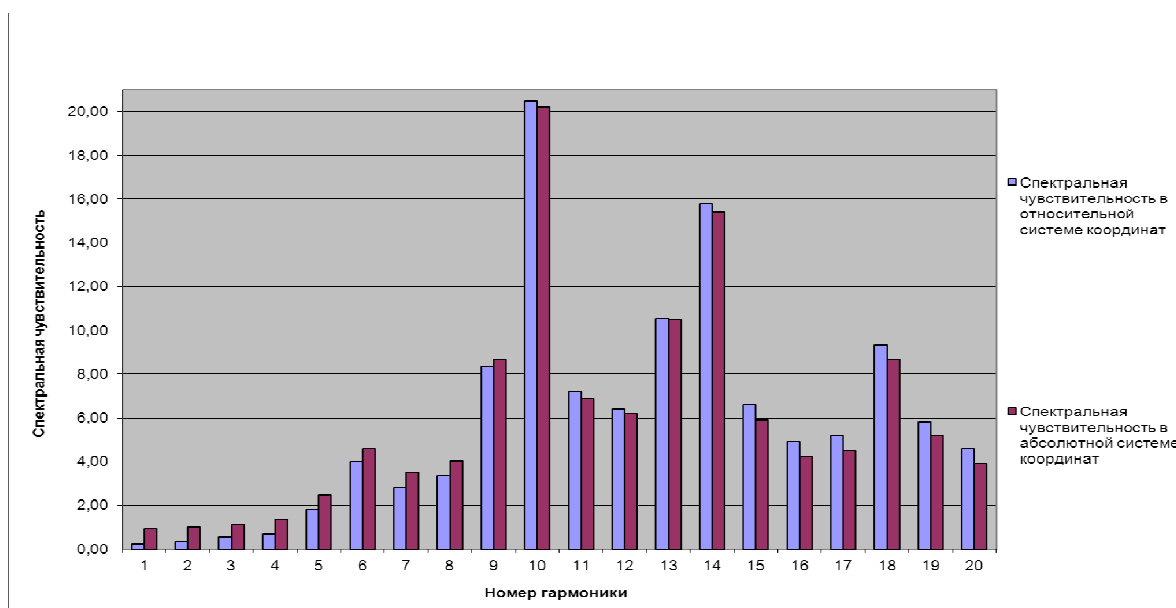


Рис. 7. Спектральная чувствительность магнитной структуры NSLS-II Booster

Геодезическое сопровождение монтажа и запуска бустера предполагается обеспечивать высокоточными лазерными системами типа API Laser Tracker 3 по методикам, разработанным специалистами ИЯФ СО РАН совместно со специалистами Брукхейвенской национальной лаборатории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ливингуд Дж Теория циклических ускорителей, М., 1962.
2. Yurii A. Pupkov, Yurii I. Levashov, Matrix method for analysis of network accuracy based on the beam dynamic theory, Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia, Proceedings of the Fourth International Workshop on Accelerator Alignment, (IWAA95), November 14-17, 1995 KEK, Tsukuba.
3. NSLS-II Booster Survey and Alignment Systems (LT-TN-067), Charles Spataro, Chenghao Yu November 16, 2009 BNL, NSLS-II.

© Д.Б. Буренков, П.П. Мурзинцев, А.В. Полянский,
Ю.А. Пупков, Л.Е. Сердаков, 2012

О НОВОМ МЕТОДЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ И О ПЕРСПЕКТИВАХ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ УРАВНИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Валерий Иванович Мицкевич

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь, 211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладной геодезии и фотограмметрии, тел. (214)53-70-47, e-mail: vimickevich@mail.ru

Петр Валерьевич Субботенко

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь, 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, ассистент кафедры инженерной геодезии, тел. (017)263-83-49, e-mail: projectobject@yandex.ru

Вадим Викторович Ялтыхов

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь, 211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной геодезии и фотограмметрии, тел. (214)53-70-47, e-mail: vad311@rambler.ru

Рассматриваются вопросы теории уравнивания методами многостепенной и многокритериальной оптимизации. Приводятся формулы для реализации этих методов на ЭВМ. Отмечаются пути дальнейшего совершенствования многокритериальной оптимизации.

Ключевые слова: параметрический способ, многостепенной метод, многокритериальное уравнивание.

NEW TECHNIQUE FOR MATHEMATICAL TREATMENT OF MEASUREMENTS AND PROSPECTS FOR FURTHER DEVELOPMENT OF COMPENSATION COMPUTATIONS THEORY

Valery I. Mitskevich

Ph.D., Prof., Department of Applied Geodesy and Photogrammetry, Polotsk State University, 29 Blokhina St., Novopolotsk 211440, Belarus, phone: (214)53-70-47, e-mail: vimickevich@mail.ru

Petr V. Subbotenko

Assistant lecturer, Department of Engineering Surveying, Belorussian National Technical University, 65 Nezavisimosti pr., Minsk 220013, Belarus, phone: (017)263-83-49, e-mail: projectobject@yandex.ru

Vadim V. Yaltykhov

Ph.D., Assoc. Prof., head of the Department of Applied Geodesy and Photogrammetry, Polotsk State University, 29 Blokhina St., Novopolotsk 211440, Belarus, phone: (214)53-70-47, e-mail: vad311@rambler.ru

The problems of compensation by multigrade and multiple-criteria optimization are considered. The formulas for these techniques computer implementation are given. The ways for further improvement of multiple-criteria optimization are presented.

Key words: parametric mode, multigrade technique, multiple-criteria compensation.

Как известно, существуют различные методы уравнивания:

- Метод наименьших модулей МНМ ($n=1$), предложенный Лапласом;
- Метод наименьших квадратов МНК ($n=2$), созданный и обоснованный Гауссом;
- Метод Lp-оценок [1], объединяющий в себе предыдущие два метода и позволяющий применять другие методы уравнивания в соответствии с выбранной степенью n .

В результате возникли: метод наименьших кубов ($n=3$); метод наименьших полтора ($n=1,5$) и другие на интервале $0,1 \leq n < 7,0$.

О других аналоговых методах уравнивания, не связанных со степенью n , мы упоминать не будем.

Известно, что для уравнивательных вычислений линейным параметрическим способом исходными являются три матрицы:

$A_{N \times t}$ – матрица коэффициентов параметрических уравнений поправок, не связанная со степенью n ;

$P_{N \times N}$ – матрица весов некоррелированных измерений, зависящая от n ;

$L_{N \times 1}$ – вектор свободных членов параметрических уравнений поправок, не имеющий связи с n ,

где N – количество измерений (число уравнений);

t – число параметров.

При этом сами алгоритмы уравнивания не должны быть связаны с содержанием матрицы A , т.е. какие бы ни были геодезические сети – плановые, высотные, фотограмметрические, спутниковые, свободные, несвободные, нуль-свободные – алгоритм обработки должен оставаться одним и тем же. Важно, чтобы матрица A была составлена по стандартным, известным правилам.

Отсюда следует очевидное: выбор метода уравнивания зависит от содержания матрицы P .

При вычислении P до уравнивательных вычислений Гаусс предложил применять формулу

$$p_i = \frac{c}{\sigma_i^2}, \quad (1)$$

где c – произвольная постоянная; σ – стандарт измерений.

Предлагаем эту формулу записать в виде

$$p_i = \frac{c}{\sigma_i^n}. \quad (2)$$

Учитывая, что обработка будет выполняться на ЭВМ, окончательно запишем

$$p_i = \frac{1}{\sigma_i^n}. \quad (3)$$

Зная универсальное выражение (3), можно, используя формулы решения систем уравнений, не зависящие от n , реализовать любой метод уравнивания, даже многостепенной, когда каждому измерению соответствует своя степень n_i .

Предлагаем следующие обозначения для матрицы P :

$$P_n = \left(\frac{1}{\sigma_i^n} \right) E \quad (4)$$

для метода Лр-оценок;

$$P_{ni} = \left(\frac{1}{\sigma_i^{ni}} \right) E \quad (5)$$

для многостепенного метода, где i – номер измерения. Матрицы P_n и P_{ni} будут диагональными для независимых измерений.

Мало предложить новый метод уравнивания, важно его обосновать.

Обоснованным является только метод Гаусса, благодаря его известной теореме. Современные ученые по-разному трактуют эту теорему, приписывая мифические свойства МНК, якобы данный способ дает всегда наилучшую оценку точности по результатам уравнивания и др. В наших обозначениях следствием теоремы Гаусса является обязательное выполнение неравенства

$$V_2^T P_2 V_2 \leq V_n^T P_2 V_n, \quad (6)$$

где $V_2 = V_n$ при $n=2$ – вектор поправок в измерения из уравнивания размером $N \times 1$ (продукт математической обработки).

Запишем основные формулы нового многостепенного метода уравнивания, для которого в зависимости от выборки измерений **возможно** выполнение неравенства

$$V_{ni}^T P_{ni} V_{ni} \leq V_2^T P_{ni} V_2, \quad (7)$$

где $V_{ni} = [(\vartheta_1)_{n1}, (\vartheta_2)_{n2}, \dots, (\vartheta_N)_{nN}]^T$, а V_2 – вектор поправок, найденный при $n=2$. Неравенство (7) не противоречит теореме Гаусса–Маркова, и МНК является частным случаем многостепенного метода.

Вот эти формулы [2, с.64]:

$$\hat{X} = X_0 + \delta X; \quad (8)$$

$$\delta X = -F \text{diag} \left(\frac{1}{\sigma_{ni-1}} \right) L; \quad (9)$$

$$F = (A^T C A)^{-1} A^T C; \quad (10)$$

$$C = C_i E;$$

$$C_i = P_{ni} n_i (n_i - 1) |V_{ni}|^{n_i-2}; \quad (11)$$

$$V_{ni} = A \delta x + L. \quad (12)$$

При использовании (11), когда $n_i < 2,0$, следует быть осторожным, так как при $V_{ni} = 0,0$ произойдет деление на ноль. Поэтому к $|V_{ni}|$ прибавляют малую величину.

Применение данных формул требует приближений, начиная с V_2 . В формуле (8) X_0 – вектор начальных координат пунктов.

Если по $\hat{X}$ уточняются матрицы A и L , то $X_0 = \hat{X}_{j-1}$, где j – номер приближения.

Этот метод не был бы создан, если бы не помощь В.А. Падве, подсказавшего идею численного поиска матрицы F с использованием формулы Ю.П. Андреева [3].

Формула (9) при $n=2$ уникальна для использования при математической обработке измерений по установке магнитов на ускорителе заряженных частиц:

1. Один раз по формуле (10) находим F .

2. По датчикам измерений, расположенных на магнитах, определяем вектор измерений $T^{\text{изм}}$ и находим L .

3. Не выполняя трудоемкого обращения матрицы $A^T P_2 A$, мгновенно вычисляем вектор δx , соответствующий L , и производим корректировку положения магнитов в автоматическом режиме.

Если обрабатывается геодинимический полигон, а матрица A между эпохами неизменна (остается нетронутой геометрия сети), то формула (9) также полезна.

Выше мы упомянули о пользе формул (8) – (12) при использовании $n=2$. А какая польза от применения p_i , индивидуального для каждого измерения?

Здесь вступает в силу другой, новый многокритериальный метод (МК) уравнивания [2], в котором используется не одна целевая функция [1]

$$\Phi_1(X) = \sum_{i=1}^N P_{ni} |L_i(X)|^{n_i}, \quad (13)$$

а две [2] или даже три [4] критериальные функции:

$$\Phi_2(ni, X) = \max(M); \quad (14)$$

$$\Phi_3(ni, X) = \max(\mu M), \quad (15)$$

где M – ошибка положения пункта, вычисляемая по известной формуле с помощью матрицы обратных весов, найденной из выражения [5]

$$Q = F P_{ni}^{-1} F^T; \quad (16)$$

а μ определяют из равенства

$$\mu = \sqrt{\frac{V_{ni}^T P_{ni} V_{ni}}{N-t}}. \quad (17)$$

Следует отметить, что для целевых функций Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 отыскивается минимум.

Одновременное использование трех целевых функций проблематично. Поэтому нами вместо Φ_2 , Φ_3 предложено использовать следующую объединенную целевую функцию [4]

$$\Phi_2(ni, X) = \max[(1 + \mu)M]. \quad (18)$$

Как минимизировать две целевые функции сразу, сказано в [2].

Мы научились стыковать две целевые функции с помощью специально разработанной методики посредством поиска индивидуальных степеней для каждого измерения путем приближений, начиная с $p_i=2,0$ для всех i . Эта методика трудна в описании и требует большого объема вычислений. Можно разработать любую другую методику, но она может оказаться неэффективной.

Многокритериальный метод апробирован на тестовых примерах и с 2001 года внедрен в производство для уравнивания полигонометрических сетей по программе С.В. Маковского.

Исследования показали, что МК-метод имеет следующие преимущества:

1. Для ошибок положения пунктов M всегда выполняется неравенство $\max M_{МК} \leq \max M_{МНК}$,

несмотря на то, что наибольшие M соответствуют разным пунктам для одного и того же объекта при обработке по МК и по МНК. В наилучшем случае оказалось, что $\max M_{МК}$ в 1,5-2,0 раза меньше, чем $\max M_{МНК}$.

2. Метод МК находит $\hat{X}$ ближе к $X^{ист}$, чем МНК. В наилучшем случае оказалось, что $\hat{X}_{МК}$ ближе к $X^{ист}$, чем $\hat{X}_{МНК}$ в 70 % вариантов.

Последнее исследование выполняют на моделях следующим образом:

1. Всем пунктам геодезической сети задаются координаты $X^{\text{ист}}$.
2. По $X^{\text{ист}}$ из решения обратных геодезических задач находят вектор измерений $T^{\text{ист}}$.
3. По датчику псевдослучайных чисел генерируют ошибки и, вводя их в $T^{\text{ист}}$, находят $T^{\text{изм}}$.
4. Вычисляют вектор $L = T^{\text{ист}} - T^{\text{изм}}$.
5. По формуле (8) находят из обработки $\hat{X}_{\text{МК}}$ и сравнивают его с $X^{\text{ист}}$.

Говоря о перспективах теории уравнивания, отметим основные задачи современного уравнивания:

1. Научиться находить $(A^T C A)^+$ для любых геодезических сетей: с исходными или без исходных пунктов, с дефектом или без дефекта данных по единому алгоритму.
2. Скорректировать используемую методику стыковки целевых функций с помощью рекуррентного способа вычисления матрицы Q , позволяющего изменять эту матрицу, удаляя или добавляя строки в матрице A [6].
3. Продолжить исследования по поиску грубых ошибок в конкретных измерениях. Выполнять поиск другими методами уравнивания, чем МК.

Первые две задачи нами уже успешно решены, составлены универсальные программы, но алгоритмы пока еще не внедрены в производство.

Для уравнивания по МК-методу геодезической сети, содержащей 100 пунктов, на персональном компьютере по программе С.В. Маковского требуется до 10 минут машинного времени. Мы считаем, что лучше затратить 10 минут, чем за 1 микросекунду получить результат уравнивания по МНК, являющийся, как правило, менее эффективным, чем после обработки измерений по МК-методу. Исследования показали, что новая программа дает решение в $N/2$ раза быстрее благодаря новым разработкам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ялтыхов В.В. Применение метода Лр-оценок в уравнивательных вычислениях / В.В. Ялтыхов, Н.О. Куприенко, П.М. Левданский. – Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2008. – 100 с.
2. Мицкевич В.И. Основы многокритериального уравнивания геодезических сетей / В.И. Мицкевич, П.В. Субботенко, В.В. Ялтыхов. – Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2008. – 128 с.
3. Андреев Ю.П. Вычисление оценок точности методом моделирования ошибок / Ю.П. Андреев // Геодезия и картография. – 1971. – №11. – С. 20–24.
4. Левданский П.М. Многокритериальная оптимизация с применением дополнительной целевой функции, зависящей от поправок в результаты измерений / П.М. Левданский, П.В. Субботенко, В.В. Ялтыхов // Тр. междунар. научн.-техн. конф. “Геодезия, картография и геоинформационные системы”. – Новополоцк. – ПГУ. – 2009. – С. 122–125.
5. Мицкевич В.И. Математическая обработка геодезических построений методами нелинейного программирования / В.И. Мицкевич. Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Санкт-Петербург. – 2004. – 29 с.
6. Маркузе Ю.И. Алгоритмы для уравнивания геодезических сетей на ЭВМ / Ю.И. Маркузе. – М.: Недра, 1989. – 248 с.

© В.И. Мицкевич, П.В. Субботенко, В.В. Ялтыхов, 2012

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИЧАЛА ОТГРУЗКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА НА САХАЛИНЕ

Владимир Кашпурович

инженер отдела геоматики «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд», г. Южно-Сахалинск, Хабаровская 56, тел. 8(4242)66-75-74, e-mail: v.kashpurovich@sakhalinenergy.ru

Петр Павлович Мурзинцев

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент, e-mail: rektorat@sgga.ru

Владимир Адольфович Середович

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, профессор, проректор по науке и инновациям, e-mail: sva@ssga.ru, тел. +79139865680

Александр Владимирович Середович

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, директор регионального центра лазерного сканирования

В статье рассматриваются вопросы геодезического контроля на примере опорных колон причала на заводе по производству СПГ (сжиженный природный газ) компании «Сахалин Энерджи». Отмечается необходимость организации постоянного геодезического пространственного мониторинга объекта. Расхождения в координатах опорных точек, полученных в результате лазерного сканирования с геодезическими данными электронного тахеометра не превысили 3 мм.

Ключевые слова: причал для отгрузки сжиженного газа, геодезический контроль положения колонн, геодезический мониторинг. Лазерное сканирование.

GEODETTIC SUPPORT OF LNG JETTY OPERATION (LIQUEFIED NATURAL GAS) IN SAKHALIN

Vladimir Kashpurovich

Engineer, Geomatics Department, Sakhalin Energy Investment Company, Ltd, 56 Khabarovskaya St., Yuzhno-Sakhalinsk, tel. 8(4242)66-75-74, e-mail: v.kashpurovich@sakhalinenergy.ru

Petr P. Murzintsev

Ph.D., Assoc. Prof., Department of Geodesy and GIS, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., 630108, Novosibirsk, e-mail: rektorat@sgga.ru

Vladimir A. Seredovich

Professor, Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Novosibirsk, Russia. email: sva@ssga.ru, tel. +79139865680

Alexander V. Seredovich

Ph.D., Director of Laser Scanning Centre, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., 630108, Novosibirsk, tel. +7(383) 343-39-57, e-mail: a.v.seredovich@ssga.ru

The article deals with the geodetic control reference pier columns with the Sakhalin Energy LNG jetty being a case study. There is need for constant monitoring of the space geodetic facility. The differences in the coordinates of reference points derived from laser scanning electronic total station survey data did not exceed 3 mm.

Keywords: jetty for shipment of liquefied natural gas, geodetic control of the columns, the geodesic monitoring. Laser scanning.

В рамках второго этапа проекта «Сахалин» была создана комплексная нефтегазовая структура, которая включает в себя три морские стационарные платформы ледового класса, систему морских и наземных трубопроводов, объединенный береговой технологический комплекс, терминал отгрузки нефти и первый в России завод по производству сжиженного природного газа (СПГ.) Отметим, что круглогодичная добыча нефти началась в декабре 2008 года, а в марте 2009 была произведена первая отгрузка СПГ.

Все инженерные сооружения, составляющие и обеспечивающие непрерывное функционирование нефтегазовой структуры с учетом местных климатических условий и технологических условий эксплуатации, могут быть отнесены к классу уникальных инженерных сооружений. Например, хранение сжиженного природного газа происходит в специально изготовленных резервуарах высотой порядка 37 метров и диаметром 67 метров. Общий объем в двух резервуарах 200м^3 .

К уникальным для России инженерным сооружениям, безусловно, относится и причал для отгрузки сжиженного природного газа. Его длина составляет 805 метров без учета 4 четырех рукавов. Глубина воды в конце причала достигает 13 метров, что позволяет загружать мощные океанские танкеры емкостью до 145 тысяч м^3 .

На рис. 1 показан внешний вид причала для отгрузки танкеров.



Рис. 1. Общий вид причала для отгрузки танкеров

Строительство и эксплуатация инженерных сооружений, входящих в состав инфраструктуры проекта «Сахалин-2», невозможны без надежного геодезического обеспечения на этапах строительства и без осуществления пространственного геодезического мониторинга на этапе эксплуатации.

В сентябре 2010 года, согласно 5-ти летней программы геодезического мониторинга завода, был выполнен первый цикл контроля планового и высотного положения всех опор причала для отгрузки СПГ, проведена проверка вертикальности колонн загрузочной платформы и выполнена нивелировка верхней и нижней палуб загрузочной платформы.

Сначала маркировались основные точки геодезического контроля опорных колонн, затем были определены их плановые координаты (X,Y) и высотные отметки (Z) электронным тахеометром “Leica 1103” в системе координат завода. После камеральной обработки был проведен сравнительный анализ с данными заложенными в проекте, отклонений превышающих погрешность инструмента выявлено не было.

Общий вид опор загрузочной платформы представлен на рис. 2.



Рис. 2. Опоры загрузочной платформы

Проверка вертикальности колонн загрузочной платформы так же выполнялась электронным тахеометром Leica TCR 1103. Тахеометр устанавливался на ближайшее швартовое устройство, и выполнялось несколько измерений расстояния и угла на стену опорной колонны. Измерения выполнялись в двух условных уровнях верха и низа колонны. После обработки в программах Leica Geo Office и AutoCAD была проверена вертикальность колонн, которая не изменилась в процессе эксплуатации.

Нивелировка выполнялась в два этапа: на первоначальном этапе были определены координаты и высоты контрольных точек TD1, TD4, LD1 и LD2 спутниковыми приемниками Trimble 5700 в режиме статика, после чего в режиме RTK с контрольных точек были определены координаты и высоты дополнительных точек JT01, JT02, JT03, JT04 и JT05. Второй этап заключался в выполнении нивелирования погрузочных платформ электронным тахеометром Leica TCR 1103.

В августе 2011 года был проведен повторный цикл геодезического мониторинга, а контроль положения реперов TD1, TD4, LD1 и LD2 спутниковыми приемниками в режиме статика был выделен в отдельный контроль смещений загрузочной платформы.

Так же для независимого и более детального контроля загрузочного терминала инженерами «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд» было решено провести 3-D сканирование, которое, представляя собой новейшую прогрессивную технологию, позволяет не только сэкономить время при работе в поле, но и получить наиболее полную и точную трехмерную модель объекта. К преимуществам сканирования так же можно отнести:

- Получение чертежей, в том числе чертежей сечений;
- Расчет величины деформаций путем сравнения с ранее полученными результатами съемок;
- Безопасность съемки опасных и труднодоступных объектов.

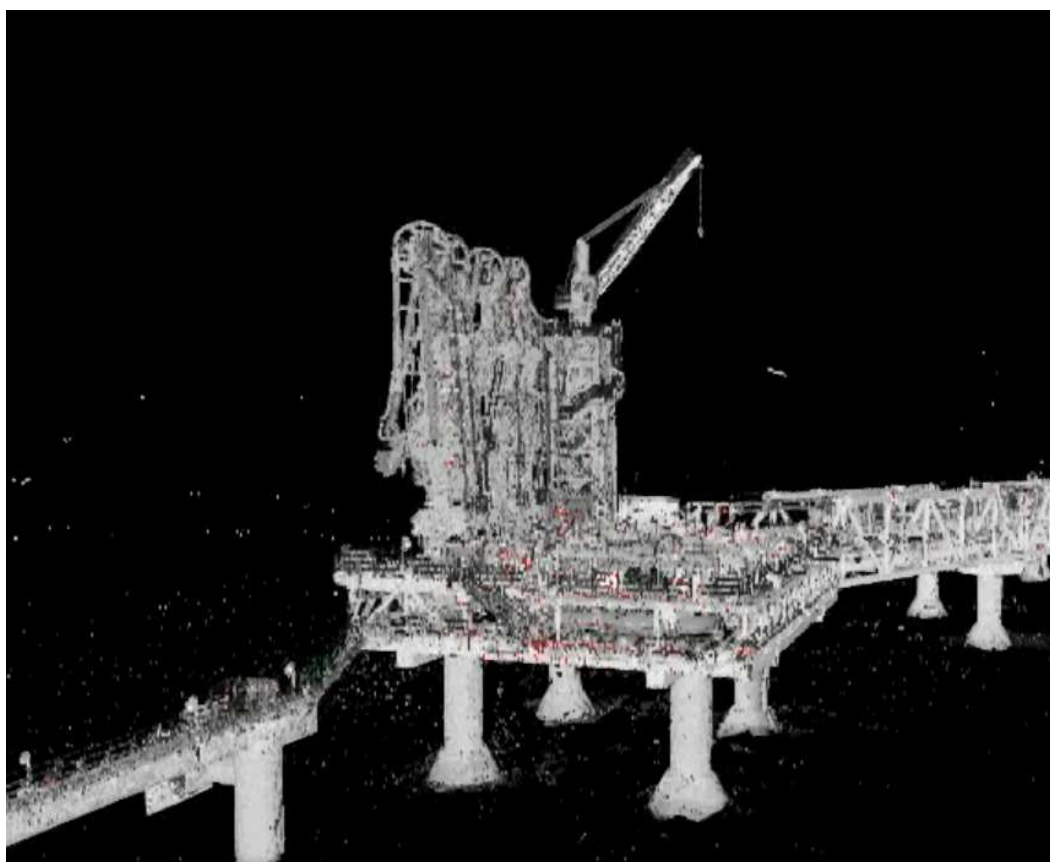


Рис. 3. Фрагмент 3-D модели загрузочного модуля

Специалисты лазерного центра Сибирской государственной геодезической академии с помощью лазерного сканера RIEGL VZ 400 в 2011 году создали 3-D загрузочной платформы.

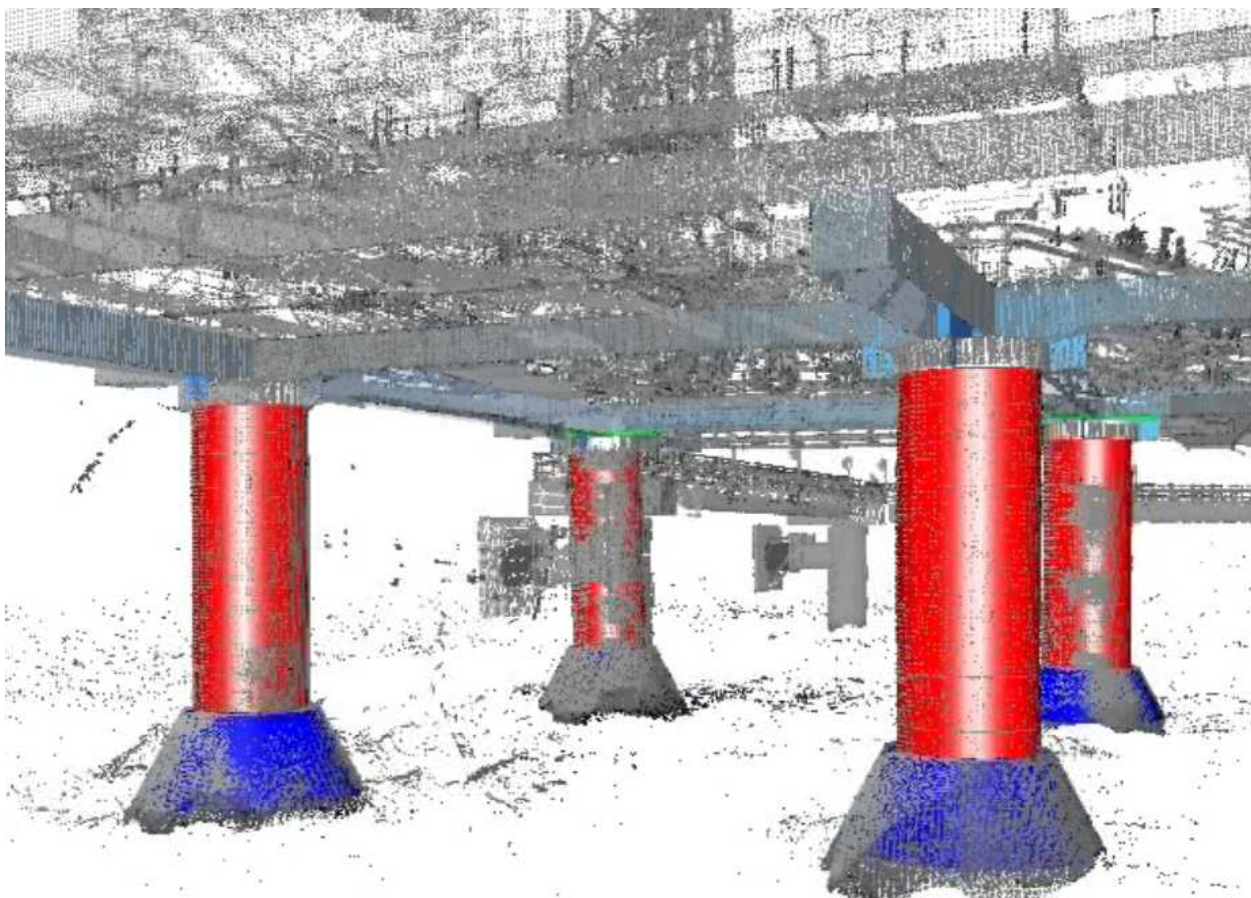


Рис. 4. Фрагмент построения 3-D модели опор

Сравнение геодезических данных по координатам опорных точек, полученных с помощью электронного тахеометра Leica TCR 1103, и результатов лазерного сканирования показало, что 3-D модель создана с требуемой точностью, т.к. максимальное расхождение составило допустимые ± 3 мм. Отметим, определение вертикальности колонн, нивелирование горизонтальной поверхности загрузочной платформы, спутниковые измерения и лазерное сканирование объектов составляют важнейшие компоненты геодезического пространственного мониторинга. Обратим внимание, что в настоящее время для обеспечения мониторинга уникальных конструкций и сооружений в «режиме реального времени» ведутся работы по внедрению постоянно действующих датчиков положения, которые должны не только соответствовать высокому классу IP и EX, но и не быть восприимчивы к резким перепадам температуры и влажности, а так же воздействию других условий окружающей среды.

3-D модель колон с трубопроводом по которому ведется закачка газа в специальные танкеры показана на рис. 5.

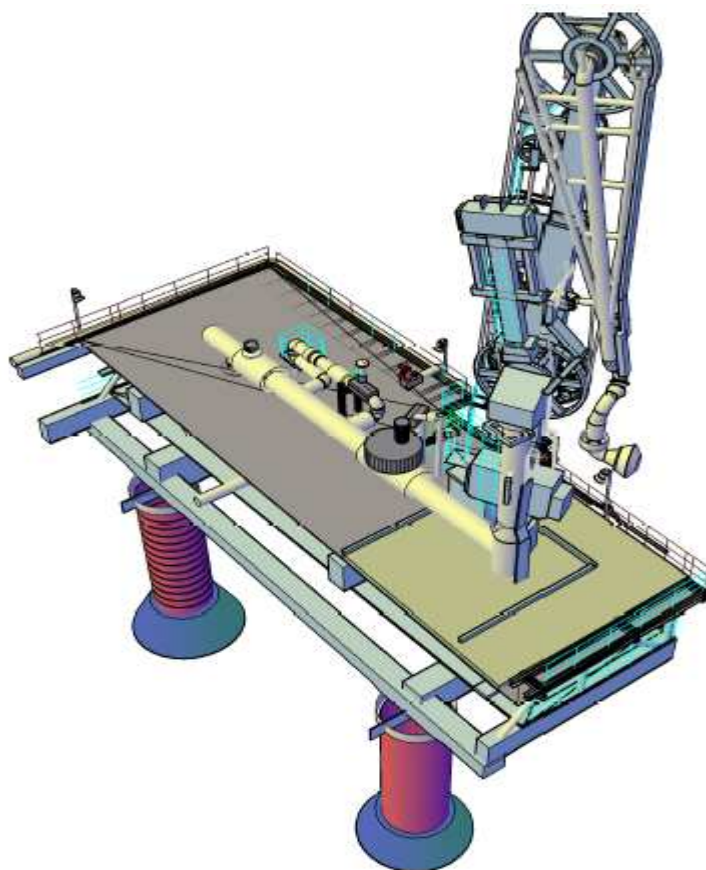


Рис. 5. 3-D модель колонн с трубопроводом для закачки СПГ

В заключение подчеркнем, что для обеспечения длительного безопасного функционирования инженерных сооружений при разработке нефтегазовых месторождений в регионах Сибири, Дальнего Востока и Сахалина, существенно возрастает актуальность проблемы разработки технологии геодезического пространственного мониторинга объектов, входящих в нефтегазовую структуру.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биндер И.О., Буренков Д.Б, Гринь Г.А., Мурзинцев П.П. Геодезический мониторинг подземных коммуникаций с применением 3Д-моделирования// Геодезия и картография - №4 2011.-С.5-9.
2. Мурзинцев П.П. Геодезический пространственный мониторинг территорий Западной Сибири // Геодезия и картография -2010-N7.-С.45-48

© В. Кашпурович, П.П. Мурзинцев, В.А. Середович, А.В. Середович, 2012

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Андрей Александрович Басаргин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, д. 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-383-343-29-55, e-mail: abaspirant@mail.ru

В статье рассмотрено применение методики пространственно-временного анализа с использованием геостатистической интерполяции для анализа деформаций фундаментов промышленных сооружений.

Ключевые слова: методика пространственно-временного анализа, цифровая модель осадок, ошибка интерполяции.

ANALYSIS OF INDUSTRIAL STRUCTURES FOUNDATION DEFORMATION BY GEOSTATIC TECHNIQUES

Andrey A. Basarrgin

Senior lecturer, Department of Engineering Surveying and GIS, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., 630108, Novosibirsk, tel. 8-383-343-29-55, e-mail: abaspirant@mail.ru

Application of space-time analysis techniques, using geospatial interpolation, for industrial structures foundations deformation analysis is considered.

Key words: time-space analysis technique, digital model of settlement, interpolation error.

Методика построения цифровых моделей осадок для анализа деформационных процессов фундаментов рассмотрена в статьях [1-3,5].

Для дальнейшего исследования метода пространственно-временного анализа деформаций фундаментов на основе геостатистической интерполяции, построена цифровая модель осадок для цикла геодезических наблюдений главного корпуса Барнаульской ТЭЦ-2. Геодезические наблюдения за осадкой фундамента были выполнены в 1978 г. методом геометрического нивелирования.

На рис. 1 приведена цифровая модель интерполяции абсолютных осадок фундамента, построенные с помощью Кригинг метода.

Для более глубокого анализа модели построена карта ошибки интерполяции, представленная на рис. 2.

Одним из преимуществ кригинг-методов является то, что он позволяет построить поле распределения ошибки интерполяции. Карта распределения ошибки интерполяции определяет качество, созданной интерполяционной поверхности. Карта ошибки интерполяции строится по значениям стандартных ошибок вычисляемых значений или по стандартной ошибке интерполированных значений.

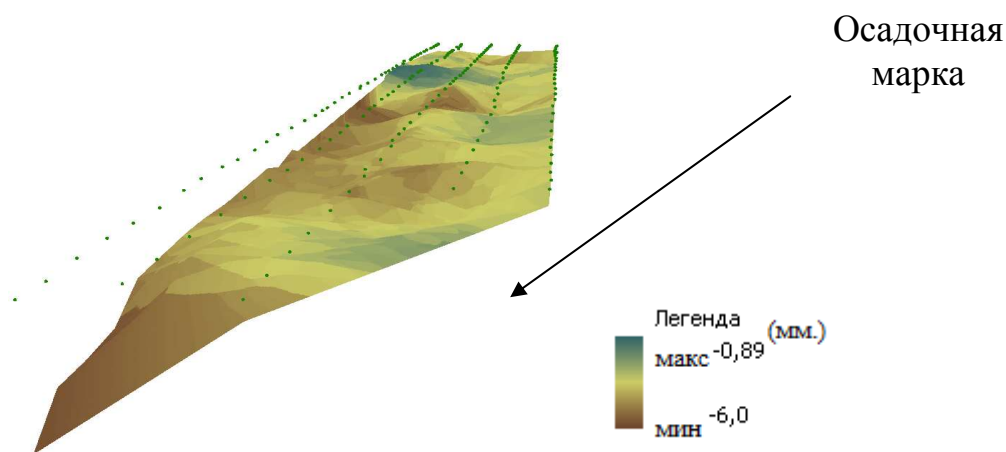


Рис. 1. Цифровая модель интерполяции абсолютных осадок фундаментов главного корпуса Барнаульской ТЭЦ-2 (на основе кригинг)

При моделировании на основе кригинг методов присутствует погрешность интерполяции исходных данных, которая определяется по формуле[4]:

$$\sigma_H^2 = \sigma_{исх.}^2 + \sigma_{интер.}^2 \quad (1)$$

Ошибка интерполяции цифровых моделей осадок определяется в соответствии с зависимостью[4]:

$$\sigma_{интер.}^2 = \sum W_1 \gamma(d_{ip}) \quad (2)$$

где $\gamma(d_{ip})$ – вариация измерений высоты, между соседними марками разделенных расстоянием d ; W_1 – веса контрольных марок.

Независимо от выбранного метода интерполяции, анализу присуща какая-то ошибка. Она определяется многими факторами, такими как неточность исходных данных, вариации физических свойств отобранных проб грунтов, влияние человеческого фактора, сдвиг во времени между измерениями в отдельных марках. Все эти факторы вносят свой вклад в конечные (суммарные) ошибки измерений. Моделирование ошибок используется для минимизации влияния этих ошибок измерений. Когда ошибка измерений задана, кригинг становится нестрогим методом интерполяции. Поэтому вычисленные значения в точках измерений будут отличаться от фактически измеренных. Можно настроить ошибки измерений так, чтобы оптимизировать модель ошибок. Для совпадающих данных (несколько измерений в одной точке) надо рассчитывать вариацию измеренных значений. Для моделирования ошибки измерений подходят три метода кригинга – обычный, простой и универсальный [2].

В результате исследования модели была получена следующая общая средняя квадратическая ошибка интерполяции равная 2,1 мм, среднее стандартное отклонение 2,5 мм.

Для более глубокого анализа и практического исследования метода пространственно-временного анализа деформаций фундаментов, были построены цифровые модели осадок для двух циклов геодезических наблюдений главного корпуса Ленинградской АЭС. Геодезические наблюдения за осадкой фундамента были выполнены в 1995-2001 гг. методом геометрического нивелирования[5].

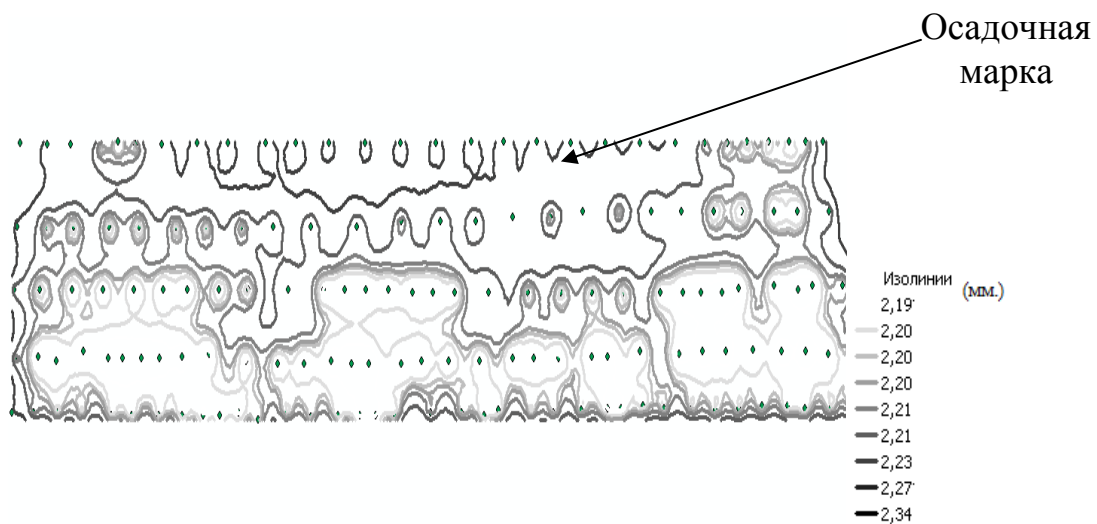


Рис. 2. Цифровая модель ошибки интерполяции осадок фундаментов главного корпуса Барнаульской ТЭЦ-2

На рис. 3, 4 представлена цифровая модель интерполяции абсолютных осадок фундамента, построенные с помощью кригинг метода.

Для более детального анализа моделей построены карты ошибки интерполяции. Они представлены на рис. 5, 6.

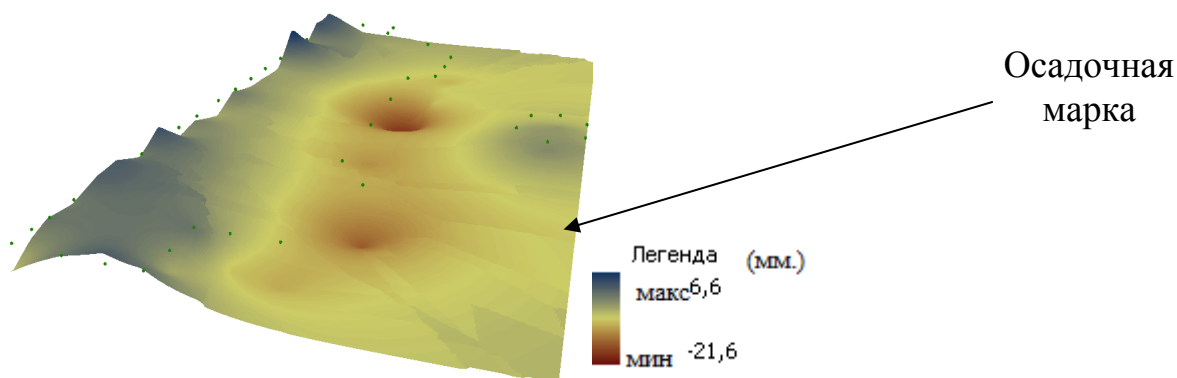


Рис. 3. Цифровая модель интерполяции абсолютных осадок фундаментов здания 401 и вентиляционной трубы 422 Ленинградской АЭС(1977-1995 гг.)

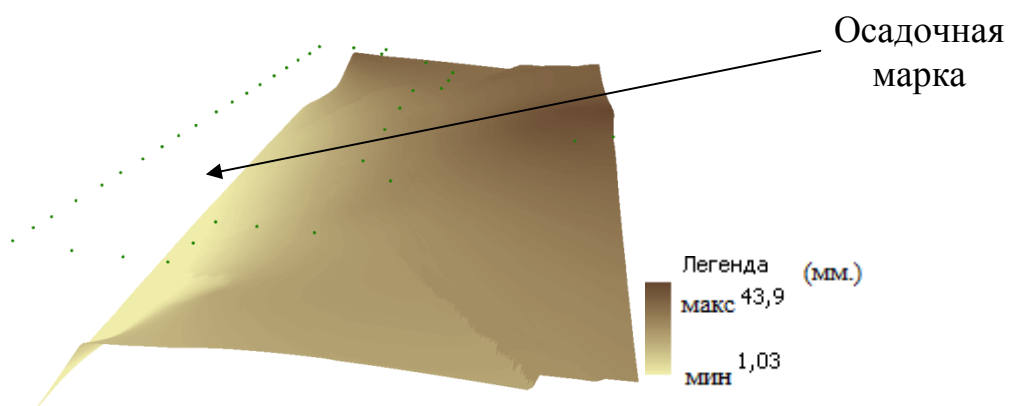


Рис. 4. Цифровая модель интерполяции абсолютных осадок фундаментов здания 401 и вентиляционной трубы 422 Ленинградской АЭС (1977-2001 гг.)

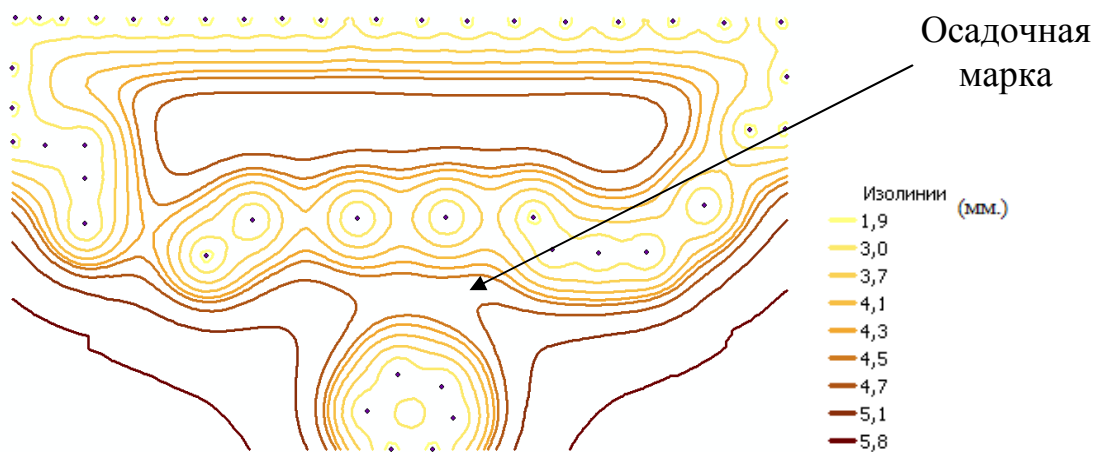


Рис. 5. Цифровая модель ошибки интерполяции осадок фундаментов здания 401 и вентиляционной трубы 422 Ленинградской АЭС (1977-1995 гг.)

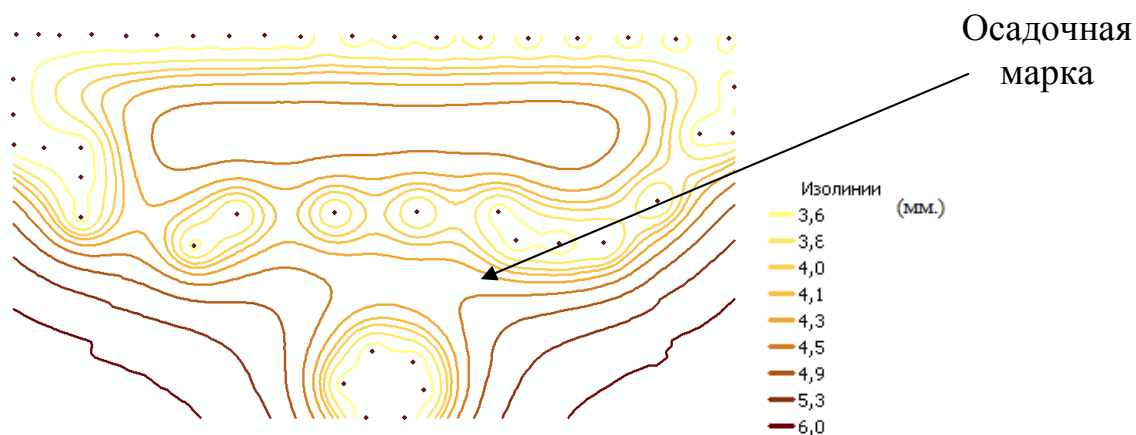


Рис. 6. Цифровая модель ошибки интерполяции осадок фундаментов здания 401 и вентиляционной трубы 422 Ленинградской АЭС (1977-2001 гг.)

В результате исследования моделей были получены следующие общие средние квадратические ошибки интерполяции для цикла 1995 г. 4,1 мм, среднее стандартное отклонение 1,1 мм, а для 2001 г. 4,8 мм и 1,2 мм соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Басаргин, А.А. Анализ геостатистических методов обработки результатов наблюдений за осадками инженерных сооружений / А.А. Басаргин // ГЕО-Сибирь-2008: сб. материалов науч. конгр. Т. 1, ч. 2. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 231–235.
2. Басаргин, А.А. Выбор оптимальной модели вариограммы для интерполяции результатов наблюдений за осадкой фундаментов инженерного сооружения / А.А. Басаргин // ГЕО-Сибирь-2009: сб. материалов науч. конгр. Т. 1, ч. 1. – Новосибирск: СГГА, 2008. – С. 223–226.
3. Басаргин, А.А. Пространственный анализ наблюдений за осадками фундамента строящегося здания / А.А. Басаргин / Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 3. – С. 17–20.
4. Исследование деформаций сооружений и оборудования Ленинградской АЭС геодезическими методами: отчет о НИР/СГГА; рук. И.В. Лесных; исполн. А.И. Федоров. – Новосибирск, 2000. – 23 с. – № ГР 0197.0009566. – Инв. № 022001.09178.
5. Басаргин, А.А. Методика построения цифровых моделей для пространственно-временного анализа деформационных процессов / А.А. Басаргин // ГЕО-Сибирь-2011: сб. материалов науч. конгр. Т. 1, ч. 1. – Новосибирск: СГГА, 2011. – С. 18–22.

© А. А. Басаргин, 2012

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМУ АНАЛИЗУ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

Андрей Александрович Басаргин

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, д. 10, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии и информационных систем, тел. 8-383-343-29-55, e-mail: abaspirant@mail.ru

В статье рассматривается пространственно-временной анализ деформаций фундаментов сооружений, основанный на использовании статистических свойств вычисленных осадок марок и определении количественно пространственной автокорреляции переменных в пределах площади основания, где идентификация каждого конкретного местоположения невозможна.

Ключевые слова: геостатистический анализ, геоинформационные исследования, корреляционная зависимость.

COMPLEX APPROACH TO THE TIME-SPACE ANALYSIS OF GEODETIC OBSERVATIONS ON THE BASIS OF GEOSTATIC INTERPOLATION

Andrey A. Basarrgin

Senior lecturer, Department of Engineering Surveying and GIS, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., 630108 Novosibirsk, phone: 8-383-343-29-55, e-mail: abaspirant@mail.ru

The paper deals with the time-space analysis of industrial structures foundation deformation based on the static properties of calculated benchmark settlements and determination of quantitative spatial variables autocorrelation within the foundation area, where identification of each concrete location is impossible.

Key words: geostatic analysis, GIS research, correlation dependence.

Задача пространственно-временного геостатистического анализа ввиду многочисленности неуправляемых и слабо предсказуемых внешних факторов – наиболее сложная в геодезии и геоинформатике.

Комплексное исследование деформаций фундаментов зданий эффективно при использовании геоинформационных систем и технологий. В основу исследования заложен анализ деформации как совокупности геоинформационных объектов. Такой подход приводит к появлению новой технологии – геостатистического анализа, который предполагает построение моделей объекта и среды. Однако для этого необходимо провести комплекс специальных исследований, которые называют геоинформационными [1,2].

Эти исследования представляют собой набор методов получения информации об объектах исследования и геоинформационной среде. По этой

причине можно говорить о том, что геоинформационные исследования могут быть полностью реализованы в рамках ГИС-технологий.

Решение общих задач можно выполнять разными методами, но все они требуют установления связи между параметрами и создания полностью детерминированной модели взаимодействия объекта и среды. Если нет возможности для построения такой модели, необходимо создать вероятностно-статистическую, а если и это невозможно, то на основе обобщения собранных данных надо построить статистическую модель [3].

Решение общих задач основано на математико-статистических методах анализа, среди которых следует определить основные: исследование структуры объекта или явления и выделение однородных образований, классификация объектов или признаков, снижение размерности пространства признаков, построение моделей объектов или явлений, статистически-вероятностная интерпретация свойств объектов или явлений.

При этом на первых этапах проводится качественный анализ – выделение групп признаков. На последующих этапах оценивается связь между признаками, и они подразделяются на объясняющие и объясняемые.

После сбора информации данные обобщают и применяют для построения моделей. При проведении геоинформационного исследования с целью пространственно-временного анализа может создаваться модель, исследование и использование которой позволяют получить информацию о возможных состояниях объекта в будущем и (или) путях и сроках осуществления этих состояний.

Геоинформационные исследования данных носят временной характер. В том случае, когда геопространственный анализ необходим на определенный период времени в будущем, в качестве исходных данных используют временные ряды или временные модели.

Особенностью решения задач исследования является необходимость взаимодействия объекта с внешней средой, что требует дополнительного построения модели внешней среды.

Построение цифровых моделей для целей пространственно-временного анализа отличается от построения просто цифровой модели базы данных ГИС, и главное отличие состоит в том, что модель должна строиться не автономно, а в связи с внешней средой, взаимодействующей с ней.

Выбор модели осуществлялся на основе наблюдений за осадками фундамента строящегося административного здания. Мониторинг осадок выполнялся каждый месяц в течение 2007 г. и один раз в два месяца в течение 2008 г. В результате получены значения осадок контрольных марок по каждому циклу наблюдений.

Для анализа и подбора модели интерполяции использовались результаты первого года наблюдений за осадкой инженерного сооружения и лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов на площадке строительства [4].

На основании этих данных было выполнено исследование корреляционной зависимости между значениями осадки и плотностью грунтов; осадками и коэффициентами водонасыщения.

На рис. 1, 2 приведена графическая интерпретация корреляционной зависимости.

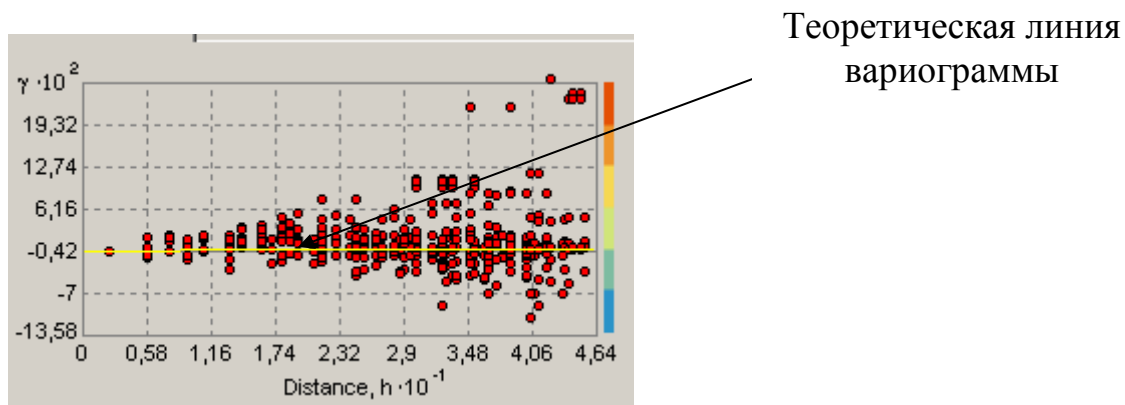


Рис. 1. Графическая интерпретация корреляционной зависимости между осадками и плотностью грунтов

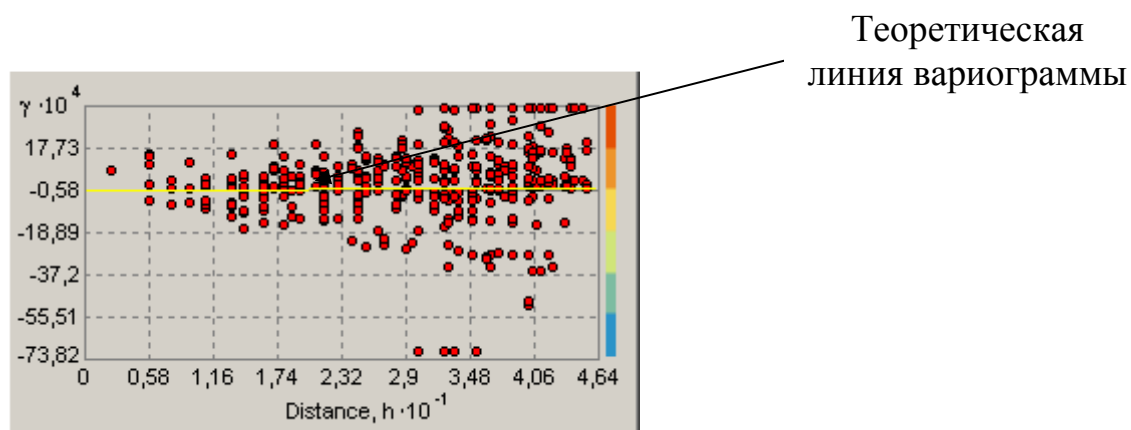


Рис. 2. Графическая интерпретация корреляционной зависимости между осадками и коэффициентами водонасыщения

На рис. 1, 2 по оси X откладывают расстояния между марками (в метрах), а по оси Y находятся вычисленные значения вариограммы, соответствующие каждой марке. Чтобы ускорить вычисление значений вариограммы расстояния между всеми парами марок группируются в интервальные группы. Весь диапазон расстояний разбивается на ряд равных интервалов до максимального значения расстояния между марками. Для каждой пары контрольных марок вычисляется расстояние и квадрат разности функции вариограммы.

Эта пара точек включается в соответствующий интервал расстояний и для каждого из них накапливается общая дисперсия. После обработки всех пар марок фундамента для каждого интервала расстояний подсчитывается средняя дисперсия, представляющая среднее различие между осадками в двух любых марках, находящихся на расстоянии h друг от друга.

Различие веса вычисленных осадок марок возрастает с ростом расстояния между ними. Таким образом, вариограмму можно рассматривать в качестве функции, представляющей закономерность данных. На рис. 1, 2 линия представляет собой теоретическую, самую адекватную модель вариограммы. Каждая точка показывает вычисленное значение осадки марки фундамента, полученная на основе данной модели вариограммы. Чем ближе вычисленные значения осадок марок фундамента к теоретической линии вариограммы, тем более адекватной моделью она будет являться.

На рис. 3 приведена цифровая модель интерполяции абсолютных осадок фундамента, построенная с помощью кригинг-метода и экспоненциальной функции вариограммы для 12-го цикла наблюдений.

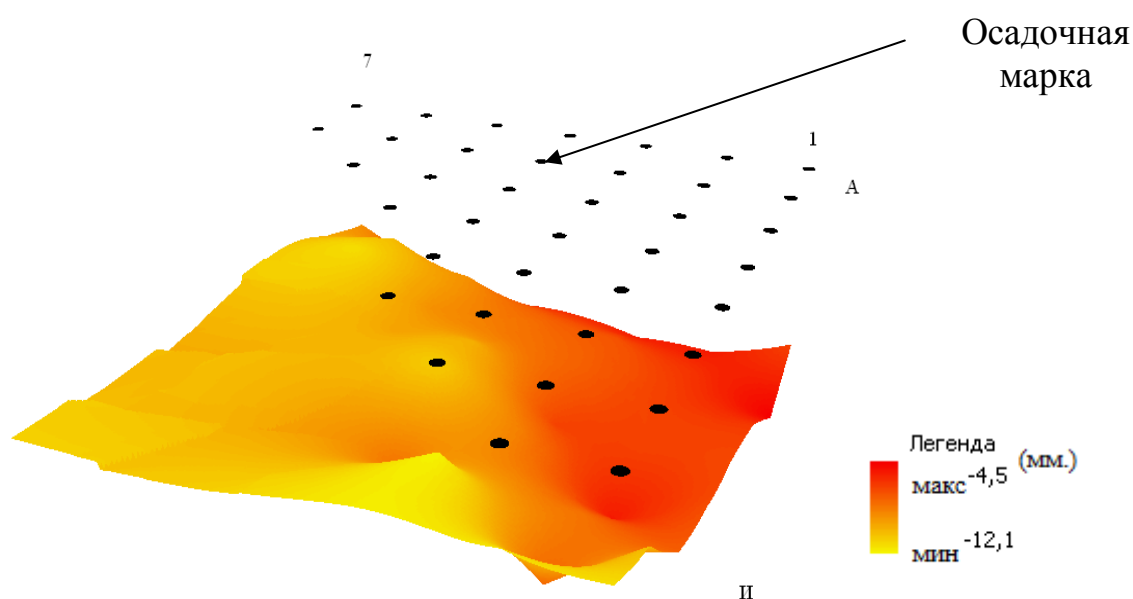


Рис. 3. Цифровая модель интерполяции абсолютных осадок фундаментов инженерного сооружения

Наличие и учет корреляционной зависимости между исследуемыми данными позволяет выбрать более точную и адекватную модель осадки. Чем плотнее массив точек к теоретической линии вариограммы, тем больше корреляция между осадками, плотностью грунтов и коэффициентами водонасыщения.

Следует отметить, что в результате анализа пространственных функций вариограммы наиболее подходящей для моделирования осадок фундаментов является экспоненциальная, так как она в большей мере отражает пространственную корреляцию между исходными данными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ArcGIS™ 3D Analyst™: Three-Dimensional Visualization, Topographic Analysis, and Surface Creation ESRI 380 New York St. – Badlands, 2002. – 20 с.

2. Гитис, В.Г. Основы пространственно временного прогнозирования в геоинформатике / В.Г. Гитис, Б.В. Ермаков. – М.: Физматлит, 2004.
3. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем по комплексным геодезическим и геофизическим наблюдениям: монография / В.А. Середович [и др.]; под общ. ред. В.К. Панкрушина. – Новосибирск.: СГГА, 2004. – 356 с.
4. Открытое акционерное общество по инженерно-строительным изысканиям ОАО «Стройизыскания». Результаты бурения скважин на площадке строительства административного здания с подземной автостоянкой по ул. Орджоникидзе в Центральном районе г. Новосибирска. – Новосибирск, 2004.

© А.А. Басаргин, 2012

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ КАРЬЕРОВ «ВОСТОЧНЫЙ КАМЫС» И «ТУР»

Жаннат Зекееновна Толеубекова

Карагандинский государственный технический университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры Маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: jtoleubekova@mail.ru

Дмитрий Владимирович Мозер

Карагандинский государственный технический университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры Маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: dmitri-moser@yandex.ru

Асель Куандыковна Омарова

Карагандинский государственный технический университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, магистр техники и технологии, преподаватель кафедры Маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: assel.omarova1@gmail.ru

Ляйля Жумажановна Касымова

Карагандинский государственный технический университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, старший преподаватель кафедры высшей математики, тел. 8-7212-56-26-27, e-mail: lkacimova@mail.ru

Бауржан Бейбутович Лямбеков

Карагандинский государственный технический университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, студент кафедры строительства, тел. 8-7212-56-26-27, e-mail: blambekov@mail.ru

В статье рассмотрен вопрос экономической оценки влияния потерь и разубоживания для вариантов ведения добычи, а также приведен пример электронного метода графостатистического определения потерь и разубоживания руды.

Ключевые слова: экономическая оценка влияния потерь и разубоживания, вертикальное сечение рудных тел.

TECHNO-ECONOMIC ESTIMATION OF CONSEQUENCES OF LOSSES AND DILUTION ON THE EXAMPLE OF «EAST KAMYS» AND «TUR» OPEN-CAST MINES

Jannat Zh. Toleubekova

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, cand. tech. sci., Associate Professor of Surveying and Geodesy, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: jtoleubekova@mail.ru

Dmitry V. Moser

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, cand. tech. sci., Associate Professor of Surveying and Geodesy, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: dmitri-moser@yandex.ru

Assel K. Omarova

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, master of Geodesy, senior teacher, department of Surveying and Geodesy, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: assel.omarova1@gmail.ru

Lyaylya Zh. Kasimova

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, Senior Lecturer, Department of Higher Mathematics, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: lkacimova@mail.ru

Baurzhan B. Lyambekov

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, student of the Department of Construction, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: blambekov@mail.ru.

In the article the question of an economic estimation of influence of losses and dilution for variants of conducting extraction is considered, and also the example of an electronic method of grafo-statistical definition of losses and dilution of ore is resulted.

Key words: an economic estimation of influence of losses and dilution, vertical section of ore bodies.

Экономическая оценка влияния потерь и разубоживания для вариантов ведения добычи, начиная с валовой выемки до выборочных отработок балансовых запасов с различной степенью извлечения, выполнена в строгом соответствии с общепринятой методикой по охране и рациональному использованию полезных ископаемых.

Если все варианты ведения добычи убыточны, что не удивительно, так как такой исход ожидаем при разработке большинства месторождений цветных металлов. Об этом ранее было известно на примере работы карьеров Саякского, Акжальского и ряда других месторождений. В таких случаях для выбора целесообразного варианта ведения добычи требуется иной подход, основанный на установлении нормативных показателей извлечения балансовых запасов, исходя из планируемого объема металла согласно годовому плану развития горных работ, с погашением соответствующего количества и качества балансовых запасов при известной оптовой цене 1т концентрата и себестоимости 1т товарной руды.

Решение вопросов такого подхода применительно к лучшему и худшему условиям залегания рудных тел по профильным линиям карьеров «Восточный Камыс» и «Тур» приведено в табл. 1. Из рассмотрения этой таблицы следует, что выбираемый вариант ведения добычи, обеспечивающий соблюдение нормативных показателей, надо отыскать между вариантами II и III, осуществляемым отработкой балансовых запасов с вовлечением в добычу балансовой руды мощностью $m_6 = 3-10\text{м}$ и разубоживающих пород мощностью $m_{\pi} = 0-7\text{м}$ при теряемой балансовой руды мощностью $m'_6 = 0-3\text{м}$.

Погрешности получения результата при прямом методе учёта потерь и разубоживания приравниваются ошибкам определения исходных величин (линейных размеров, площадей, объёмов и т.д.) и составляют порядка 15-20% отн. Известно также, что из-за крайне низкой точности установления фактических значений потерь и разубоживания косвенным методом в

«Сборнике инструктивных материалов...» рассмотрена обязательность использования прямого, косвенного, комбинированного и скважинного методов определения фактических потерь и разубоживания руды, хотя тут же указывается на допустимость принятия за фактические потери и разубоживания руды их нормативные (плановые) значения. В п.п. 3.5 этого Сборника (с.55) говорится, что «На тех карьерах, где применение прямого метода невозможно, а косвенный метод не обеспечивает получение достоверных результатов, фактические потери и разубоживание руды с разрешения вышестоящей организации можно определять по их нормативным (плановым) значениям, добавляя к ним потери, вызванные изменением горно-геологических условий и нарушением технологии добычи».

Таблица 1. Содержание и объем рудосечений

№№ п. п.	Карьер «Восточный Камыс»			Карьер «Тур»		
	Профиль	Горизонты	Количество рудосечений	Профиль	Горизонты	Количество рудосечений
А	1	2	3	4	5	6
1	2	360...290		18	520...500	331
2	2А	360...220		19	520...480	512
3	2а	280...		19+50	520...470	274
4	3	330...280	41	20	520...490	375
5	3А	350...270		20+50	520...500	213
6	4'	340...280	118	21	530...490	376
7	4А	340...220		21+50	530...500	163
8	4А'	350...280		22	530...510	162
9	5	340...280		22+50	540...510	160
10	5А	340...300		23	540...490	311
11	5а	360...280		23+50	540...520	186
12				24	540...510	193
13				24+50	550...510	321
14				25	540...500	246
15				25+50	550...510	61
16				26	550...540	
17				26+50	560...520	
18				27	560...490	223

Ниже приводится оценка погрешностей определения фактических потерь и разубоживания, основываясь на применении закона накопления ошибок измерения исходных величин, таких как: количество погашенных балансовых запасов B , потерянного полезного ископаемого D , а также мощности m , плотности γ , содержаний полезных компонентов в балансовых запасах c , разубоживающих породах v и добытом полезном ископаемом a .

Достоверность определения средних значений показателей величин m , γ , c , v , a обеспечивается заведомо отбором необходимого количества проб

(измерений) по формуле $n=(Vt/\mu_{\text{дон}})^2$, где V – уровень вариации (изменчивости) показателя, $\mu_{\text{дон}}$ – допустимая относительная погрешность в определении показателя, t – коэффициент вероятности, принимаемый при нормальном распределении равным 1,5. Для распределений, отличающихся от нормального, он берётся из таблицы Вейбулла в соответствии с уровнем вариации V :

Таблица 2. Уровень вариации V

V , %	t , доли ед.
20-50	1,3
100	0,95
150	0,70
200	0,60

Число степеней (горизонтальных и вертикальных), необходимое для подсчёта объёма V тел произвольной формы должно быть:

- Не менее 4 на залежах относительно простой формы с $V \leq 15\%$;
- Не менее 8 на залежах сложной формы с $V > 20\%$.

По результатам обобщения сведений, приведенных в «Сборнике инструктивных материалов» [2, с.37-42] выявлено, что относительные погрешности определения объёма μ_v и плотности μ_γ в зависимости от степени их изменчивости колеблются в пределах соответственно $2\% \leq \mu_v \leq 10\%$ и $1\% \leq \mu_\gamma \leq 7\%$. Выражая количественные показатели исходных величин B , Π_{abc} , B , D как функции измеренных величин произведения объёма V на плотность γ найдено, что относительная погрешность их определения изменяется в пределах $2,2\% \leq \mu \leq 12,1\%$. Также установлено, что относительные погрешности определения качественных характеристик исходных величин c , v , a , в зависимости от степени их вариации, колеблются в пределах $2\% \leq \mu \leq 15\%$ [3, 124-129с.].

Электронный метод графо-статистического определения потерь и разубоживания руды на примере рудных тел по разрезу 5-5, рудник Восточный-Камыс. Исходная геологическая информация – это вертикальные мощности балансовой руды m_b и разубоживающих пород m_n , ограничиваемые высотой уступа $h_{\text{уст.}}$ и чередуемые вкрест простирания рудных тел через каждые 5м, как это показано на рис. 1.

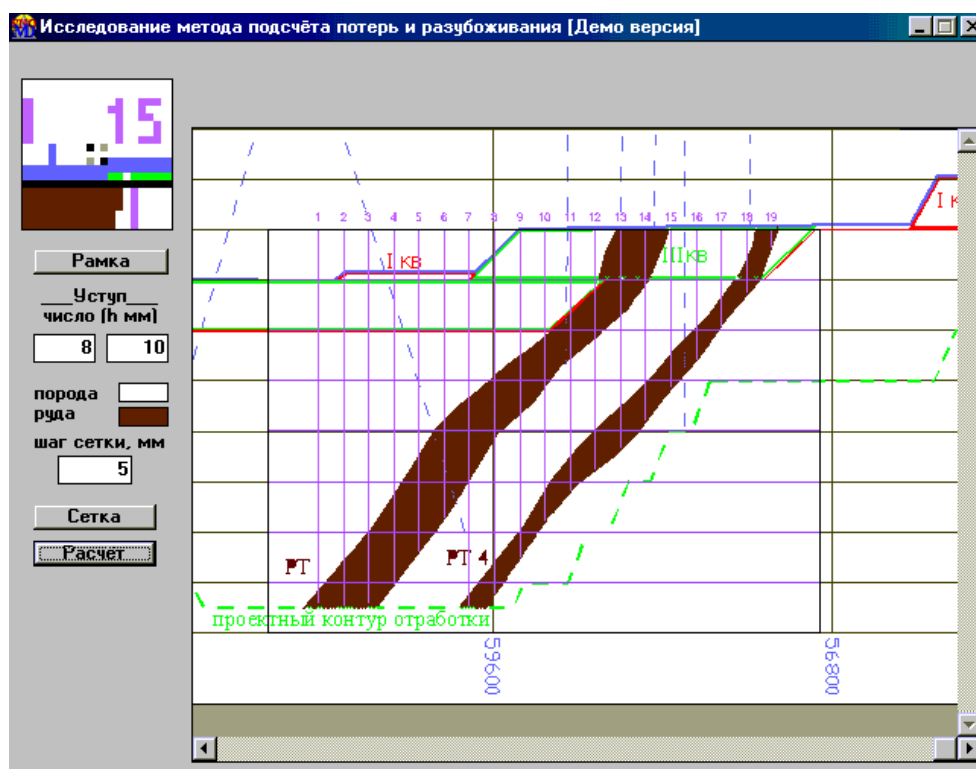


Рис. 1. Геологический разрез карьера «Восточный - Камыс»

(Расположение сетки подсчета вкрест простирания рудных тел. Шаг сетки в горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно 5 и 10 мм (в М:1000)).

Целью применения электронной обработки является повышение производительности труда графо-статистического определения мощностей m_b и m_n взамен ручного их подсчета.

Если графическая информация (а именно: мощности m_b и m_n) представить в электронном виде (например растровое изображение, соответствующее определенному формату), то размещение мощностей m_b и m_n по каждому из вертикальных сечений рудных тел значительно упрощается, чему способствовала разработанная нами программа [4, 5 с.].

Копируя результаты этой программы в электронную таблицу EXCEL, достигаем реализации всех остальных расчетов, предусмотренных 2, 3, 4 – этапами исследований потерь и разубоживания. Таким образом, авторы приведенных выше предложений доказали, что разработкой комплексной программы графо-статистической обработки информации можно получить конечные результаты исследований с графо-аналитическим изображением эмпирической и теоретической зависимостей между потерями и разубоживанием.

Выводы.

Для повышения производительности обработки исходной информации велись работы по автоматизации технологии расчёта. В случае, когда графическая информация представлена в электронном виде (растровое

изображение, соответствующее определённому формату), существует возможность значительно упростить его обработку, используя программу для автоматического выполнения первого, наиболее длительного этапа обработки графической документации.

В настоящее время практически возможным считается разработка программного комплекса, выполняющего всю работу с выводом конечного результата и графиков расчётной и эмпирической зависимости между потерями и разубоживанием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агошков, М.И. Критерии и прямые методы определения потерь и разубоживания при разработке рудных месторождений [Текст] / М. И. Агошков, В. А. Симаков. – М.:ВНИТИ. – 41 с.
2. Сборник инструктивных материалов по охране и рациональному использованию полезных ископаемых. – М., «Недра», 1977. – 197с. (Министерство Цветной металлургии СССР).
3. Отчет «Исследование потерь и разубоживания руды на карьерах рудников «Тур» и «Восточный Камыс» (заключительный). – КарГТУ, Караганда, 2005.
4. Жумадильдинов, Б.И. Выделение выемочных единиц при разработке сложноструктурных месторождений полезных ископаемых [Текст] / Б. И. Жумадильдинов, Р. П. Окатов, К. К. Темиргалиев //Изв. ВУЗов. Горный журнал. – Екатеринбург, 1993. –№ 9. – С.51-53.
5. Жумадильдинов, Б.И. Конструктивные потери и разубоживание руды, их нормирование на карьерах Саякского рудника. [Текст] / Б. И. Жумадильдинов, К. К. Темиргалиев, К. Кукуев //Труды КарПТИ. Горное дело. – Караганда, 1994. – Вып.2– С.124-129.
6. Ф.К. Низаметдинов, Б.Ы. Жұмаділда, Ж.З. Төлеубекова. Кентекті ашық тәсілмен өңдеудегі ысыраптар мен құнсыздандудың техникалы мүмкін мөлшерін анықтаудың графо – статистикалық әдісі. Қазақстандағы маркшейдерия: бүгінгі күні және болашағы: Халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференция материалдары. 2-3 қараша 2006 ж. – Алматы: ҚазҰТУ. 2006.
7. Сборник законодательных и нормативно-правовых актов в области охраны, рационального и безопасного использования недр. – Алматы, 2004. – 187с.
8. Отраслевая инструкция по определению, нормированию и учету потерь и разубоживания руды и песков на рудниках и приисках Министерства цветной металлургии СССР. – М.: Цветметинформация, 1975. – 127с.

© Ж.З. Төлеубекова, Д.В. Мозер, А.К. Омарова,
Л.Ж. Касымова, Б.Б. Лямбеков, 2012

ПРИМЕНЕНИЕ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Жаннат Зекеновна Толеубекова

Карагандинский государственный технический университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры Маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: jtoleubekova@mail.ru

Дмитрий Владимирович Мозер

Карагандинский государственный технический университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры Маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: dmitri-moser@yandex.ru

Асель Куандыковна Омарова

Карагандинский государственный технический университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, магистр техники и технологии, преподаватель кафедры Маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: assel.omarova1@gmail.ru

Асем Сериковна Туякбай

Карагандинский Государственный Технический Университет, 100027, г. Караганда, ул. Бульвар Мира, 56, ассистент кафедры Маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: assem_jan@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы спутниковой радарной интерферометрии, обозначены проблемы применения дистанционного зондирования Земли в Республике Казахстан, подробно рассмотрены вопросы этапов создания мониторинга за сдвижением поверхности Земли подрабатываемых территорий района города Караганды.

Ключевые слова: радиолокационная съемка, радарная интерферометрия, спутниковый мониторинг подработанных территорий, радарные данные.

APPLICATION TO THE STUDY RADAR INTERFEROMETRY EARN TERRITORIES

Jannat Zh. Toleubekova

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, cand. tech. sci., Associate Professor of Surveying and Geodesy, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: jtoleubekova@mail.ru

Dmitry V. Moser

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, cand. tech. sci., Associate Professor of Surveying and Geodesy, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: dmitri-moser@yandex.ru

Assel K. Omarova

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, master of Geodesy, senior teacher, department of Surveying and Geodesy, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: assel.omarova1@gmail.ru

Assem S. Tuyakbai

Karaganda State Technical University, 100027, Karaganda, 56 Mira blvd, assistant, department of Surveying and Geodesy, tel. (7212) 56-26-27, e-mail: assem_jan@mail.ru

The questions of satellite radar interferometry, identified the problems of remote sensing in the Republic of Kazakhstan, describes how to create stages for monitoring the Earth's surface displacement undermined the district of the city of Karaganda.

Key words: radar imagery, radar interferometry, satellite monitoring urban territories, radar data.

На сегодняшний день в Республике Казахстан вопрос о проведении мониторинга деформаций в районе подработанных угольными шахтами территорий Карагандинской области остается открытым. Традиционным методом наблюдений является маркшейдерский инструментальный контроль деформаций земной поверхности, разработанный в 70-х годах прошлого века с использованием наблюдательных линий. Несмотря на внедрение новых инструментов и методик измерения с использованием современных тахеометров, GPS-приемников, лазерных сканеров, данный вопрос не дает масштабного видения всей ситуации в целом. Провести мониторинг всей территории традиционным способом аэро – или наземной фотограмметрии весьма дорогостояще и может осуществляться только на локальных участках. При меньших затратах и с более высокой точностью возможно применение систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Одним из методов, который нашел широкое применение, является спутниковая радарная интерферометрия. В практике европейских стран за последние десять лет способ спутниковой радарной интерферометрии стал широко применяться для мониторинга деформационных процессов поверхности Земли.

Суть космической радиолокационной интерферометрии заключается в совместной обработке фазовых полей, полученных съемкой одного и того же участка местности одновременно двумя антенными системами либо одной антенной на двух или нескольких витках орбиты [1,2].

Полученный космический снимок является изображением объекта, построенное путем его проектирования из одной или нескольких точек пространства на ту или иную поверхность по заданному закону. Задача обработки изображений сводится к установлению связи между координатами отдельных точек в системах местности и изображения. Технология установления и использования такой связи определяется техническими характеристиками съемочной аппаратуры, способом формирования изображения и параметрами орбиты космического аппарата. Сделан анализ разновидности съемочных систем и некоторые геометрические особенности получаемых с их помощью изображений.

В настоящее время на орбите находится более 50 спутников дистанционного зондирования Земли, которые делятся на группы: пассивные, ведущие съемку оптико-электронными сенсорами, и активные, основанные на радарной локации (табл. 1). С целью проведения наблюдения за сдвижением и деформациями подработанной территории города Караганды необходимы радарные данные со спутников, осуществлявших съемку данной территории. Анализ показал, что радарные снимки доступны лишь с семи

радиолокационных систем, причем пространственное разрешение изображений, получаемых с их помощью, достигает 0,5 м.

Таблица 1. Характеристика космических спутников

Спутник	Тип съемки	Разрешение, м	Спектральный диапазон	Ширина полосы, км	Повторяемость съемки, сутки	Страна
GeoEye-1	опт	0,4 (0,5) 1,6 (2)	L	15,2	2-3	США
TerraSAR-X	рад	1 - 16	X	10 ÷ 100	2,5-11	Германия
RADARSAT - 2	рад	3-100	C	20 ÷ 500	1-3	Канада
SPOT 5	опт	2,5 - 20	L	60	1-4	Франция
Landsat 7	опт	15 - 60	L	185	16	США
ALOS	опт рад	2,5-10 7-100	L	35 ÷ 350	2	Япония
Kompsat – 2	опт	1-4	L	15	3	Корея
FORMOSAT - 2	опт	2-8	C	24	1	Тайвань

На территории Республики Казахстан реализацию радарных данных со спутников SPOT, FORMOSAT - 2, TerraSAR-X, TanDEM-X осуществляет Национальная компания АО НК «Қазақстан Ғарыш Сапары» в г. Астане.

Космический радиолокационный мониторинг за деформационными процессами имеет свои недостатки, среди которых можно выделить следующие:

- Охват космических снимков достаточно обширен, заказ необходимого участка территории занимает длительное время;
- Для наблюдения за деформационными смещениями поверхности бортов карьеров необходимо учитывать геометрическое расположение спутников над снимаемой территорией, так как наблюдаемая часть поверхности земли может попадать в «мертвую зону»;
- Даже при самом максимальном разрешении космического снимка размеры пикселей настолько велики, что получить достоверную картину о положении зафиксированных точек на наблюдаемой поверхности очень сложно и даже практически не реально;
- Повторная съемка того же участка с космического аппарата может длиться от 2 до 24 суток, что для оперативного получения данных о состоянии наблюдаемого объекта весьма не удовлетворительно [2,3].

Для реализации проекта по наблюдению за состоянием подработанной территории города Караганды методом спутниковой радарной интерферометрии необходимо решить следующие задачи.

1. Определить, как получать снимки.

Космические снимки необходимо выбрать с одной и той же точки траектории, снятые в разное время, одной и той же территории. Для удобства космические радарные снимки, запечатлевшие территорию г. Караганды можно посмотреть на сайте компании ASTRIUM в архиве данных terrasat-x-

archive.infoterra.de (рис. 1). Благодаря чему предоставляется возможность подобрать необходимые радарные снимки по дате.

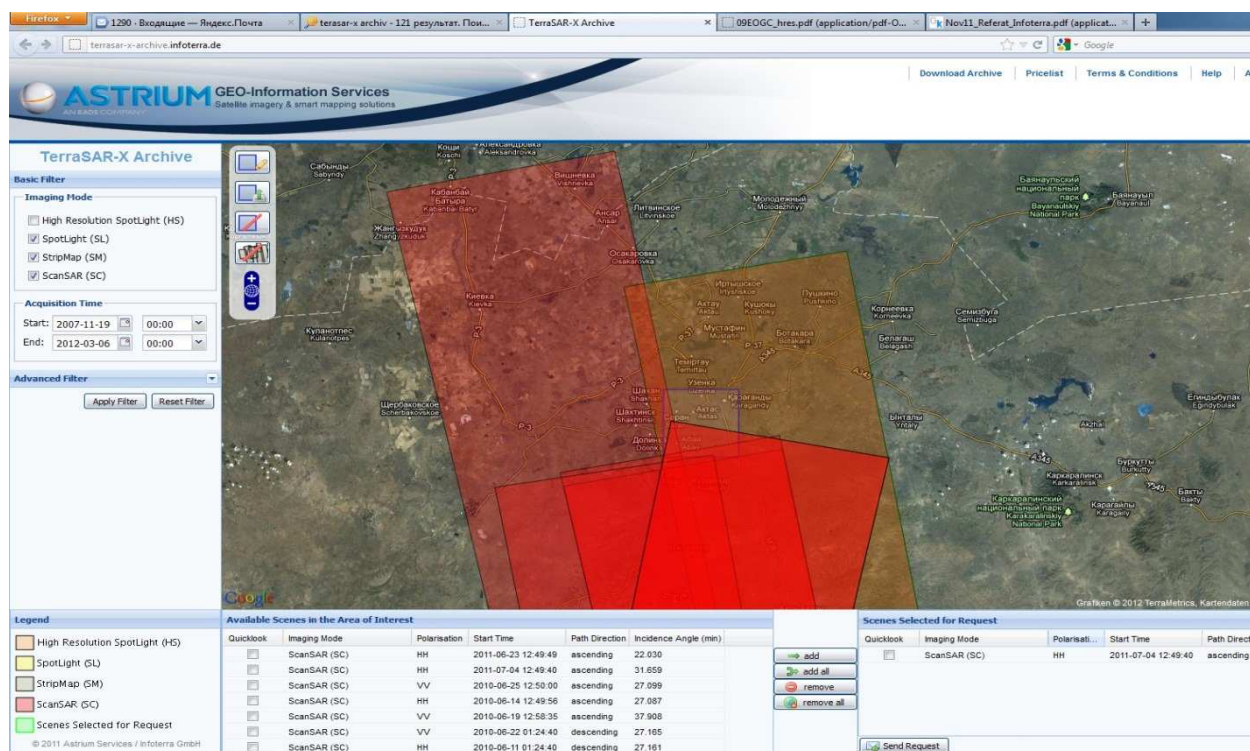


Рис. 1. Выбор радарных снимков Terra SAR-X г. Караганды

2. Выбрать программное обеспечение для обработки радарных данных.

Выбор программного комплекса осуществляется по различным критериям. Во-первых, по функциональным возможностям, по доступности интерфейса, быстроты построения графического и наглядного материала; во-вторых, по доступности в цене. Самые распространенные программные комплексы, предназначенные для обработки радарных данных, такие как SARscape, ERDAS, ENVI 4.8, GAMMA доступны в продаже и имеют отличные друг от друга функциональные возможности.

4. Обозначить границы подработанной территории.

С целью проведения наблюдения за сдвижением и деформациями подработанной территории г. Караганды необходимо согласовать границы с планами горных работ компанией АО «Арселор Миттал Темиртау», производящей выемку полезного ископаемого из недр Земли.

5. Пройти обучение обработке космических снимков в выбранном программном комплексе.

В Республике Казахстан на сегодняшний день, к сожалению, обучающие курсы по обработке радарных космических данных в программах SARscape, ERDAS, ENVI 4.8, GAMMA не проводятся. Для решения данной проблемы могут быть задействованы российские ученые научно-исследовательских центров, специалисты различных компаний «Совзонд», инженерно-

технологический центр «СканЭкс», ООО «Навгеоком», ведущих учебных организаций и заведений НИИГАИК.

Все эти задачи необходимо решить для того, что бы изучить негативное влияние подземных горных работ, получить картину вертикальных деформаций земной поверхности подработанной территории города Караганды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лекционный курс проф. В. Буш, докт. С. Кноспе по дисциплине «Наблюдение за деформациями Земли методом Дистанционное зондирования», Институт Геотехники и Маркшейдерии, Технический Университет Клаусталь, Германия, часть 4, июль 2011. - Vorlesungen von Proff. Dr. – Ing. W. Busch, Dr. rer. nat. St. Knospe vom „Erfassung von Bodenbewegungen mit Methoden der Fernerkundung“. Teil 4, Juli 2011
2. Überwachung von Bodenbewegungen über einem Erdgas-Popenspeicher mit Methoden der satellitenbasierten Radarinterferometrie Tanja Schäfer, Tilman Brock, Wolfgang Busch, Matthias Stark: In: DMV und IMGf (Hrsg.): Tagungsband Energie und Rohstoffe 2011 - Beitrag des Markscheidewesens, 7. - 10. 09. 2011 Freiberg, S. 230 – 239.
3. Лысков И.А. Пермский государственный технический Университет, доклад на тему: «Мониторинг деформационных процессов подработанных территорий и выделение зон сдвижений с помощью спутниковой радарной интерферометрии». – Пермь: 2010.

© Ж.З. Толеубекова, Д.В. Мозер, А.К. Омарова, А.С. Туякбай, 2012

СИСТЕМА ГЕОМОНИТОРИНГА ЗОЛОТОВАЛА ТОПАРСКОЙ ГРЭС

Ольга Газисовна Бесимбаева

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: besimbaeva.o@mail.ru

Елена Николаевна Хмырова

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: hmyrovae@mail.ru

Гульнара Ергалиевна Жунусова

Карагандинский государственный технический университет, Республика Казахстан, 100027, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, кандидат технических наук, тел. (7212) 56-26-27, e-mail: lena_gulya@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы создания системы геомониторинга за состоянием ограждающих дамб золоотвала путем проведения наблюдений по схеме «опорный - связующий – рабочий репер» с использованием электронного тахеометра.

Ключевые слова: геомониторинг за состоянием ограждающих дамб, базис опорных реперов, связующие и рабочие репера профильных линий.

SYSTEM OF GEOMONITORING OF ASH DISPOSAL AREA OF TOPAR STATE DISTRICT POWER STATION

Olga G. Besimbaeva

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, associate professor of “Mine survey and geodesy” department, cand.tech.sci., tel. (7212) 56-26-27

Elena N. Khmyrova

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, associate professor of “Mine survey and geodesy” department, cand.tech.sci., tel. (7212) 56-26-27 e-mail: hmyrovae@mail.ru

Gulnara E. Jhunosova

Karaganda state technical university, Kazakhstan Republic, 100027, Karaganda, 56 Mira Blvd, associate professor of “Mine survey and geodesy” department, cand.tech.sci., tel. (7212) 56-26-27, e-mail: lena_gulya@mail.ru

In the article the questions of creating of system of geomonitoring of condition of protecting dams of ash disposal area by carrying out of supervision under the scheme «basic - binding – working reference point» with use of an electronic tacheometer are considered.

Key words: geomonitoring of condition of protecting dams, basis of basic reference points, binding and working reference points of profile lines.

В современных условиях, в связи с возрастающим объемом потребления тепловой электроэнергии и недостаточным темпом развития других источников её производства, происходит увеличение количества намываемых при помощи гидротранспорта золошлаковых отвалов. Сохранение эксплуатационной прочности ограждающих дамб золоотвалов во многом зависит от успешного решения задачи управления устойчивостью откосов дамб на основе систематического маркшейдерского мониторинга их состояния и совершенствования методов расчета устойчивости.

Геомеханический мониторинг - это система непрерывного наблюдения за параметрами и управление состоянием тела ограждающих и внутренних разделительных дамб, основанная на получении информации о физико-механических характеристиках пород тела дамбы, учете геологических, гидрогеологических особенностей пород тела и грунтов основания, анализе влияния технологических решений по наращиванию ограждающих дамб на геомеханические процессы, происходящие в теле дамбы [1, 2].

Организация геомониторинга маркшейдерских наблюдений за деформациями откосов дамб и плотин включает в себя следующие основные моменты:

- Выбор потенциально неустойчивых и неустойчивых участков на основе анализа инженерно-геологических и горно-технических условий работы для закладки реперов профильных линий;
- Разработка проекта системы геомониторинга за состоянием откосов ограждающих дамб и плотин золоотвала;
- Перенесение проекта наблюдательных станций в натуру и закладка опорных, связующих и рабочих реперов;
- привязка опорных реперов (определение координат X , Y , Z) к ближайшим пунктам маркшейдерской опорной геодезической сети;
- Определение положения связующих пунктов создаваемой системы профильных линий;
- Инструментальные наблюдения по рабочим реперам профильных линий наблюдательной станции;
- Обработка результатов инструментальных наблюдений;
- Анализ состояния гидротехнического сооружения;
- Совершенствование методики наблюдений путем автоматизации наблюдений и дистанционного сбора информации;
- Разработка методики и программного обеспечения для расчета коэффициента устойчивости откосов дамб.

Для целей систематических наблюдения за состоянием ограждающих дамб №1 и № 3 золоотвала Топарской ГРЭС №2 научно-исследовательской лабораторией «Маркшейдерия, геомеханика и геометризация недр» КарГТУ была разработана и внедрена система геомониторинга золоотвала [3], представленная на рис. 1, включающая в себя ряд профильных линий и базис из

опорных реперов, месторасположение которых выбрано за пределами зоны возможных деформаций.

Рис. 1. Схема геомониторинга дамб золоотвала Топарской ГРЭС

Система геомониторинга разработана на основе анализа особенностей геологического строения тела дамб и их оснований, гидрогеологических и геотехнических исследований, современного состояния и технических решений по наращиванию ограждающих дамб золоотвала ГРЭС. В настоящее время дамба №1 имеет отметку гребня 574,0 м, максимальная высота дамбы 29 м. По капитальности сооружений, согласно СНИП II-58-75 «Тепловые электростанции», дамба № относится ко II классу.

- Пункты должны располагаться в устойчивых местах вне зоны возможных деформаций откосов дамбы и ее основания, а также за пределами зоны возможного оседания земной поверхности под влиянием подземных и фильтрационных вод;
- С базиса опорных пунктов должна обеспечиваться хорошая геометрия на исходные пункты маркшейдерско-геодезической сети объекта, число опорных пунктов в геометрической сети должно быть менее двух;
- Местоположение опорных реперов должно обеспечивать возможность использования их в качестве исходных при дальнейшем наращивании высоты ограждающего сооружения и приемной способности золоотвала;
- С опорных пунктов должна быть обеспечена видимость на все связующие репера системы мониторинга.

Для решения вопроса автоматизации измерительного процесса опорные пункты предлагается устраивать в виде наблюдательного постоянного инструментального столбика.

На выбор местоположения рабочих реперов профильных линий оказывают влияния следующие факторы:

- Значительное понижение рельефа местности в основании дамбы по поперечным направлениям и выход грунтовых вод на поверхность;
- Наличие локального оползня откоса дамбы;
- Наибольшая высота отсыпки дамбы;
- Наличие заболоченного участка, расположенного непосредственно у нижней бровки откоса в результате фильтрации воды через тело дамбы;
- Деформации в виде оседания гребня дамбы в результате наращивания на золошлаковое основание;
- Выход кривой депрессии в нижнем бьефе дамб;
- Максимальная мощность рыхлых слабых грунтов в основании дамб.

В разработанной системе геомониторинга инструментальные наблюдения выполняются по схеме «опорный - связующий – рабочий репер» в следующем порядке:

1. С базиса опорных пунктов системы определяют планово-высотное положение связующих реперов каждой профильной линии, расположенных на берме дамбы, не менее чем 6-ю приемами.

2. Поочередно устанавливают тахеометр на связующих реперах и производят инструментальную съемку рабочих реперов профильных линий на теле дамбы, при этом отражатель устанавливают непосредственно на репер с помощью переходного колпачка.

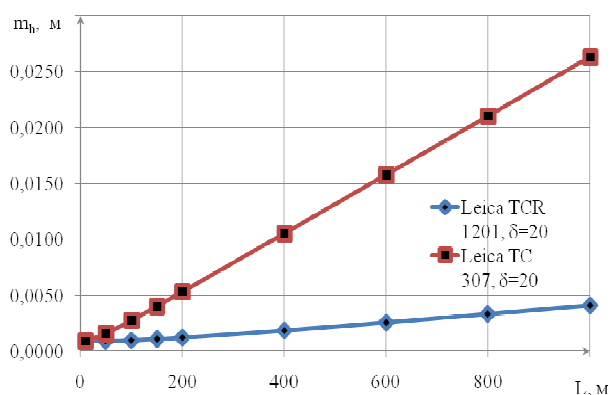
Фиксирование отражателя на рабочем репере исключает необходимость центрирования и горизонтирования отражателя в каждой серии инструментальных наблюдений. Возвышение репера над уровнем поверхности откоса (площадки гребня) на высоту 0,3 – 0,5 м соответствует требованиям инструкции о положении визирного луча над земной поверхностью для устранения влияния рефракции.

3. В конце каждой серии наблюдений с базиса опорных пунктов производят повторное определение планово-высотного положения связующих реперов для контроля их неподвижности в процессе измерения.

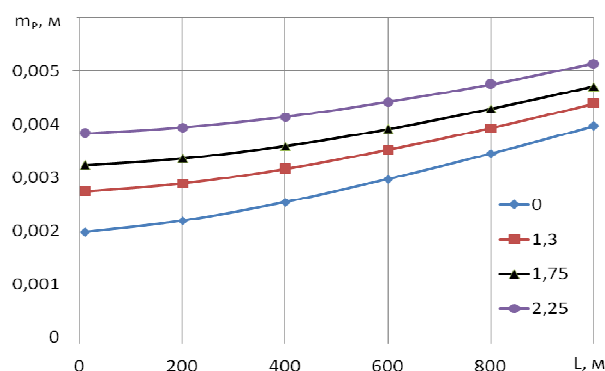
Результаты инструментальных наблюдений в комплексе с инженерно-геологическими и гидрогеологическими исследованиями в процессе эксплуатации золоотвала дают возможность определять состояние ограждающих и внутренних разделительных дамб. Результаты наблюдений позволяют установить границы распространения и вид деформаций, определить скорость развития и величины деформаций откосов и гребня дамб, и спрогнозировать их развитие во времени и пространстве.

В системе геомониторинга подробно был исследован вопрос точности инструментальных измерений. Основное влияние на точность определения

превышения оказывает погрешность измерения вертикального угла δ и расстояние L от тахеометра до отражателя. График зависимости средней квадратической погрешности определения превышения для тахеометров ТС 307 и TCR 1201 от расстояния до отражателя представлен на рис. 2, а.



а) график зависимости погрешностей превышения от класса прибора и расстояния до отражателя



б) график зависимости погрешности в плановом положении репера от высоты установки отражателя и расстояния

Рис. 2. Графики изменения погрешностей при определении высотного и планового положения репера

Средняя квадратическая погрешность определения планового положения рабочих реперов способом полярных координат выражается формулой

$$m_p^2 = m_{\text{ПОЛ}}^2 + m_{\text{ИСХ}}^2 + m_{\text{Ц.Т.}}^2 + m_{\text{Н.О.}}^2 + m_{\text{Ф.О.}}^2, \quad (1)$$

где $m_{\text{ПОЛ}}$, $m_{\text{ИСХ}}$, $m_{\text{Ц.Т.}}$, $m_{\text{Н.О.}}$, $m_{\text{Ф.О.}}$ - средние квадратические погрешности соответствующих величин (способа полярных координат, исходных данных, центрирования тахеометра, за наклон стойки отражателя и фиксирования отражателя).

Для обеспечения погрешности в измерениях не более 0,003 м при установке отражателя на высоту 1,3 м максимально допустимое расстояние составляет 300м, при установке непосредственно на переходной колпачок репера соответственно - 600 м (рис. 2, б).

Установка отражателя непосредственно на рабочий репер с помощью переходного колпачка позволяет сократить время производства измерений по профильной линии в 2-3 раза и повысить точность измерений в 1,5 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВНИМИ. Инструкция по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости.- Л., 1971.- 187с.
2. Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980.
3. Низаметдинов Ф.К., Бесимбаева О.Г., Ожигин С.Г., Родина Е.Н. Инструментальные наблюдения за состоянием насыпных ограждающих дамб. // Труды Университета. КарГТУ. - 2002. - № 4. - С.36-41.

РАЗВИТИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Михаил Михайлович Кабанов

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, м. н. с., тел. (3822) 492160, e-mail: mike.kabanov@gmail.com

Сергей Николаевич Капустин

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, м. н. с., тел. (3822) 492160, e-mail: skm@imces.ru

Павел Николаевич Колтун

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, м. н. с., тел. (3822) 492160

Павел Борисович Милованцев

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3, м. н. с., тел. (3822) 492160

В работе описаны последние усовершенствования программного обеспечения системы контроля геодинамических процессов (АСК-ГП). Расширены диагностические возможности системы в связи с расширением активной сети станций. Разработан дополнительный аналитический инструментарий для выявления критических ситуаций.

Ключевые слова: интернет приложения, автоматизация измерений.

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE SYSTEM FOR GEODYNAMIC PROCESSES MONITORING

Mikhail M. Kabanov

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskyy pr., Tomsk, Russia, 634055; phone: +7(3822) 492160, e-mail: mike.kabanov@gmail.com

Sergey N. Kapustin

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskyy pr., Tomsk, Russia, 634055; phone: +7(3822) 492160, e-mail: skm@imces.ru

Pavel N. Koltun

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskyy pr., Tomsk, Russia, 634055; phone: +7(3822) 492160

Pavel B. Milovantsev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 10/3, Akademicheskyy pr., Tomsk, Russia, 634055; phone: +7(3822) 492160

The work describes latest enhancements to the software for Automated System for Geodynamic Processes Monitoring. Diagnostic features are extended to adopt for larger sensor network. Additional analytical tools introduced for more robust recognition of critical situations.

Key word: internet applications, measurement automation.

Работа, описанная в докладе, проводилась в рамках проекта по созданию автоматизированной системы контроля геодинамических процессов (АСК-ГП). Подробную информацию о проекте можно найти в публикациях [1]. Базовое описание разработанного продукта имеется в [2].

Система аккумулирования, хранения и анализа данных разработана на платформе Java 2 EE с базой данных под управлением СУБД MySQL. В качестве клиента для доступа используется веб-браузер. Управление осуществляется через специально разработанный веб-интерфейс.

В последней версии продукта значительно расширены административные функции управления системой. Реализовано управление правами пользователей по просмотру информации и изменению служебных настроек, добавлено разграничение доступа по группам станций. В связи с расширением сети станций количественно и географически, расширена диагностическая часть – введено отображение сервисных параметров по каждой станции (версия ПО модема станции, запись о расположении станции, уровень сигнала, состояние источника питания и др.).

В связи с вводом в эксплуатацию новых станций с периодом измерения количества импульсов в 10 секунд, принято решение привести аккумулируемые данные к единому усреднению. В данный момент, в системе хранятся исходные данные в формате усреднения количество импульсов в минуту. Таким образом, можно проводить совместный анализ по станциям с разным интервалом измерения.

В процессе анализа среднечасовых графиков по группе станций было выявлено, что отклонения в амплитуде показателей между анализируемой и реперной станцией сами по себе не являются достаточным индикатором для обнаружения опасного геологического процесса (рис. 1).

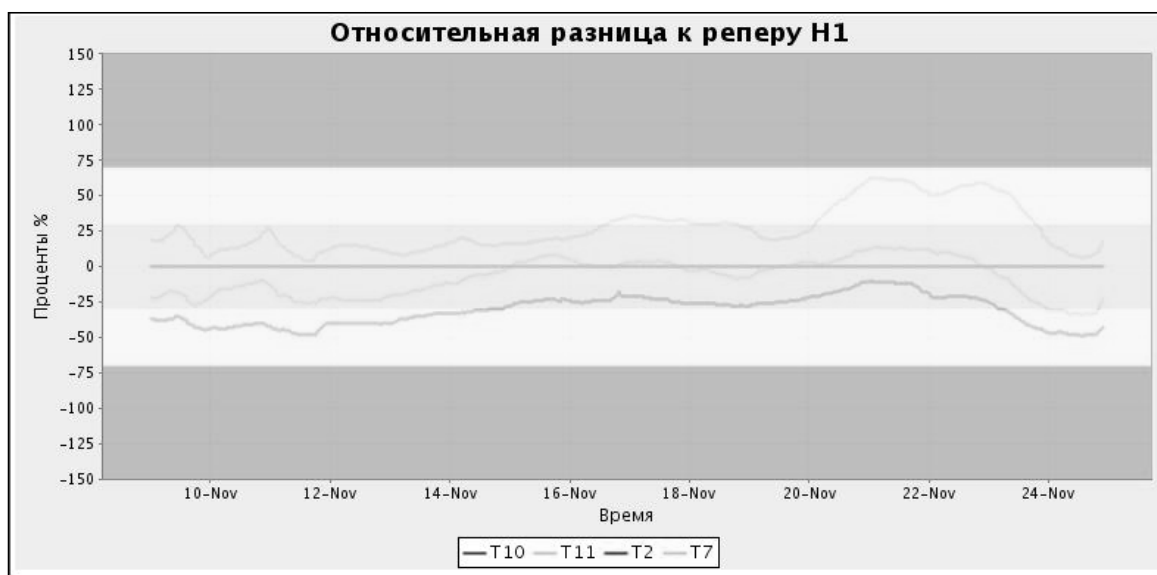


Рис. 1. Пример графика амплитудных расхождений на примере 4 станций. T10 – реперная станция

Для надежного выявления расхождения в показателях между наблюдаемой и контрольной станциями необходимо отслеживать не только различия в амплитуде показателей, но и устойчивые отклонения в их динамике за период времени. Для выявления таких отклонений необходимо анализировать корреляцию между измерениями станций. Поскольку в данном случае мы уже анализируем расхождения в амплитудах, в качестве дополнительного критерия было решено использовать коэффициент ранговой корреляции Спирмена [3]:

$$r = 1 - \frac{6}{n^3 - n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2,$$

где n – размер выборки,

x_i – ранг i -го элемента первой выборки,

y_i – ранг i -го элемента второй выборки.

r – коэффициент корреляции.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена – это непараметрический метод, который используется с целью статистического изучения связи между явлениями. В этом случае определяется фактическая степень параллелизма между двумя количественными рядами изучаемых признаков и дается оценка тесноты установленной связи с помощью количественно выраженного коэффициента.

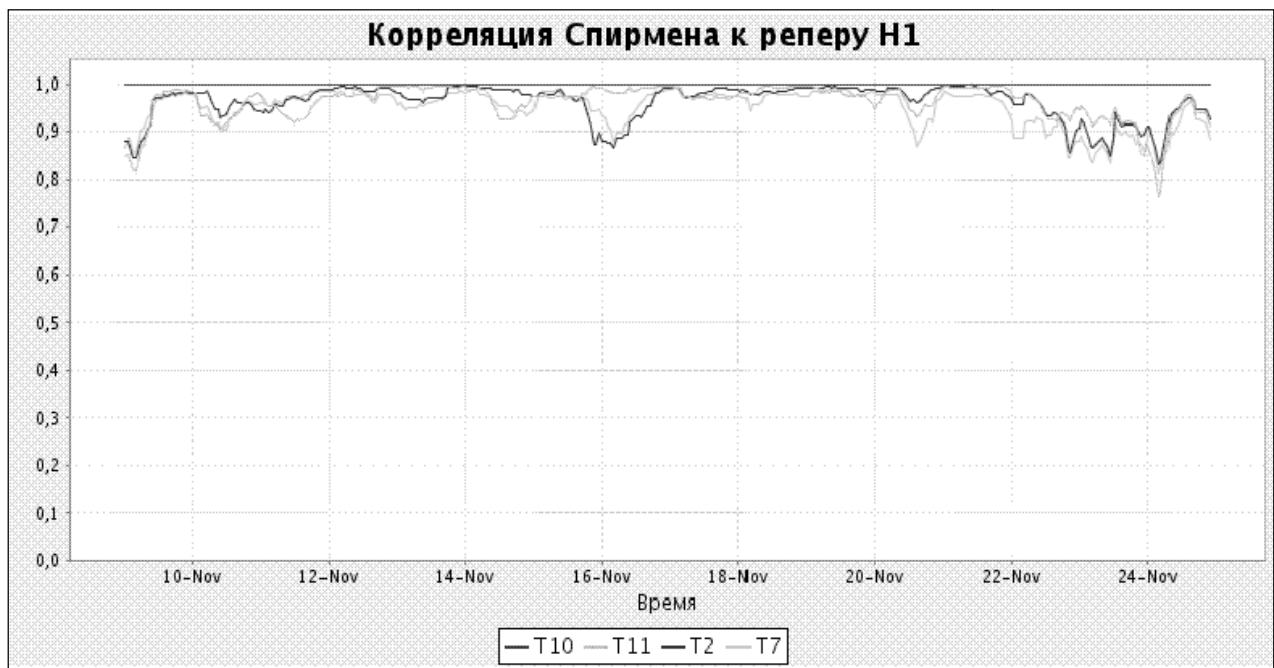


Рис. 2. Пример графика коэффициента корреляции Спирмена по последним 24 наблюдениям между тестовыми и реперной станциями. T10 – реперная станция.

Таким образом, в нашем случае мы вводим дополнительную оценку схожести в динамике двух наблюдаемых процессов (показания наблюдаемой и контрольной станции). Для оценки корреляции в программе используются выборки последних 24-х среднечасовых значений по анализируемой и реперной

станциям (рисунок 2). В результате, при отображении комбинированного графика отклонений, в каждой точке в расчет принимается не только расхождение в значениях на момент наблюдения, но и коэффициент корреляции между последними 24 наблюдениями, что позволяет игнорировать случайные амплитудные выбросы и сосредоточиться на серьезных расхождениях в динамике показателей (рис. 3).

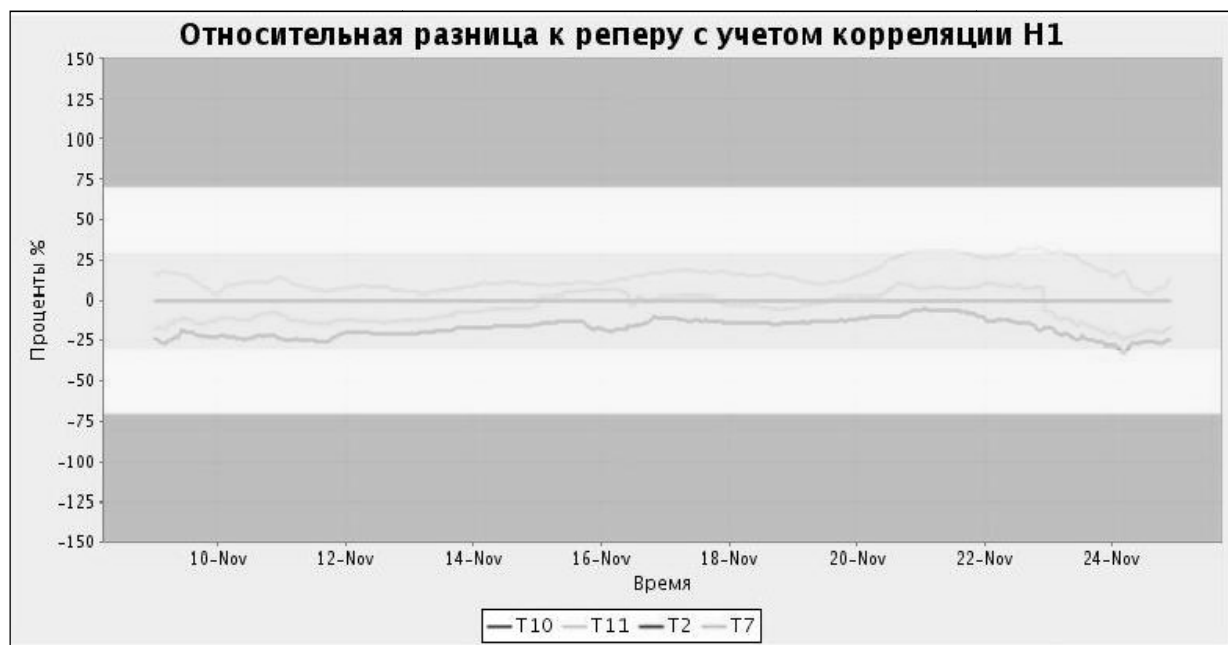


Рис. 3. Пример комбинированной оценки отклонений от реперной станции с учетом корреляции между станциями. T10 – реперная станция

В результате доработки программного продукта были расширены функции администрирования, добавлены новые возможности по диагностике технического состояния станций в удаленном режиме. Значительно улучшен аналитический инструментарий для помощи в обнаружении опасных геологических процессов.

Работа выполнена в рамках проекта ИМКЭС СО РАН по интеграционной программе Президиума РАН №4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики» (координатор – академик Лавёров Н.П.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гордеев, В.Ф. Мониторинг напряженно-деформированного состояния оползневого склона по параметрам радишумов системой АСК-ГП [Текст] / В. Ф.Гордеев, Ю. П. Малышков, С. Г. Шталин, С. Ю. Малышков, В. И. Поливач, М. М. Задериголова ///Сб. материалов VI международного научного конгресса «ГЕО-СИБИРЬ 2010». – Новосибирск, 2010. – Т. 1. – Ч.2. – С. 8-12.
2. Кабанов, М. М. Интернет портал системы контроля геодинамических процессов [Текст] / М. М. Кабанов, С. Н. Капустин, П. Н. Колтун, П. Б. Милованцев // Сб. материалов

VII международного научного конгресса «ГЕО-СИБИРЬ 2011». – Новосибирск, 2011. – Т. 1. – Ч. 1. – с. 138-142

3. Кендалл, М. Статистические выводы и связи [Текст] / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М.: Наука, 1973.

© *М.М. Кабанов, С.Н. Капустин, П.Н. Колтун, П.Б. Милованцев, 2012*

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА, НАБЛЮДАЕМЫЕ НА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАХ

Борис Тимофеевич Мазуров

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры высшей геодезии, тел. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Инна Евгеньевна Дорогова

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

Константин Вячеславович Дербенев

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

Рассмотрен ряд примеров проявления вихревых движений земной поверхности, определенных по результатам геодезических измерений на различных геодинамических полигонах Евразии. Обоснована необходимость отдельного изучения горизонтальных движений земной коры вращательного характера и исследования их роли в подготовке геодинамических процессов.

Ключевые слова: геодинамический полигон, горизонтальные движения земной коры, GPS измерения, вихревая геодинамика.

THE HORIZONTAL EARTH CRUST MOVEMENTS OF ROTARY CHARACTER OBSERVED ON GEODYNAMIC RANGES

Boris T. Mazurov

Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plahotnogo, Novosibirsk 630108, Dr.Sci.Tech., professor, department of higher geodesy, tel. (383)343-29-11, e-mail: btmazurov@mail.ru

Inna E. Dorogova

Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plahotnogo, Novosibirsk 630108, post-graduate student, department of higher geodesy, tel. (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Konstantin V. Derbenev

Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plahotnogo, Novosibirsk 630108, post-graduate student, department of higher geodesy, tel. (383)343-29-11, e-mail: redrick_xiii@mail.ru

We present examples rotation for crustal motion velocity on the different field of Eurasia based on results the geodetic observations. A conclusion is that necessity of separate study of rotation of crustal motion velocity field and research of their role in preparation of geodynamic processes.

Key words: geodynamic range, horizontal earth crust movements, GPS observations, rotation geodynamics.

Изучение горизонтальных движений земной поверхности получило активное развитие с появлением спутниковых технологий. В настоящее время непрерывные и повторные GPS измерения проводятся на территории многих стран и регионов, появляется все больше работ, посвященных наблюдениям и анализу горизонтальных движений и деформаций на геодинимических полигонах (ГДП).

Но, несмотря на многочисленные работы и исследования, посвященные изучению движений земной поверхности по данным GPS-наблюдений, горизонтальные движения земной коры на сегодняшний день остаются менее изученными, чем вертикальные. Степень изученности горизонтальных движений проявляется в частности в том, что при наличии значительных объемов результатов геодезических измерений анализ многих из них выполняется в сжатом малоинформативном виде или с помощью методов, аналогичных применяемым для интерпретации вертикальных движений.

Однако характер горизонтальных смещений земной коры принципиально отличается от вертикальных, поэтому и подходы к их изучению должны быть различными. Одним из примеров характерных горизонтальных движений земной поверхности являются вращательные движения. В последнее время получило развитие направление в тектонике и геодинимике названное «вихревой геодинимикой» [1, 2, 3]. Ниже приведем примеры распределений векторов горизонтальных смещений земной коры, полученных по геодезическим измерениям на некоторых ГДП Евразии и указывающих на вращательный характер земной поверхности.

На рис. 1 б приведено распределение векторов горизонтальных смещений земной коры, полученное в результате конечно-элементного анализа для пунктов Тункинского ГДП. Полигон расположен на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны, данные о горизонтальных смещениях поверхности получены по результатам светодальномерных и триангуляционных измерений в 1975–1986 гг [4], схема полигона представлена на рис. 1 а. Движения земной поверхности, зафиксированные на территории полигона, имеют ярко выраженный вращательный характер.

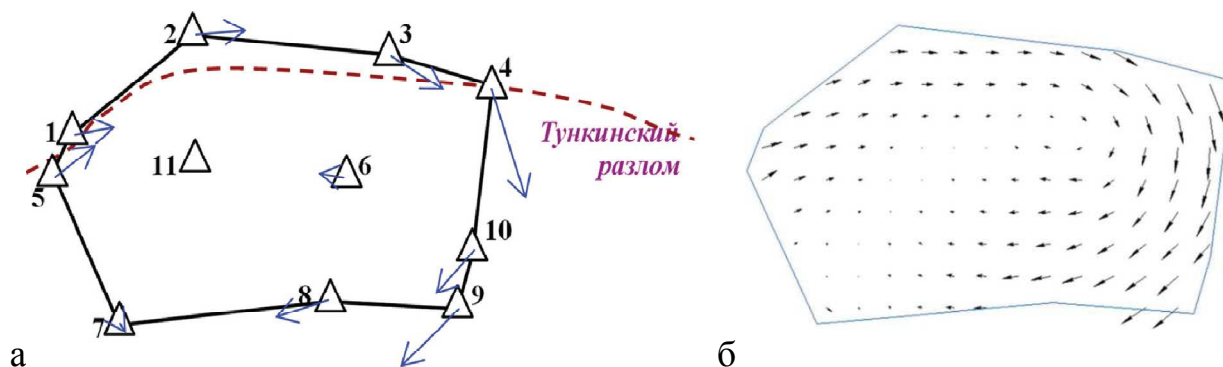


Рис. 1. Размещение пунктов и результат конечно-элементной интерполяции поля горизонтальных смещений пунктов Тункинского ГДП

Схема расположения пунктов Горно-Алтайской GPS-сети представлена на рис. 2 а, рис. 2 б иллюстрирует результаты визуализации поля смещений в центральной части Горно-Алтайского ГДП перед Чуйским землетрясением 2003 г. [5]. Данные о горизонтальных смещениях получены сотрудниками Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН по результатам нескольких циклов наблюдений на пунктах Горно-Алтайской GPS-сети. При визуальном представлении распределения векторов смещений в южной части исследуемого участка ГДП наблюдается ярко выраженное закручивание векторов по часовой стрелке.

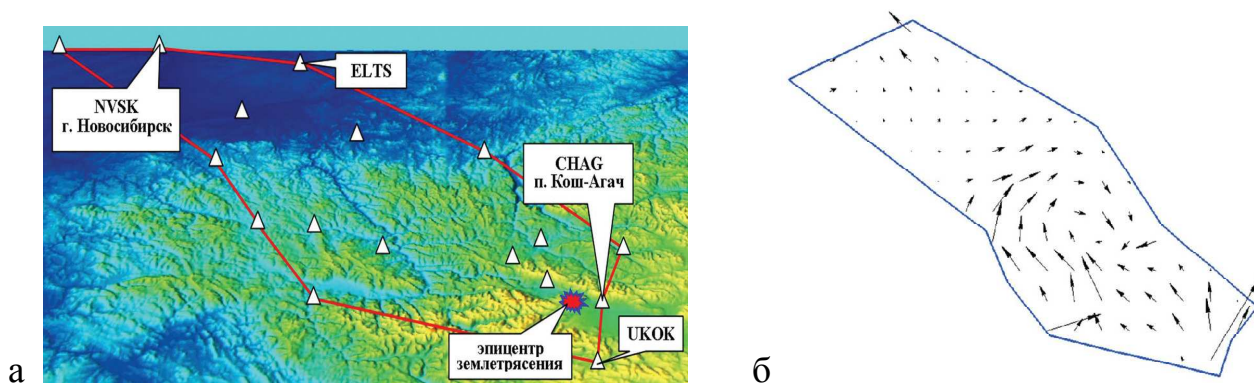


Рис. 2. Размещение пунктов и результат конечно-элементной интерполяции поля горизонтальных смещений пунктов Горно-Алтайского ГДП

В работе [6] представлены вихревые движения земной коры, обнаруженные по данным многолетних GPS наблюдений на территории Крыма и Западного Кавказа (рис. 3). Анализ вращательных смещений земной поверхности в данном регионе позволил авторам работы предложить модель разнонаправленного вращения двух микроблоков (Крымский и Западно-Кавказский), взаимодействующих по типу шестеренок.

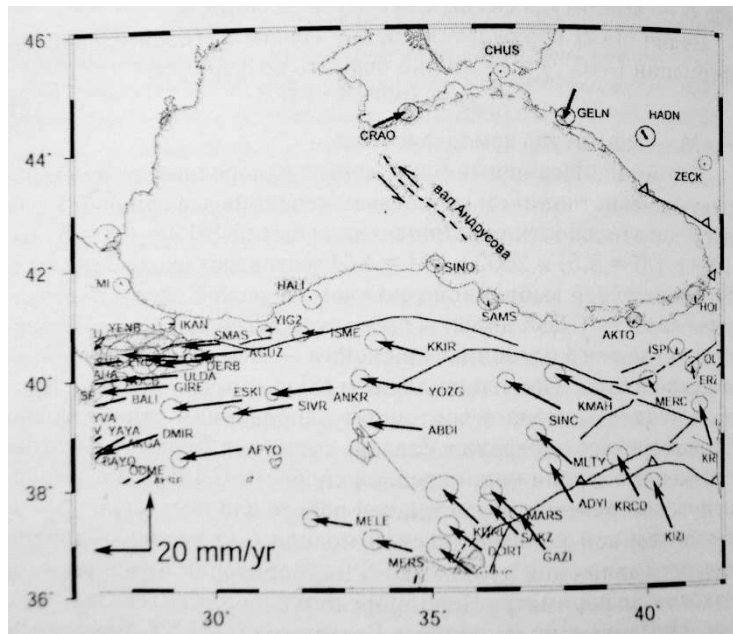


Рис. 3. Вихревые смещения пунктов Крыма и Западного Кавказа

При обработке данных GPS-наблюдений геодинимической сети Байкало-Монгольского региона (рис. 4) взятых из работы [7], были обнаружены вращательные движения в этом регионе. Данная сеть в настоящее время содержит более 50 пунктов, наблюдение на которых производилось более 4 раз. Обработка результатов производилась с помощью программного комплекса ELCUT предназначенного для расчета упруго-напряженного состояния систем. После получения картины распределения поля горизонтальных смещений (рис. 5) были выявлены вращательные движения блоков, происходящие в восточной части сети.

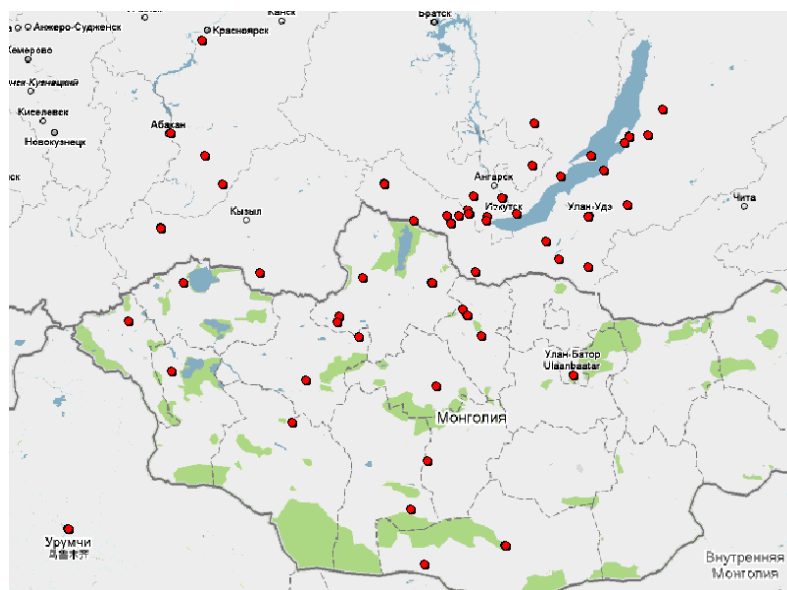


Рис. 4. Схема расположения пунктов Байкало-Монгольской геодинимической сети

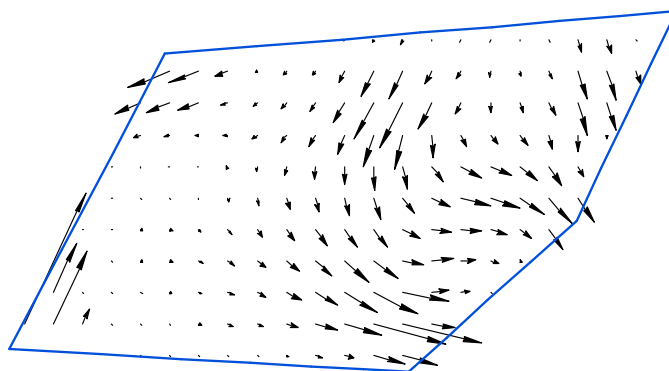


Рис. 5. Результат конечно-элементной интерполяции поля горизонтальных смещений Байкало-Монгольской геодинамической сети

Многочисленные примеры вращательных движений земной поверхности в сейсмически активных областях говорят о необходимости обращения на них более пристального внимания и тщательного изучения характера их проявлений, а также актуальности исследования их роли в подготовке геодинамических процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазуров Б. Т. Некоторые примеры определения вращательного характера движений земных блоков по геодезическим данным [Текст] / Б. Т. Мазуров // Геодезия и картография. – 2010. – 10. – С. 58-61.
2. Викулин, А. В. Физика волнового сейсмического процесса [Текст] / А. В. Викулин. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2003. – 150 с.
3. Кузнецов, Ю. И. Математическая модель вращательных кольцевых структур Земли [Текст] / Ю. И. Кузнецов, Б. Т. Мазуров, В. И. Тихонов // Сб. материалов Международного науч. конгресса «ГЕО-СИБИРЬ-2007». – Новосибирск: СГГА, 2007. – Т. 3. – С. 61–66.
4. Опарин, В. Н. Современная геодинамика массива горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействие на объекты недропользования [Текст] / В. Н. Опарин, А. Д. Сашурин, Г. И. Кулаков и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 449 с.
5. Мазуров Б. Т. Поля деформаций Горного Алтая перед Чуйским землетрясением [Текст] / Б. Т. Мазуров // Геодезия и картография. – 2007. – № 3. – С. 48-50.
6. Илюхин, С.Р. Исследование геодинамики региона Крым-Западный Кавказ методами GPS-измерений [Текст] / С. Р. Илюхин, В. Я. Шестопалов // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 3. – С. 9-16.
7. Лухнев, А.В. Вращение и деформации земной поверхности в Байкало-Монгольском регионе по данным GPS-измерений [Текст] / А. В. Лухнев, А. И. Саньков, А. И. Мирошниченко, С. В. Ашурков, Э. Калле // Геология и геофизика. – 2010. – №7. – С. 1006-1017.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ВИХРЕВЫЕ ДВИЖЕНИЯ БЛОКОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

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

Константин Вячеславович Дербенев

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

В настоящее время проводятся наблюдения за смещениями земной коры на множестве геодинамических полигонов как локальных, так и региональных масштабов. Однако для более подробного изучения и анализа современных движений земной коры необходимо располагать информацией и о движениях за пределами разрабатываемого полигона. Современные методы ГНСС - технологий позволяют решить задачу глобального слежения за смещениями пунктов на земной поверхности. Так при изучении глобальных движений блоков земной коры были обнаружены проявления малоизученных вращательных движений.

Ключевые слова: глобальная геодинамика, горизонтальные движения земной коры, GPS измерения.

GLOBAL WHIRLING MOVEMENTS OF THE EARTH'S SURFACE BLOCKS

Inna Ye. Dorogova

A post-graduate student, Advanced Geodesy Department, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., 630108 Novosibirsk, (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Konstantin V. Derbenyov

A post-graduate student, Advanced Geodesy Department, Siberian State Academy of Geodesy, 10 Plakhotnogo St., 630108 Novosibirsk, phone: (383)343-29-11, e-mail: redrick_xiii@mail.ru

At present the Earth's crust displacements are observed on many geodynamic testing areas both local and regional. However for more detailed investigation and analysis of current crust movements the information on the movements outside the area under study is necessary. Current methods of GNSS technologies permit global tracking of the point displacements on the Earth's surface. Thus, while studying global movements of the Earth's crust blocks the insufficiently known rotary movements were revealed.

Key words: global geodynamics, crust horizontal movements, GPS measurements.

Вихревые движения земной коры наблюдаются как в пределах отдельных геодинамических полигонов [1], в регионах [2, 3], так и в глобальных масштабах. Ниже приведем несколько примеров вращательных движений крупных блоков земной поверхности.

На рис. 1 представлено поле скоростей горизонтальных смещений пунктов восточной Индонезии и прилегающих территорий относительно Австралии,

полученное в работе [4], в южной части различимо закручивание векторов смещений против часовой стрелки. По данным многолетних (с 1991 по 1997 гг. и 2001 г.) GPS наблюдений 12 пунктов авторами работы [4] было выполнено определение полюсов и угловой скорости вращения Австралийской плиты относительно Индонезийского архипелага.

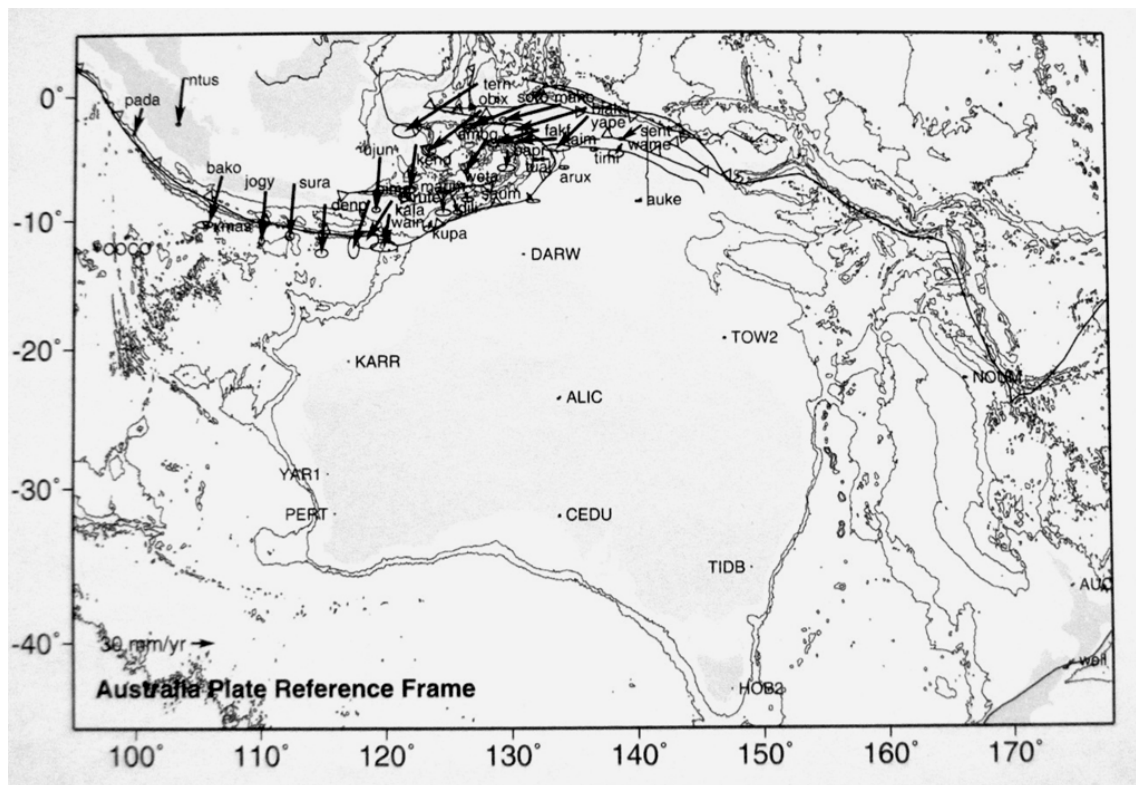


Рис. 1. Поле векторов смещений пунктов Индонезии относительно Австралии

Как показывают результаты наблюдений глобальной GPS сети (IGS) Евро-Азиатский континент претерпевает медленное вращение по часовой стрелке [5]. В работе [6] использованы данные о горизонтальных смещениях в системе ITRF (http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2005/ITRF2005.php) и границы плит из Электронного геодинамического глобуса Земли (<http://earth.jssc.ru>), которые при наложении на карту показывают движение блоков земной поверхности. Векторы горизонтальных смещений пунктов этого региона представлены на рис. 2.

Движение Евразийской N-плиты происходит с запада на восток и движение это не линейно, а происходит вдоль дуги окружности, центр которой может быть определен, также можно определить и угловые скорости вращения континента. Дополнив картину движением основных блоков земной поверхности (рис. 3), можем наблюдать, что движение Северо-Американской N-плиты (NAP) так же происходит вращательно в направлении, противоположном движению Евразийской плиты [7].

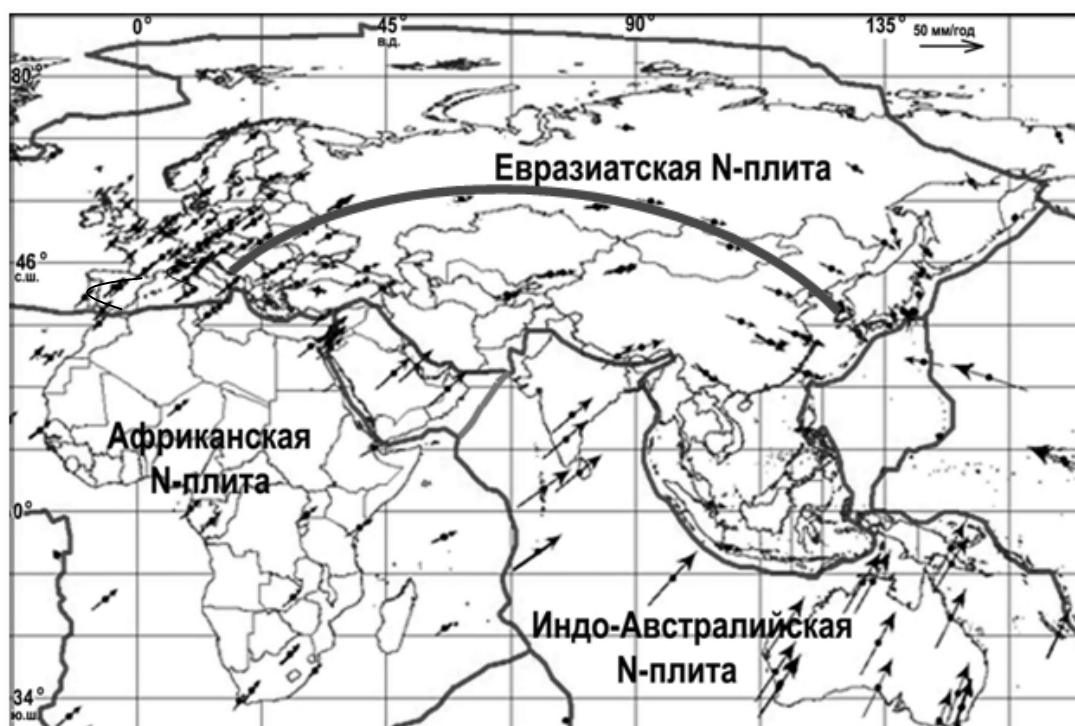


Рис. 2. Вращение Евразийской плиты

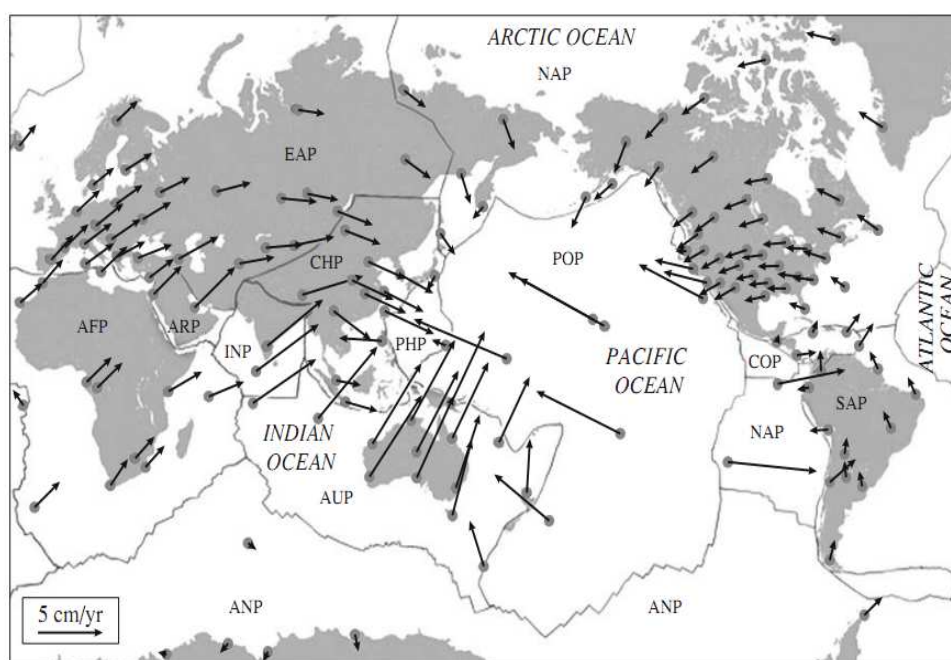


Рис. 3. Вращательные движения основных блоков земной коры

Глобальные движения блоков земной поверхности играют значительную роль в изучении вопросов геодинамики. Обнаруженные вихревые движения в глобальном масштабе говорят об актуальности их изучения и установления их взаимосвязи с геодинамическими явлениями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазуров, Б. Т. Некоторые примеры определения вращательного характера движений земных блоков по геодезическим данным [Текст] / Б. Т. Мазуров // Геодезия и картография. – 2010. – № 10. – С. 58-61.
2. Мазуров, Б.Т. Поля деформаций Горного Алтая перед Чуйским землетрясением [Текст] / Б. Т. Мазуров // Геодезия и картография. – 2007. – № 3. – С. 48-50.
3. Мазуров, Б. Т. Компьютерная визуализация полей постсейсмических смещений и деформаций [Текст] / Б. Т. Мазуров // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 51 – 53.
4. Crustal motion in Indonesia from Global positioning System measurements / Y/ Bock, L/ Prawirodirdjo, J.F. Genrich, C.W. Stevens, R. McCaffrey, C. Subarya, S.S.O. Puntodewo, and E. Calais // Journal of Geophysical Research, Vol. 108, 2003. – P. 1-21.
5. Татевян, С.К. Использование спутниковых позиционных систем для геодинамических исследований [Текст] / С. К. Татевян, С. П. Кузин, С. П. Ораевская // Геодезия и картография. – 2004. – № 6. – С. 33-44.
6. Гатинский, Ю.Г. Блоковая структура и геодинамика континентальной литосферы на границах плит [Текст] / Ю. Г. Гатинский, Д. В. Рундквист, Г. Л. Влагова, Т. В. Прохорова, Т. В. Романюк // Вестник Краунц. Науки о земле. – 2008. – №1. – Выпуск №11. – С. 32-47.
7. Уломов, В.И. О глобальных изменениях сейсмического режима и уровня водной поверхности Земли [Текст] / В. И. Уломов// Физика Земли. – 2007. – №9. – С. 3-17.

© И.Е. Дорогова, К.В. Дербенев, 2012

ОБЗОР КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСКОГО ПРОФИЛЯ

Ольга Игоревна Некрасова

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант кафедры высшей геодезии, тел. (383)343-29-11

Выполнен обзор и анализ компьютерных графических систем для мониторинга объектов горной промышленности, для планирования геолого-маркшейдерских и горных работ. Рассмотрены достоинства различных программных продуктов в горно-маркшейдерской области.

Ключевые слова: компьютерные системы, программное обеспечение, маркшейдерия.

THE REVIEW OF COMPUTER SYSTEMS GEOLOGO-MARKSHEJDESKOGO A PROFILE

Olga I. Nekrasova

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), 10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

A review and analysis of computer graphics systems for monitoring objects Comrade mining, geological planning for mine surveying and mining. We consider the merits of various software products in mining and surveying the region of.

Key words: computer systems, software, mine surveying.

Компьютеризация геолого-маркшейдерских, геодезических, геодинимических работ является одним из главных направлений научно-технического прогресса и активно используется в горной промышленности. Функционально и по принципу построения все они близки между собой. В их состав входит ядро и следующие модули: формирование баз данных (БД); моделирование; подсчет запасов; маркшейдерия; графика; анализ данных; геостатистика; оптимизация карьера по внешнему контуру; проектирование карьера; планирование горных работ; оперативное управление рудопотоками. Кроме указанных в составе пакетов могут быть дополнительные, как правило, узкоспециализированные модули [1].

Современный мировой уровень компьютерных графических систем для горной промышленности отличается разнообразностью, активностью, динамичностью развития, готовностью удовлетворять практически любые специфические требования заказчиков.

К числу наиболее сложных и развитых компьютерных систем в геолого-маркшейдерской области относятся DATAMINE, MICROMINE, VULCAN, SURPAC, TECHBASE, GEOSTAT, INTERGRAPH, GEMCOM GEMS и др. [2].

DATAMINE (Datamine International United Kingdom).

Данная система является одной из наиболее распространенных в мире геоинформационных систем, позволяющая специалистам эффективно решать широкий спектр геологических, геодинамических, горных и маркшейдерских задач. Она работает на всех стандартных платформах со всеми главными операционными системами.

Основные модули Datamine: каркасное моделирование пространственных тел и поверхностей; подземное моделирование; геостатика; моделирование блоков; трехмерная графика; календарное планирование; оптимизация размещений и выемочных блоков на карьерах и подземных рудниках; маркшейдерская съемка; проектирование и планирование открытых горных работ.

Использование данной геоинформационной системы при производстве маркшейдерских работ позволяет оперативно вносить изменения и пополнять графические материалы данными полевых работ, обеспечивать наглядность и информативность графики, проектировать и планировать горные работы, быстро выполнять подсчет запасов различными методами, обеспечивать сохранность информации и быстрый ее поиск.

MICROMINE(Micromine Pty Ltd, AUSTRALIA).

Многофункциональный постоянно обновляемый пакет, состоящий из шести основных модулей и предназначенный для визуализации и интерпретации различных геологоразведочных данных в 3D среде, проведения полного геостатистического анализа, дизайна горных работ. Одна из более дорогостоящих программ.

Содержит следующие модули: геологическая база данных, геофизическая база данных, геостатистика, стратиграфическая модель, блочная модель, проектирование карьера, проектирование шахты, маркшейдерия, проектирование дорог, рекультивация земель, бурение и взрыв, контроль качества, планирование.

Программное обеспечение (ПО) использует много свободных источников данных; упрощает сбор базовых данных [3].

SURPAC Software International (AUSTRALIA, SSI).

Одна из лидеров создания качественной 3D-графики для горных приложений. Цена ниже, чем у аналогичных систем.

Surpac Vision – ПО для геологоразведки, моделирования и подсчета запасов, использования и передачи рудничной информации, проектирования горных выработок, добычных работ и природоохранных исследований. Дает возможность работать с данными всех известных программных продуктов и объектами, созданными при помощи большинства горнодобывающих и геоинформационных программ.

Основные сферы применения: проектирование горных выработок; маркшейдерские работы; геологоразведка; моделирование и подсчет запасов; планирование горных работ; экологические исследования.

Surpac включает в себя полный набор аналитических и моделирующих функций, обеспечивающих воспроизведение физических поверхностей, создание цифровых топографических моделей (ЦТМ) и каркасных моделей, что

дает возможность точной интерпретации геологических зон, рудных тел и проектирования горных выработок [4].

Одним из важнейших достижений пакета Surpac Vision является простота и скорость создания каркасных моделей. Графические функции Surpac позволяют строить геологические планы и разрезы и интерпретировать их на экране монитора.

Быстро и точно производится подсчет объемов выемочных блоков и выработанного пространства. Существуют опции прокладки маркшейдерских ходов под землей, перевода в цифровой формат данных рукописной документации. Функции построения цифровых моделей поверхностей дают возможность с высокой точностью создавать объемные модели рельефа и карьера на разных стадиях планируемой и фактической отработки. Surpac Vision является на сегодняшний день одним из самых востребованных маркшейдерских модулей в мире, представляя собой превосходное средство достижения максимальной эффективности работы.

Surpac располагает специальными математическими функциями, которые позволяют производить оценку техногенных воздействий освоения подземного пространства, в том числе просадок над подземными горными выработками [5].

Преимущества Surpac: эффективность; рациональность; автоматизация и легкость в использовании; многоязычная поддержка программы: Английский, Китайский, Русский, Испанский, Немецкий и Французский [6].

GEMCOM GEMS.

Горно-геологическая система для крупных горнодобывающих промышленных предприятий.

Основные особенности: обеспечивает интерактивную двух- и трехмерную визуализацию обрабатываемых - пространственных данных; открытость системы обеспечивается использованием стандартной СУБД и дополняется возможностью написания и использования программ на языке Visual Basic в среде GEMS; большие возможности импорта-экспорта данных; относительная простота в освоении и эксплуатации.

Решаемые задачи: ведение базы геологических данных; проведение статистического анализа геологической информации; подсчет запасов различными методами; построение блочной геологической модели; детальная обработка маркшейдерских данных; проектирование и планирование горных работ; построение моделей фактических выработок по данным маркшейдерских съемок; перспективное и оперативное планирование горных работ; оптимизация конечных контуров карьера и календарного плана развития горных работ; создание и ведение горно-графической документации.

Объемное и блочное моделирование предоставляет пользователю следующие возможности: возможность построения триангуляционных моделей любых объектов и поверхностей; наличие развитых инструментов создания параллельных сечений и пересекающихся полилиний в каркасных моделях, а также инструментов редактирования (сложение, вычитание, пересечение, изменение триангуляционной сети); построение и модернизация блочных

моделей с заданным размером элементарных блоков и интерполяций содержаний в элементарных блоках моделей.

Преимущества: наличие русскоязычных методических руководств и справочных материалов позволяет быстрее и эффективнее освоить ПО; возможность отслеживания и записи действий пользователей, архивации базы данных, отката действий назад на определенное число шагов; высокий уровень интеграции геологических, инженерных и маркшейдерских функций в единую программную среду и работа со всеми объектами в единой базе данных; удобство работы с планами и разрезами, с графическими объектами; высокий уровень технической поддержки; открытый формат базы данных (Access, SQL) (в отличие от программных продуктов Micromine, Datamine, использующих внутреннюю закрытую файловую структуру хранения данных); высокий уровень разработки инженерных и маркшейдерских функций. Сильный по сравнению с Datamine и Micromine маркшейдерский модуль позволяет работать с приборами любого класса и модели [6].

Для локальных и региональных геодинамических объектов иногда в первом приближении может быть принята гипотеза гомогенности верхнего слоя земной коры. И в этом случае возможен анализ его напряженно-деформированного состояния с использованием двухмерной конечно-элементной модели. В работах [7, 8, 9] для этого использовался программный комплекс Elcut.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. http://www.rusnauka.com/11._NPRT_2007/Tecnic/22161.doc.htm
2. Яковлев, Д.В. Географическая информационная система горного предприятия [Текст] / Д. В. Яковлев, Д. С. Михалевич и др. / Сб.: «Проблемы геодинамической безопасности», II международное рабочее совещание. СПб, Россия, июнь 1997 г. – СПб.: 1997. – С. 60-65.
3. Васильев, П.В. (ВИОГЕМ) Развитие горно-геологических информационных систем [Текст] / П. В. Васильев // Информационный бюллетень. ГИС ассоциация. – 1999 г. – № 2 (19). – С. 32-33
4. <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=2672686>
5. http://grinikkos.com/view_post.php?id=158
6. <http://gems.geostar.kz/?p=177>
7. Мазуров, Б. Т. Поля деформаций Горного Алтая перед Чуйским землетрясением [Текст] / Б.Т. Мазуров // Геодезия и картография. – 2007. – № 3. – С. 48 – 50.
8. Мазуров, Б. Т. Компьютерная визуализация полей постсейсмических смещений и деформаций [Текст] / Б. Т. Мазуров // Геодезия и картография. – 2007. – № 4. – С. 51 – 53.
9. Мазуров, Б. Т. Некоторые примеры определения вращательного характера движений земных блоков по геодезическим данным [Текст] / Б. Т. Мазуров // Геодезия и картография. – 2010. – № 10. – С. 58 - 61.

КАРТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ МЕТОДОМ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ОНЧ ДИАПАЗОНА

Владимир Алексеевич Крутиков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН), 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, директор, заведующий лабораторией геоинформационных технологий, доктор физико-математических наук, тел. 8-913-886-69-79, e-mail: krutikov@imces.ru

Юрий Петрович Малышков,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН), 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, тел. 8-913-820-00-47, e-mail: malyshkov@imces.ru

Василий Федорович Гордеев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН), 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, тел. 8-913-820-00-67, e-mail: gordeev@imces.ru

Сергей Юрьевич Малышков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН), 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, научный сотрудник, тел. 8-913-820-00-27, e-mail: msergey@imces.ru

Виталий Игоревич Поливач

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН), 634055, г. Томск, пр. Академический 10/3, младший научный сотрудник, тел. 8-913-820-00-37, e-mail: Polivach@imces.ru

В статье приведены результаты полевых исследований, пространственных вариаций интенсивности импульсных электромагнитных полей Земли в ОНЧ диапазоне, на площади с различными литологическими и структурными неоднородностями. Предложен новый геофизический метод картирования геологических разломов.

Ключевые слова: естественное импульсное электромагнитное поле Земли (ЕИЭМПЗ), геологический разлом, ОНЧ диапазон, геофизический метод.

GEOLOGICAL FAULT LINES MAPPING USING VLF ELECTROMAGNETIC FIELDS REGISTRATION METHOD

Vladimir A. Krutikov

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IMCES SB RAS). 634055, Tomsk. Director, Head of Laboratory, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, tel. 8 913 886 69 79, e-mail: krutikov@imces.ru

Yury P. Malyshkov

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IMCES SB RAS). 634055, Tomsk. Senior Researcher, Ph.D. tel. 8 913 820 00 47, e-mail: malyshkov@imces.ru

Vasiliy F. Gordeev

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IMCES SB RAS). 634055, Tomsk. Senior researcher, Ph.D. tel. 8 913 820 00 67, e-mail: gordeev@imces.ru

Sergey Yu. Malyshkov

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IMCES SB RAS). 634055, Tomsk. Research officer, tel. 8 913 820 00 27, e-mail: msergey@imces.ru

Vitaliy I. Polivach

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (IMCES SB RAS). 634055, Tomsk. Junior researcher, tel. 8 913 820 00 37, e-mail: Polivach@imces.ru

The paper contains results of the field research on spatial variations of Earth VLF pulse electromagnetic fields intensity on the area with different lithologic and structural heterogeneities. The new method of geological fault lines mapping is suggested.

Key word: natural Earth pulse electromagnetic field, geological fault line, VLF, geophysical method.

В конце прошлого столетия, усилиями Томской научно-исследовательской группы было начато апробирование новых методов обнаружения структурных и литологических неоднородностей земной коры, поиска и разведки месторождений полезных ископаемых. Разрабатываемые методы были основаны на регистрации импульсных электромагнитных полей литосферного происхождения.

Поиск неоднородностей осуществлялся на основе регистрации естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) литосферного происхождения. Импульсы электромагнитного поля в ОНЧ диапазоне, несущие информацию о строении земной коры и используемые в данном способе, возникают в массивах горных пород вследствие естественного, постоянно существующего геодинамического, приливного движения земной коры и глубинных деформационных волн, создаваемых эксцентричным вращением внутреннего твердого ядра Земли и ее оболочкой

[1]. Процессы механоэлектрических преобразований энергии, вызванные этими явлениями, сопровождаются потоком электромагнитных импульсов, интенсивность и амплитудно-частотный состав которых определяется структурным и литологическим строением подстилающих пород.

Основополагающим вопросом применения методов регистрации ЕИЭМПЗ в решении геофизических задач является вопрос о «глубинности» этих методов. Наши многолетние исследования убеждают, что естественные импульсные электромагнитные поля Земли несут информацию и о процессах, происходящих на глубине нескольких и даже нескольких десятков километров [2].

Не останавливаясь далее на механизмах возникновения естественного импульсного электромагнитного поля Земли, отметим важный момент, который необходимо учитывать при использовании естественного импульсного электромагнитного поля Земли в решении геофизических задач. Таким моментом является существенная неравномерность регистрируемого потока импульсов в течение суток и года [2]. В большинстве случаев геофизические измерения занимают не больше 10-20 дней. Поэтому годовые вариации полей, как правило, не приводят к существенным ошибкам. Исключение могут составлять работы, выполняемые в апреле и сентябре месяцев, когда интенсивность сигнала меняется с максимальной скоростью. Более существенные ошибки могут возникать за счет влияния внутрисуточных вариаций полей. Интенсивность потока импульсов, например, в утренние часы в летнее время в среднем может отличаться в пять - десять раз от интенсивности сигнала в послеполуденное время суток. Поэтому задача учета временных вариаций ЕИЭМПЗ требует специальной разработки.

При проведении геофизических поисковых работ нами используется метод разделения временных и пространственных вариаций полей, основанный на синхронной регистрации сигнала двумя или несколькими приборами. Для этих целей в настоящее время разработан программно-аппаратный комплекс на основе многоканального геофизического регистратора «МГР-01».

При проведении поисковых геофизических работ один из регистраторов служит в качестве базовой (неподвижной) станции, регистрирующей только временные вариации электромагнитных полей. С помощью других приборов проводят измерения параметров ЕИЭМПЗ по маршрутам, пересекающим исследуемую территорию. Маршрутные станции, в отличие от базовых, реагируют как на временные вариации полей, так и на изменение сигнала, вызванного изменением структуры подстилающих пород и их активности. Интерпретация результатов на исследуемой территории делается после удаления из зарегистрированных пространственно-временных вариаций полей временных составляющих. Разделение пространственных и временных вариаций осуществляется по специально разработанной методике.

При использовании разработанного комплекса, по сравнению с сейсморазведочными методами, не требуется подготовки профилей, взрывных работ, работы могут выполняться одним - двумя операторами в пешем варианте или с использованием любого вида наземного транспорта. За счет этого

снижается в несколько раз трудоемкость, себестоимость и сроки выполнения работ.

Приведем результаты полевых наблюдений по трассе проходящей по территории с известным геологическим строением, в частности через три зоны разломов верхнепалеозойского или мезокайнозойского возраста, разной кинематики, отразившиеся в строении комплекса пород и намеченные по результатам традиционных геофизических методов: горизонтальные сдвиги и сбросы или взбросы. Линейные аномалии, отождествляемые с крутопадающими обводненными зонами повышенной трещиноватости пород и с тектоническими нарушениями дизъюнктивного и пликативного характера (коленчатые изгибы моноклинально залегающих слоев).

Измерения проводились от 150,0 до 172,0 км, через 25 м. На каждой физической точке время измерения составляла 2 мин. Для достоверности результатов выборочно проводились повторные измерения в местах, где при первом проходе были обнаружены аномальные значения пространственных вариаций интенсивности сигналов ЕИЭМПЗ.

На рис. 1 представлены результаты маршрута №1 от 151,5 до 153,2 км, пересекающего аномалию, отождествленную с крутопадающей обводненной зоной повышенной трещиноватости пород (151,8 – 152,0 км) и линеаменты обнаруженные по протяженному изменению гравитационного поля (151,5 км). На графике, статистически достоверно, наблюдается экстремум интенсивности ЕИЭМПЗ в этой области, что, по видимому, обусловлено вышеуказанными нарушениями в строении земной коры.

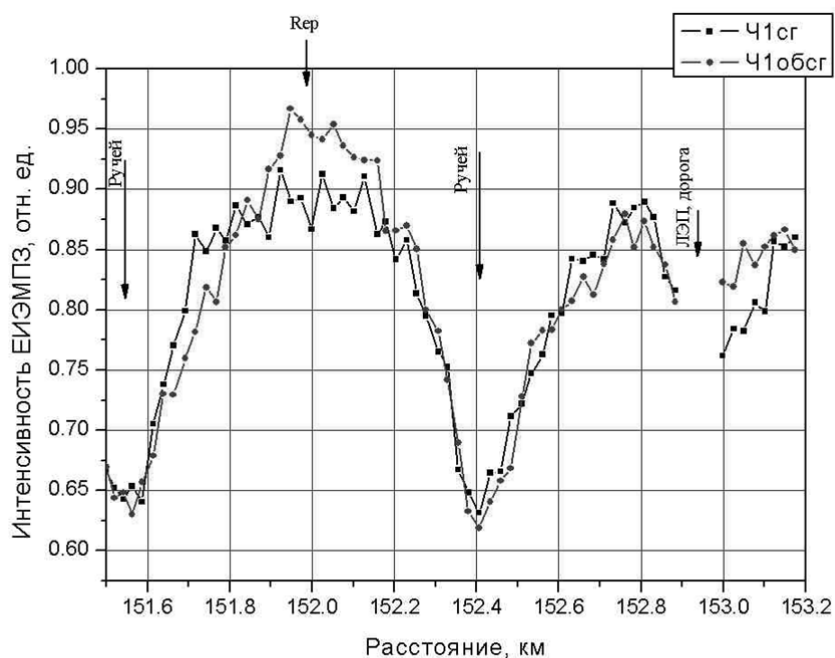


Рис. 1. Пространственные вариации интенсивности ЕИЭМПЗ по маршруту №1, при прямом (Ч1сг) и обратном ходе (Ч1обсг)

Маршрут №2 от 155 до 159,5 км пересекал разлом (155,5 – 157,0 км) и тектоническое нарушение дизъюнктивного и пликативного характера (158,7 км). На рис. 2 представлены результаты изменения интенсивности импульсного потока ЕИЭМПЗ по маршруту №2.

Из рисунка видно, что борта разлома и линеаменты выявленные картированием гравитационного поля проявились повышенной интенсивностью сигнала ЕИЭМПЗ.

На рис. 3 представлены результаты исследований пространственных вариаций ЕТЭМПЗ от 162 до 172,5 км, маршрут пересекал два разлома, аномалию повышенной трещиноватости и линеамент гравитационного поля. Из рисунка видно, что все границы геологических нарушений, кроме одного борта разлома на 162,0 км, проявились в виде повышения интенсивности сигнала. Следует отметить, что измерения проводились дважды от 167,5 до 172,5 км. Аномалии ЕИЭМПЗ хорошо воспроизводятся при повторных измерениях.

В заключение подчеркнем наиболее важную особенность предложенного метода, обеспечивающую преимущества данного способа геофизической разведки по сравнению с другими.

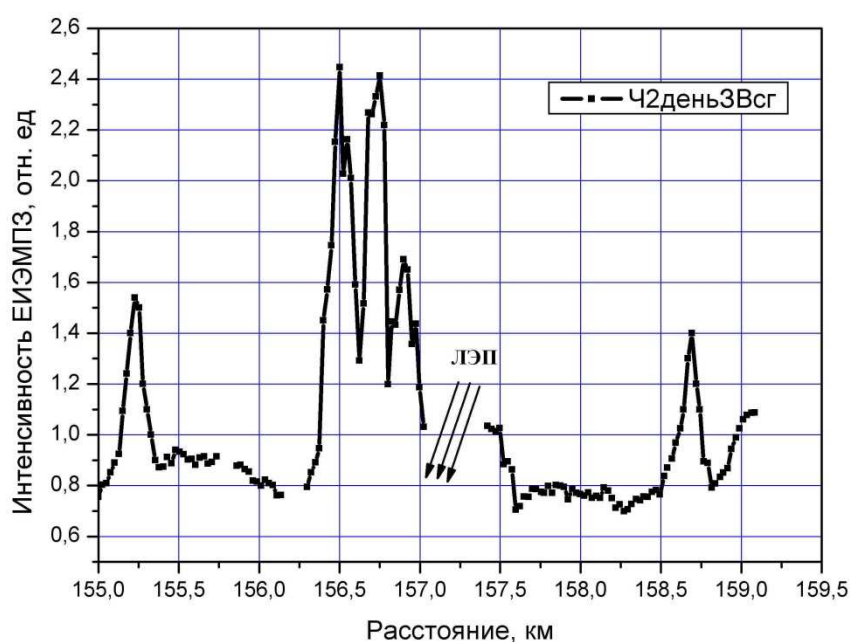


Рис. 2. Пространственные вариации интенсивности ЕИЭМПЗ по маршруту №2

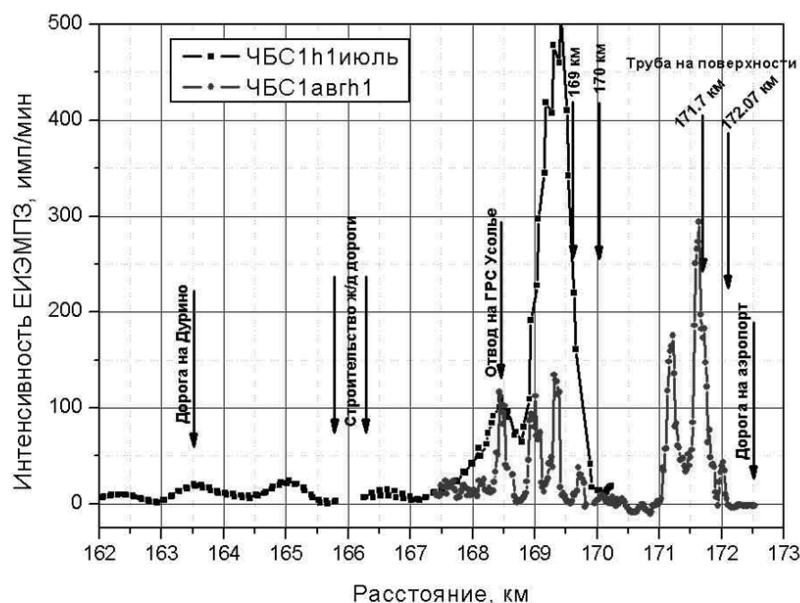


Рис. 3. Пространственные вариации интенсивности ЕИЭМПЗ по маршруту от 162,0 до 172,5 км

Источниками сигналов в горных породах являются литологические и структурные неоднородности, генерирующие сигнал за счет микродвижения горных пород, вызванных естественными процессами в земной коре. Это обеспечивает экологичность метода, его избирательную чувствительность к границам всевозможных геологических структур.

Предложенный способ геофизической разведки совмещает в себе положительные моменты электроразведочных и сейсморазведочных способов. По сравнению с сейсморазведкой предлагаемый способ не требует специальной подготовки профилей, взрывных работ, значительно снижается трудоемкость, себестоимость и сроки выполнения геофизических работ.

Как показано в наших работах характеристики ЕИЭМПЗ оказываются чрезвычайно чувствительными не только к границам структурных и литологических неоднородностей земной коры, но, что не менее важно (в плане практического применения), к напряженно-деформированному состоянию массивов горных пород. Предложены способы выделения как глобальных пространственно-временных вариаций ЕИЭМПЗ, так и региональных и мелкомасштабных вариаций. Выявляя вариации различного масштаба можно прогнозировать время энергию и координаты эпицентров готовящихся землетрясений [3], активизацию опасных оползневых процессов и провалов грунта на территориях бывших шахтных выработок [4].

Уже на данном этапе, метод получил широкое практическое применение в инженерной геологии для оценки устойчивости оползневых склонов и определения напряженно-деформированного состояния грунтов на подрабатываемых территориях.

Работа выполнена в рамках проекта ИМКЭС СО РАН по интеграционной программе Президиума РАН №4 «Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики» (координатор – академик Лавёров Н.П.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The Earth's Core: Structure, Properties and Dynamics, Editors: Jon M. Phillips, 2012 Nova Science Publishers, Inc. ISBN: 978-1-61324-584-2 (Chapter 6, Yury P. Malyshkov, Sergey Yu. Malyshkov Eccentric Motion of the Earth's Core and Lithosphere: Origin of Deformation Waves and their Practical Application pp. 115-212.

2. Малышков, Ю.П. Периодические вариации геофизических полей и сейсмичности, их возможная связь с движением ядра земли [Текст] / Ю. П. Малышков, С. Ю. Малышков, // Геология и геофизика. – 2009. – №2. – С. 152-172.

3. Малышков Ю.П., Джумабаев К.Б., Малышков С.Ю., Гордеев В.Ф., Шталин С.Г., Масальский О.К. Способ прогноза землетрясений. – Патент РФ № 2238575, выдан 20.10.2004. – Бюл. № 29.

4. Гордеев, В.Ф. Оценка напряженно деформированного состояния горных пород по трассам магистральных газопроводов методом регистрации радишумов земли в ОНЧ диапазоне [Текст] / В. Ф. Гордеев, С. Ю. Малышков, В. И. Поливач, С. Г. Шталин // Сб. материалов VII Международного научного конгресса «ГЕО-СИБРЬ-2011», 19-21 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: 2011. – Т. 1. – Ч.1. – С. 127-132.

© В. А. Крутиков, Ю. П. Малышков, В. Ф. Гордеев,
С. Ю. Малышков, В. И. Поливач, 2012

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ГУБКИНСКОМ НЕФТЕГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Михаил Леонидович Юрьев

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 625048, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, ведущий инженер, тел. (3452)688-791, e-mail: sussel@mail.ru

Юрий Владимирович Васильев

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 625048, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, к.г.-м.н., заведующий сектором, тел. (3452)688-791, e-mail: sussel@mail.ru

Андрей Юрьевич Белонос

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 625048, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, кандидат технических наук, заведующий сектором, тел. (3452)688-791, e-mail: sussel@mail.ru

Александр Васильевич Радченко

Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 625048, г. Тюмень, ул. Таймырская, 74, к. г.-м. н., с.н.с., тел. (3452)688-791, e-mail: sussel@mail.ru

В статье приводится описание этапов создания геополígона – проектирование, закладка пунктов, деформационный мониторинг. Рассматриваются результаты циклов высокоточных геодезических измерений, полученные различными организациями. Выполнен анализ взаимосвязи деформационных процессов с разработкой месторождения.

Ключевые слова: геодинамика, геодинамический мониторинг.

RESULTS OF GEODINAMICAL MONITORING GUBKINSKY GAS&OIL FIELDS

Michael L. Yur'ev

leading engineer, West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Tyumen, Taimirskaya str. 74, tel. (3452)688-791, e-mail: sussel@mail.ru

Yuriy V. Vasil'ev

PhD, head of department, West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Tyumen, Taimirskaya str. 74, tel. (3452)688-791, e-mail: sussel@mail.ru

Andrei Yu. Belonosov

PhD, head of department, West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Tyumen, Taimirskaya str. 74, tel. (3452)688-791, e-mail: sussel@mail.ru

Aleksandr V. Radchenko

PhD, senior researcher, West-Siberian Affiliate of Institute of petroleum geology and geophysics SB RAS, 625048, Tyumen, Taimirskaya str. 74, tel. (3452)688-791, e-mail: sussel@mail.ru

The stages of creating of geodynamical polygon, design, allocation of observation points, methods of observation are described. The results of series of measurements conducted by various organizations are reviewed. The analysis of the results of research is made.

Key words: geodynamics, geodynamical monitoring.

Губкинское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в Пуровском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области, в 10 км севернее г. Губкинский. На месторождении три недропользователя: ЗАО «Пургаз» ведет разработку газа (пласт ПК1), добычу нефти осуществляет ООО НК «РН-Пурнефтегаз» и ООО «Пурнефть».

Месторождение вытянуто с севера на юг – 70 км, с запада на восток – 20 км. На территории южного участка построены УКПГ и ДКС, введено в эксплуатацию 29 кустов (80 скважин) на добычу газа, ведутся буровые работы на добычу нефти. Построена дорога с твердым покрытием и сеть промысловых нефтепроводов. В границах горного отвода месторождения расположены НПС «Пурпейская», ж/д станция и поселок Пурпе.

Целью создания геодинамического полигона (ГДП) является определение влияния разработки месторождения на вертикальные и горизонтальные перемещения земной поверхности, прогноз возможных последствий, обеспечение геодинамической безопасности и охрана недр.

Геодинамический полигон был создан в 2000 году Сибирской государственной геодезической академией (СГГА, г. Новосибирск). Выполнена закладка 46 пунктов наблюдений (конструкция тип 150 для средней области и северной зон области многолетней мерзлоты), который представляет собой металлическую трубу Ø 60 мм, в верхней части которой приварена геодезическая марка, а в нижней части буровой спиральный наконечник (шнек) Ø 100 мм и длиной 0.8 м. Глубина закладки составляла 4.0 м.

Пункты ГДП являются плановой и высотной основой для наблюдений. Плановая сеть полигона представляет собой пространственное геодезическое построение в виде сплошной сети, пункты которой равномерно покрывают территорию месторождения, и охватываю зону деформаций земной поверхности. На юге участка пункты полигона вынесены за контур действующего месторождения на расстояние 5 км.

Высотная сеть полигона представлена линиями высокоточного нивелирования, проложенными по пунктам наблюдательной сети. Данные линии образуют два основных профиля. Один проходит по простиранию структуры в меридиональном направлении, другой с юго-запада на северо-восток по разрабатываемой площади. От некоторых пунктов проложены «висячие» ходы для получения площадной информации деформации земной поверхности. Все нивелирные линии проходят по существующим в районе месторождения автомобильным дорогам. На юго-западе и северо-востоке участка линии опираются на реперы, заложенные вне зоны действия техногенных процессов.

Гравиметрическая сеть полигона создана по двухступенчатой системе и делится на каркасную и рядовую. Гравиметрические работы проводились только в 2000 году.

В 2000 году был выполнен комплекс геодезических измерений (nivelirovaniye I klassa (57 punktov), sputnikovyye nabludeniya (50 punktov), vysokotочная gravimetriya), тем самым было создано плано-высотное обоснование полигона.

В результате проведения данных работ был сделан вывод, что координаты и высоты пунктов ГГС имеют более низкую точность, чем спутниковые измерения. Использование координат при уравнивании ведёт к деформации спутниковой сети и снижению её точности. Координаты пунктов спутниковой сети в СК-42 могут быть использованы для инженерных топографо-геодезических и маркшейдерских работ, выполняемых на территории полигона, но не для целей и задач геодинимических наблюдений.

Следующий цикл наблюдений был проведен в 2006 году предприятием ФГУП «ЗапсибАГП». Схема нивелирной сети отличалась от сети 2001 года. Это было вызвано утратой некоторых пунктов наблюдений. В сеть наблюдений было включено 20 пунктов. Спутниковые измерения были проведены по программе расстановок, отличной от программы 2000 года. Несмотря на выводы по результатам 2000 года, работы проводились в СК-42. В результате анализа высотных отметок по данным высокоточного нивелирования получена средняя величина суммарной осадки - 40 мм.

В 2009 году возобновлены работы предприятием ООО «Центр инженерных геотехнологий». Разработаны дополнения к техническому проекту на производство работ по созданию Губкинского техногенного геодинимического полигона, который предусматривал закладку дополнительных 15 пунктов в районе поселка и железнодорожной станции Пурпе.

Месторождение находится в зоне распространения процессов сезонного пучения. В связи с этим конструкция глубинных реперов была спроектирована с учётом влияния многих факторов, одним из которых является изменение абсолютной отметки вследствие сезонного пучения. Для этого при монтаже использовалась обсадная труба (глубина 3м), для защиты реперной трубы от сезонных вертикальных колебаний. Также была увеличена глубина закладки якоря реперной трубы до 8 метров.

В 2009 году, после проведения закладки пунктов, были проведены геодезические работы, целью которых являлось определение высотных отметок заложенных реперов усовершенствованной конструкции для последующего анализа их устойчивости, а также сравнение по точности измеренных величин превышений между пунктами разными методами – высокоточного нивелирования и спутниковых измерений.

В результате данных работ был сделан вывод, что абсолютные отметки без использования модели геоида, при обработке спутниковых наблюдений, сильно отличаются от результатов нивелирования. Использование модели EGM-1996 (Earth Gravity Model-1996) также не дало положительного результата в данных широтах. При обработке с EGM-2008, были получены абсолютные отметки, отличающиеся от отметок нивелировании на $\pm 4-7$ мм.

Работы в 2010 году исполнителем ООО «Сибгеокарта» включали высокоточное нивелирование – 24 пункта и спутниковые наблюдения – 26

пунктов. Для получения координат пунктов плановой сети полигона в системе координат 1995 г. сеть, созданная в 2000 г., была привязана спутниковыми измерениями к двум пунктам триангуляции и к одному нивелирному знаку.

В 2011 году работы на геодинимическом полигоне выполняло предприятие ООО «Сибирская геодезическая компания». Данный годовой цикл наблюдений состоял из высокоточного нивелирования и спутниковых наблюдений по 34 пунктам ГДП. Для получения координат пунктов плановой сети полигона использованы координаты пяти пунктов триангуляции в СК-42.

Таким образом, по результатам выполнения пяти циклов наблюдений разными исполнителями и отсутствие чёткой программы производства работ, не дало возможности проанализировать и спрогнозировать результаты. Для корректировки результатов проведённых циклов наблюдений необходимо наличие «сырых» данных спутниковых измерений. Из-за постоянных изменений сети нивелирования, сопоставление абсолютных отметок удалось выполнить только по 21 пункту. Величины суммарных осадок за период 2000-2011 годы составили от -60 до -216 мм, при среднем значении -100 мм.

Поскольку высокоточные геодезические измерения на геодинимических полигонах требуют строгого подхода к методике выполнения работ, то наличие 5 исполнителей работ за период с 2000 по 2011 годы сильно повлияли на качество работ в целом и возможность сопоставления результатов наблюдений.

С 2003 года по настоящее время ЗСФ ИНГГ СО РАН выполняются работы по анализу разработки газовой залежи недропользователя ЗАО «Пургаз» на деформационные процессы. Системный подход к выявлению условий формирования оседания земной поверхности осуществлялся включением в анализ разработки данных производственного экологического мониторинга, мониторинга пресных подземных вод, мониторинга закачки хозяйственно-бытовых сточных вод, промыслово-геологического мониторинга.

Поскольку современные геодинимические процессы, при техногенной нагрузке от разработки месторождений – это сложный комплекс взаимосвязанных деформационных, сейсмических и флюидодинамических процессов возникающих, как правило, в зонах локальных структурных неоднородностях геологической среды (разломы, природная и техногенная трещиноватость, плотностные неоднородности), выполнены работы по геодинимическому районированию и созданию пластово-блочной модели месторождения. Это позволило на основе линеаментного анализа и геолого-тектонических построений выявить динамически-напряженные зоны (ДНЗ), которые являются активной границей геоблоков. С позиций палеогеологических условий, геодинимики, неотектоники и фундаментальной тектоники рассмотрена и проанализирована динамика формирования блочных структур и приуроченность к ним мест скопления углеводородов. Это в свою очередь позволило использовать данные показателей падения пластовых давлений при техногенной нагрузке от разработки месторождения, а блочное строение как возможный природный фактор разломообразования и деформирования массива недр.

С 2007 года проводилась интерферометрическая обработка радиолокационных космических снимков. Данный метод, позволил получить площадные оценки вертикальных деформаций земной поверхности и при не высокой точности измерений, явился как дополнительный метод. Для расчета смещений земной поверхности использованы данные с космического аппарата ALOS/PALSAR. Снимки получены при съемке в режиме двойной комбинации поляризаций (Fine Beam Dual) с разрешением 10м. Максимальное оседание земной поверхности, полученное данным методом за период 2008 – 2011 гг., составило – 30мм.

Таким образом, системный подход за изучением деформационных процессов на геодинамическом полигоне, позволил определить оседания земной поверхности по трем методам наблюдений: нивелированию, интерферометрии, показателям разработки. Сопоставительный анализ, полученный по результатам этих методов (рис. 1), позволяет сделать выводы о наличии корреляционной связи падения пластовых давлений на 30 атм. (с 80 до 50 атм., за период 1999 – 2011 гг.), с величиной оседания – 30 мм. (2008 – 2011 гг.), выявленной по результатам радиолокационной съёмки и геометрическим нивелированием – 100 мм. (2000 – 2011 гг.).

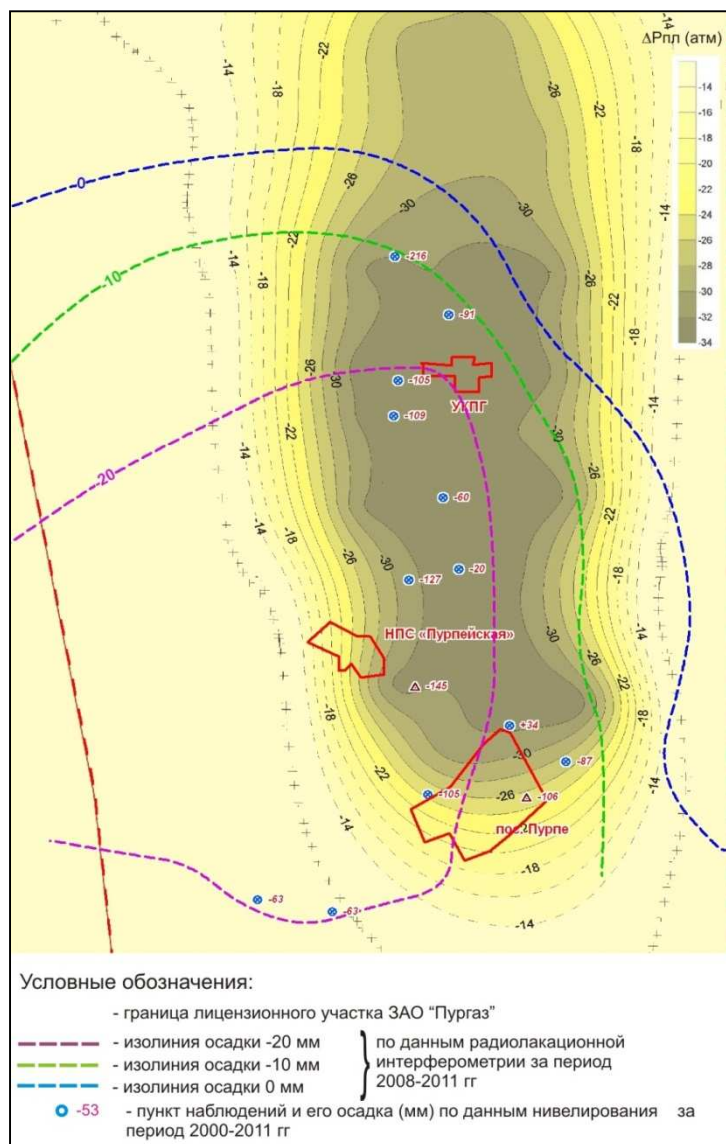


Рис. 1. Схема падения пластовых давлений с 1999 – 2011 гг., совмещённая с данными о деформациях земной поверхности методами радиолокационной интерферометрии (2008-2011 гг.) и высокоточного нивелирования (2000-2011гг.)

© М.Л. Юрьев, Ю.В. Васильев, А.Ю. Белоносов, А.В. Радченко, 2012