

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОУ ВПО «СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»

ГЕО-СИБИРЬ-2009

Т. 1

ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ

ч.1

Сборник материалов
V Международного научного конгресса

Новосибирск
СГГА
2009

УДК 528:528.9:622.1
С 26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор, ректор СГГА, Новосибирск
А.П. Карпик

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

Кандидат технических наук, генеральный директор ФГУП «Сибгеоинформ»,
Новосибирск
В.И. Обиденко

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

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

С 26 ГЕО-Сибирь-2009. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 1: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апреля 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 324 с.

ISBN 978-5-87693-324-9 (т. 1, ч. 1)

ISBN 978-5-87693-320-1

В сборнике опубликованы материалы V Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009» направления «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия».

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

УДК 528:528.9:622.1

ISBN 978-5-87693-324-9 (т. 1, ч. 1)

ISBN 978-5-87693-320-1

© ГОУ ВПО «Сибирская государственная
геодезическая академия», 2009

К 100-ЛЕТИЮ КОНСТАНТИНА ЛЕОНТЬЕВИЧА ПРОВОРОВА

3 сентября 2009 года исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося ученого-геодезиста, лауреата премии им. Ф.Н. Красовского, Заслуженного работника геодезии и картографии, почётного члена ВАГО, доктора технических наук, профессора Константина Леонтьевича Проворова.

Константин Леонтьевич прожил интересную, богатую яркими событиями и славными делами жизнь. Родился он в г. Ульяновске в семье служащего. Начало его жизненного пути не предвещало того, что Константин Леонтьевич станет выдающимся ученым. Во время учебы в средней школе он увлекался музыкой, основами которой овладел самостоятельно. Мальчик был настолько одарен природой, что уже с 13 лет играл в штатных гражданских и военных оркестрах и даже занимал призовые места на солидных, по тому времени, конкурсах. Много позднее, организовав оркестр в Новосибирском аэрогеодезическом предприятии, Константин Леонтьевич мог каждому из музыкантов продемонстрировать игру на любом инструменте. Однако музыка оказалась не главным увлечением юноши, ибо его все более и более привлекала математика. Однако жизнь распорядилась по-своему. В 1928 году Проворов поступил на двухгодичные землеустроительные курсы, после окончания которых работал прорабом по землеустройству в подразделениях Госземтреста городов Оренбурга и Самары. Одновременно он продолжал самостоятельно изучать высшую математику, да так основательно и глубоко, что в последствии неоднократно поражал окружающих своими знаниями.



Константин Леонтьевич
Проворов (1909–1992)

В 1932-33 годах К.Л. Проворов работает техником-геодезистом в Аэрофотогеотресте г. Саратова. В 1933 году его призывают в армию, и до 1934 года он служит младшим командиром в 114-м арtpолку в г. Ульяновске. После службы в армии Константин Леонтьевич с семьей переезжает в Сибирь. С этого времени и до последних дней жизни его трудовая деятельность была связана с развитием геодезической науки и топографо-геодезического производства в Восточных районах нашей Родины. Сначала он работает инженером-

геодезистом в КрайЗУ г. Омска, а с 1935 года – инспектором и старшим инспектором ОблЗУ г. Новосибирска.

В 1937 году К.Л. Проворов переходит на работу в систему Главного управления геодезии и картографии начальником вычислительного цеха Новосибирского аэрогеодезического предприятия. В 1939 году он назначается заместителем главного инженера, а с 1944 по 1953 год работает главным инженером крупнейшего в стране и единственного в то время за Уралом предприятия.

На этом поприще в полной мере раскрылись его незаурядные организаторские и аналитические способности. Под руководством К.Л. Проворова выполнялись работы, связанные с развитием астрономо-геодезической и нивелирной сетей в районах Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и Охотском побережье, в Якутии и на Крайнем Севере. Создание карт на необжитые малоисследованные районы явилось большой заслугой отечественных геодезистов и вывело нашу страну по топографической изученности в один ряд с ведущими государствами мира.

Невероятно, но факт: всеми этими работами руководил человек, не имеющий даже среднетехнического образования. Какую же надо было иметь силу воли, целеустремленность, трудолюбие и ответственность, какими поразительными математическими способностями обладать, чтобы одновременно овладевать знаниями и руководить сложнейшим производством!

В 1948 году руководство НИИГАиК, по инициативе и при активном участии академика В.В. Попова, добивается в министерстве, чтобы Константину Леонтьевичу, в порядке исключения, разрешили экстерном сдать экзамены в высшем учебном заведении. И вот, в возрасте почти сорока лет, работая главным инженером крупнейшего предприятия, без отрыва от производства за четыре месяца он с отличием оканчивает вуз.

Поразительно! В геодезии это, пожалуй, единственный подобный случай.

В 1953 году в течение пяти месяцев К.Л. Проворов по распоряжению ГУГК работает в г. Пятигорске начальником Госгеонадзора. В начале пятидесятых годов судьба связала Константина Леонтьевича с выдающимся отечественным геодезистом и ученым профессором А.И. Дурневым. Он заинтересовался оригинальностью идей в области актуальных проблем геодезии, которые занимали геодезиста-практика, и предложил К.Л. Проворову поступить к нему в аспирантуру. Министерство опять сделало исключение, и 44-летнему инженеру разрешили сдавать экзамены в очную аспирантуру.

На всю кандидатскую диссертацию, включая подготовку рукописи, Константину Леонтьевичу потребовалось всего полтора года. Высшая аттестационная комиссия высоко оценила эту научную работу и присвоила ему в 1954 году сразу ученую степень доктора технических наук и одновременно ученое звание профессора. Случай редчайший.

С 1954 года К.Л. Проворов снова работает в г. Новосибирске, но уже в НИИГАиК проректором по учебной и научной работе и одновременно заведующим кафедрой инженерной геодезии. Он становится первым за Уралом профессором и доктором наук в области геодезии.

В 1956 году Константин Леонтьевич возглавил НИИГАиК, ректором которого трудился до середины 1970 года. Этот временной отрезок характеризовался бурным ростом, расцветом НИИГАиК. В институте появились новые геодезические и специальные кафедры: инженерной геодезии, физики и радиогеодезии, вычислительной математики, астрономии и гравиметрии. Причем первые три Константин Леонтьевич в разное время с присущим ему талантом возглавлял. В 1957 году при его активном содействии были открыты станция наблюдений за искусственными спутниками Земли, научно-исследовательский сектор, новый учебный геодезический полигон, на котором познакомились с основами полевых работ многие тысячи студентов. Двумя годами позже было создано заочное отделение, которое затем в 1960 году переросло в заочный факультет.

Народное хозяйство страны испытывало острый дефицит в инженерных кадрах геодезистов, оптиков. Ректор К.Л. Проворов добился в министерстве увеличения контингента студентов геодезических специальностей и открытия нового оптического факультета с созданием целого ряда новых кафедр. Стало не хватать учебных площадей, и К.Л. Проворов добился начала строительства нового комплекса (ныне всем хорошо известного) института, включающего учебный и лабораторный корпуса, спортивный и актовый залы, столовую, два общежития, жилой дом для преподавателей и сотрудников. С вводом в строй учебного и лабораторного корпусов в 1970 году общая учебная площадь института увеличилась с 2.5 до 19.4 тыс. кв. метров, т. е. почти в 8 раз.

Перу профессора К.Л. Проворова принадлежат более 100 научных и научно-методических работ. Здесь монографии и научные статьи, учебники и учебные пособия, научно-технические отчеты и разработки. Научные работы К.Л. Проворова всегда отличались оригинальностью постановки задачи и четкостью их разрешения. При этом поразительно не только количество, а то, что выбранный однажды темп научного творчества Константин Леонтьевич поддерживал до последних лет своей работы в институте.

Круг интересов К.Л. Проворова был чрезвычайно широк и разнообразен. Трудно указать такой раздел геодезии, который не привлекал бы его внимания. Перу Константина Леонтьевича принадлежит хорошо известный всем геодезистам и дважды переиздававшийся учебник «Радиогеодезия». Однако основной темой научного творчества К.Л. Проворова на протяжении всей жизни оставались исследования в области построения государственной сети страны. Он первым из отечественных ученых на базе положений теории вероятности и математической статистики дал исчерпывающий анализ качества этой сети. Полученные результаты коренным образом изменили взгляд на ряд вещей и легли в основу совершенствования государственной астрономо-геодезической сети 1-го и 2-го классов, создаваемой в конце XX века.

Фундаментальные исследования Константина Леонтьевича в области оценки точности геодезических сетей сконцентрированы в монографиях «О точности сплошных сетей триангуляции» и «О построении сплошных сетей триангуляции», в отчетах по НИР, многочисленных статьях. Результаты этих

приоритетных исследований вошли в справочники, учебники, на них опирались целые поколения отечественных и зарубежных исследователей, занимающихся проблемами развития геодезических сетей и их уравниванием.

Свои богатейшие теоретические знания и практический опыт профессор К.Л. Проворов умело и щедро передавал многочисленным ученикам-аспирантам и соискателям. Под его руководством было подготовлено и защищено 24 кандидатских диссертации.

Многие из его учеников в свою очередь стали крупными руководителями производства, талантливыми учеными, ведущими преподавателями.

Самоотверженный труд Константина Леонтьевича Проворова на протяжении всей его жизни был оценён Родиной. Он награжден орденом «Знак почета», двумя орденами Трудового красного знамени, семью медалями и восемью отличительными знаками.

Многое меняется с годами. Но применительно к Константину Леонтьевичу неизменным оставалось одно – набранная научная высота и глубокая человечность. Те качества, за которые уважали профессора Константина Леонтьевича Проворова и ученики, и коллеги, и все, кому посчастливилось быть с ним знакомым.

СОДЕРЖАНИЕ

Энемарк Стиг Геодезисты в эпоху глобализации.....	14
Кнауб Вальдемар О деятельности фирмы VMT GmbH.....	23
Дерен Ли Новая эра геоинформации.....	35
Юхас Геза Петер Геоданные в национальной информационной системе регионального развития и пространственного планирования (TEiR) .	54
Кнооп Ханс Международная организация по стандартизации и европейский комитет по стандартизации землеустройства, кадастра, топографии и геодезии - немецкий вклад в европейскую инфраструктуру пространственных данных	56
Ризос Крис, Джоэль ван Крейненброк Деформационный мониторинг с использованием принципов «Сеть ГНСС – кинематика реального времени»: анализ нового подхода.....	58
Застрау Йорген Современные информационные системы в университете Хафенсити Гамбурга	60
Карпик А.П., Лисицкий Д.В.Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы	66
Карпик А.П., Стефаненко Н.И. Оценка состояния Саяно-Шушенской плотины в период нормальной эксплуатации по данным геодезических измерений.....	73
Хорошилов В.С. Технологические решения при разработке экспертной системы для оптимального геодезического обеспечения инженерных объектов.....	87
Дементьев Ю.В. Изменение ускорения силы тяжести под действием атмосферного давления	93
Малков А.Г. Об оценке точности измерения превышений на станции геометрического нивелирования	95
Елагин А.В. Вычисление высот квазигеоида по глобальным моделям геопотенциала.....	98
Мухачев Г.В., Жуков Б.Н. Диагностирование технического состояния сооружений Саяно-Шушенской ГЭС с применением геодезических методов и средств измерений.....	103
Полещенков В.Н., Любивая Л.С. К вопросу преобразования геоцентрических декартовых координат в геодезические	109
Полещенков В.Н., Любивая Л.С. Точность обработки снимков цифровых фотоаппаратов по программе mapphoto при обновлении крупномасштабных планов для целей проектирования и строительства	113
Астраханцев В.Д., Золотарев И.И. Выбор оптимальной технологии геодезических работ.....	116
Вовк И.Г. Оценка состояния техногенных систем по геодезическим данным	119
Максименко Л.А., Журавлев Д.Е. О сопоставимости результатов наблюдений осадки здания с теоретическими расчетами грунтового	

основания	123
Виноградов А.В. Особенности вычисления площади участка на застроенной территории	127
Виноградов А.В. Определение площади физической поверхности участка по способу итераций	131
Тетерин Г.Н., Тетерина М.Л. Древние измерительные системы и два принципа влияния (ПВГ и П4Н).....	137
Гринь Г.А., Мурзинцев П.П. Опыт использования гидрографического оборудования при инспекции подводных трубопроводов ОАО «Газпром»	140
Середович В.А., Середович А.В., Иванов А.В., Радченко А.В. Опыт применения наземного лазерного сканирования для определения объемов зерна на складах аграрных предприятий.....	150
Середович В.А., Середович А.В., Комиссаров А.В., Радченко А.В., Дементьева О.А., Радченко Л.К., Усиков А.В. Особенности создания цифровых моделей городских территорий средствами наземного лазерного сканирования	153
Середович В.А., Середович А.В., Иванов А.В., Карпов А.К. Применение наземного лазерного сканирования для съемки разрезов и подсчета запасов руды.....	158
Дементьева О.А., Середович А.В. Применение наземного лазерного сканирования в комплексе изыскательских работ по реконструкции технологических объектов	161
Карев П.А., Калюжин В.А., Павлова А.И. О точности горизонтальных проложений наклонных расстояний, измеряемых современными геодезическими приборами.....	167
Афонин К.Ф. О выборе размеров зон в проекции Гаусса-Крюгера.....	173
Столбов Ю.В., Столбова С.Ю., Нагаев Д.О. Расчет точности геодезической разбивки и контроля вертикальных отметок поверхностей оснований и покрытий автомобильных дорог.....	177
Столбова С.Ю., Савицкий И.П., Кокуленко К.С. Обоснование и обеспечение точности геодезической разбивки высотного положения строительных конструкций зданий и сооружений	182
Скрипников В.А. Применение высокоточных оптико-электронных приборов при измерении деформаций инженерных сооружений.....	188
Карташов П.Н. Использование объектно-ориентированного классификатора и геоинформационной технологии при создании картографической основы правил землепользования и застройки....	191
Мальков А.В., Баландин Д.В., Большакова М.Н., Знаменский А.В. Автоматизированная система управления распределением газа ОАО «Уральские газовые сети»	196
Ашраф Абдель Ванис Бешр Система «Интеллектуальных» сооружений, современная технология для мониторинга состояния сооружений и деформаций.....	205
Ашраф А. А. Бешр, Рябова Н.М., Кочетков А.В. Исследование величины	

ошибки «Взгляда» цифровыми нивелирами в зависимости от положения солнца	211
Ашраф А.А. Бешр, Рябова Н.М., Кочетков А.В. Исследование влияния емкости батареи геодезических приборов на ошибку измерения превышения и расстояния	217
Ашраф А.А. Бешр Исследование влияния угла наклона и цвета отражающих поверхностей на точность измерений безотражательным тахеометром	222
Мизин В.Е. Геодезическое обеспечение при межевании и мониторинге земель линейных объектов	228
Зверев Л.А. Сравнительный анализ расчетов цен на топографо- геодезические и кадастровые работы по различным сборникам	230
Гуляев Ю.П., Максименко Л.А. Имитационный подход к обоснованию точности геодезического контроля за деформациями сооружений ...	233
Ловягин В.Ф. Методология в аспекте современной парадигмы информационно-геодезического обеспечения процесса оптимизации пространственных параметров линейных сооружений	236
Басаргин А.А. Применение геостатистических методов для вычисления осадки утерянной марки.....	242
Басаргин А.А. Выбор оптимальной модели вариограммы для интерполяции результатов наблюдений за осадкой фундаментов инженерного сооружения.....	245
Буданаев Д.К., Жуков Б.Н. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации каменно-набросной плотины Богучанской ГЭС.....	248
Парко К.Л., Сучков И.О. Автоматизированная обработка измерений при определении кренов дымовых труб методом измерения горизонтальных углов.....	254
Сучков И.О. Базис пространственный эталонный им. О.П. Сучкова	260
Сучков И.О. Исследование на ПК точности измерения нестворностей центров базиса пространственного эталонного им. О.П. Сучкова	266
Новоселов Д.Б. Сравнительный анализ двух методов вычислений	271
Хасенов К.Б., Хахулина Н.Б., Душенко М.В. К вопросу о способе снесения координат пунктов СГГС.....	276
Горохова Е.И. Мониторинг деформаций тоннелей с помощью наземного лазерного сканирования	278
Горохова Е.И., Иванов А.В. Опыт применения наземного лазерного сканирования при съемке железнодорожных тоннелей.....	282
Хасенов К.Б., Каретина И.П., Рахымбердина М.Е., Калеева К.М. Из опыта установления границ земель рекреационного назначения	286
Хасенов К.Б., Каретина И.П., Исабаева М.К. Использование Landsat-7 ETM+ для обновления топографических карт Восточно-Казахстанской области масштаба 1:200 000.....	292
Охотин А.Л. Применение лазерного сканирования в маркшейдерии	296
Иванов В.Г. Исследование линий нивелирования I класса по территории Средней Азии и Украины в аспекте закономерностей, свойственных	

линиям по территории России	306
Тувшинбаяр Д. Карта правового положения земель (The index map) – одна из новых видов кадастровых карт	311
Хуань Фань Прямое решение параметров преобразования трехмерных координат	317
Байрамов Эмиль Р., Байрамов Рафаэль В., Хамидов Эмин А. Использование ГИС технологий и дистанционного зондирования для мониторинга процессов восстановления биологического разнообразия нарушенных строительной деятельностью земель	327
Мусбех Рашид Калуп Математические методы вычисления высот геоида по GPS данным	333

CONTENTS

Enemark Stig Surveyors facing the global agenda	14
Knaub Waldemar VMT products and services.....	23
Deren LI The new era for geo-information.....	35
Juhász Géza Péter Geodata in the national regional development and spatial planning information system (TEiR)	54
Knoop Hans ISO and CEN european committee for standardisation land management, cadastre, topography and geodesy -German contribution to european SDI.....	56
Rizos Chris, Joel van Cranenbroeck Deformation monitoring using network-rtk principles: Case studies of a new approach	58
Zastrau Juergen Neueste informationssysteme der hafenstadt universität Hamburg	60
Karpik A.P., Lisitsky D.V. Digital geospace concepts and conceptual frameworks.....	66
Karpik A.P., Stefanenko N.I. The Sayano-Shushenskaya HPP safety assessment in useful life using geodetic measurements	73
Khoroshilov V.S. Technological approaches to the development of expert system for optimal geodetic dataware of engineering works.....	87
Dementyev Yu.V. Variations of gravity acceleration under the influence of atmospheric pressure	93
Malkov A.G. Accuracy ranking of elevation measurement at geometric-leveling stations.....	95
Yelagin A.V. Computation of quasigeoid heights by global geopotential models	98
Mukhachev G.V., Zhukov B.N. Diagnostics of technical state of Sayano- Shushenskaya hydroelectric power station structures using geodetic methods and instruments.....	103
Poleshchenkov V.N., Lyubivaya L.S. The problem of converting geocentric orthogonal coordinates into geodetic ones.....	109
Poleshchenkov V.N., Lyubivaya L.S. Accuracy of digital cameras pictures processing by mapphoto program when revising large-scale plans for designing and construction.....	113
Astrakhsantsev V.D., Zolotaryov I.I. Selecting optimal technologies for geodetic works	116
Vovk I.G. Technogenic systems condition estimation by geodetic data.....	119
Maksimenko L.A., Zhuravlev D.E. On comparability of observations of building yielding with theoretical calculations of soil foundation.....	123
Vinogradov A.V. Features of calculation of the plot area in the built up territory	127
Vinogradov A.V. Determination area to physical surface of the area after the manner iteration	131
Teterin G.N., Teterina M.L. Ancient measuring systems and two principles they were based on	137

Grin G.A., Murzintsev P.P. Experience of using hydrographic equipment for inspecting underwater pipelines passages of «Gasprom' public corporation»	140
Seredovich V.A., Seredovich A.V., Ivanov A.V., Radchenko A.V. Experience of using terrestrial laser scanning for estimating the volume of grain at agrarian enterprises storehouses.....	150
Seredovich V.A., Seredovich A.V., Komissarov A.V., Radchenko A.V., Dementyeva O.A., Radchenko L.K., Usikov A.V. Features of city territories digital model development by terrestrial laser scanning	153
Seredovich V.A., Seredovich A.V., Ivanov A.V., Karpov A.K. Terrestrial laser scanning application for open-cut surveying and ore reserves estimation	158
Dementyeva O.A., Seredovich A.V. Terrestrial laser scanning application in the complex of survey works on technological objects reconstruction	161
Karev P.A., Kalygin W.A., Pavlova A.I. About accuracy of the horizontal laying, the tilted distances, measured modern geodetic instrument	167
Afonin K.F. Choosing zones dimensions in gauss-kruger projection.....	173
Stolbov Yu.V., Stolbova S.Yu., Nagaev D.O. Calculation of accuracy of the geodetic breakdown and control the vertical indicating the surfaces of the bases and covering the highway.....	177
Stolbova S.Yu., Savitsky I.P., Kokulenko K.S. Substantiation and maintenance of accuracy of geodetic breakdown of high-altitude position of building designs of buildings and constructions	182
Skipnikov V.A. Application of high-precision opto-electronic instruments for measuring engineering structures deformations	188
Kartashov P.N. Use of object-oriented classifier and geoinformation technologies for creating cartographic basis of land use and development rules	191
Malkov A.V., Balandin D.V., Bolshakova M.N., Znamensky A.V. Automated control system of gas distribution of the JSC «Ural gas network».....	196
Ashraf Abdel Wanis Beshr Smart structures system, an advanced technique for structural health monitoring	205
Ashraf A. A. Beshr, Ryabova N.M., Kochetkov A.V. Analysis of values of digital levels errors, depending on the sun's position	211
Ashraf A.A. Beshr, Ryabova N.M., Kochetkov A.V. Studying the effect of battery capacity of geodetic instruments on the measurements errors of hieght elevations and distances	217
Ashraf A.A. Beshr Studying the influence of inclined angle and reflecting surface color on the accuracy of reflectorless total station observations..	222
Mizin V.Ye. Geodetic support of delimitation and monitoring of land linear objects.....	228
Zverev L.A. Comparison analysis of pricing for topogeodetic and cadastral works according to different sources	230
Gulyaev Yu.P., Maksimenko L.A. Imitational approach to accuracy justification for geodesic control of construction deformations	233
Lovyagin V.F. Methodology of the modern paradigm aspect concerning geodetic	

dataware support of the optimization process of linear structures spatial parameters	236
Basargin An.A. Use of geostatistical methods for calculation of the lost mark settlement	242
Basargin An.A. Choosing optimal model of variogram for interpolation of engineering structure foundation settlement observation results.....	245
Budanayev D.K., Zhukov B.N. Geodetic support of the construction and operation of the Boguchany rock-fill hydroelectric power plant.....	248
Parko K.L., Suchkov I.O. Automated measurement processing for chimneys tilt determination by measuring horizontal angles	254
Suchkov I.O. O.P. Suchkov standard spatial base.....	260
Suchkov I.O. Computer-based research of observation accuracy concerning discrepancies in O.P. Suchkov standard spatial base centres.....	266
Novoselov D.B. The comparative analysis of two methods of calculations	271
Khasenov K.B., Khakhulina N.B., Dushenko M.V. The question of the method of coordinate data transmission of satellite city geodetic system revisited	276
Gorokhova Ye.I. Tunnel deformation monitoring by terrestrial laser scanning	278
Gorokhova Ye.I., Ivanov A.V. The experience of laser scanning application in railway tunnels surveying	282
Khasenov K.B., Karetina I.P., Rakhimberdina M.Ye., Kaleeva K.M. From the establishment of land boundaries of the recreation destination lands	286
Khasenov K.B., Karetina I.P., Isabaeva M.K. Using the Landsat-7 ETM+ for updating topographic maps East-Kazakhstan of 1: 200 000.....	292
Okhotin A.L. Laser scanning application in mining geodesy.....	296
Ivanov V.G. Investigation of the first-order leveling lines on the territories of Middle Asia and Ukraine in the context of the patterns typical of the lines throughout Russian territories	306
Tuvshinbayar D. The index map as one of the types of cadastral maps	311
Huaan Fan Direct solutions of 3D coordinate transformation parameters	317
Bayramov Emil R., Bayramov Rafael V., Hamidov Emin A. Environmental monitoring of bio-restoration processes for disturbed lands by human construction activities using GIS and remote sensing	327
Mosbeh R. Kaloop Mathematical techniques to compute geoid undulation with GPS data.....	333

Профессор *Стиг Энемарк*
Президент МФГ, Дания



ГЕОДЕЗИСТЫ В ЭПОХУ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

Prof. *Stig Enemark*



President

Aalborg University, Denmark

SURVEYORS FACING THE GLOBAL AGENDA

“Do surveyors have a role to play in the global agenda?” - from a FIG point of view the answer to this question is clearly a “Yes”! The surveyors play a key role in supporting an efficient land market and also effective land-use management. These functions underpin development and innovation for social justice, economic growth, and environmental sustainability. Simply, no development will take place without having a spatial dimension, and no development will happen without the footprint of surveyors – the land professionals.

This paper presents the changing role of the surveyors and their commitment to the global agenda in terms of sound Land Governance in support of the Millennium Development Goals.

1. THE GLOBAL AGENDA

The eight Millennium Development Goals (MDGs) are placed at the heart of the global agenda. They form a blueprint agreed to by all the world's countries and the world's leading development institutions. The first seven goals are mutually reinforcing and are directed at reducing poverty in all its forms. The last goal - global partnership for development - is about the means to achieve the first seven. To track the progress in achieving the MDGs a framework of targets and indicators is developed. This framework includes 18 targets and 48 indicators enabling the ongoing monitoring of the progress that is reported on annually (UN, 2000).

The MDGs represent a wider concept or a vision for the future, where the contribution of the global surveying community is central and vital. This relates to the areas of providing the relevant geographic information in terms of mapping and databases of the built and natural environment, and also providing secure tenure systems, systems for land valuation, land use management and land development. The work of the surveyors forms a kind of “backbone” in society that supports social justice, economic growth, and environmental sustainability. These aspects are all key components within the MDGs.



Goal 1: Eradicate extreme poverty and hunger
Goal 2: Achieve universal primary education
Goal 3: Promote gender equality and empower women
Goal 4: Reduce child mortality
Goal 5: Improve maternal health
Goal 6: Combat HIV/AIDS, malaria and other diseases
Goal 7: Ensure environmental sustainability
Goal 8: Develop a Global Partnership for Development

Fig. 1. The Eight Millennium Development Goals

In a global perspective the areas of surveying and land administration are basically about *people*, *politics*, and *places*. It is about *people* in terms human rights, engagement and dignity; it is about *politics* in terms of land policies and good government; and it is about *places* in terms of shelter, land and natural resources.

In facing the global agenda the role of FIG – the global surveying community - is threefold: (i) to explain the role of the surveying profession and the surveying disciplines in terms of their contribution to the MDGs. Such statements should also make the importance of the surveying profession disciplines better understood in a wider political context; (ii) to develop and disseminate knowledge, policies and methods towards achieving and implementing the MDGs - a number of FIG publications have already made significant contributions in this regard; and (iii) to work closely with the UN agencies and the World Bank in contributing to the implementation of the MDGs.

An outcome of these efforts relates to cooperation with UN-Habitat in developing a model for providing secure social tenure for the poorest (Augustinus et.al. 2006). Another outcome is the recent joint conference between FIG and the World Bank focusing on “Land Governance in Support of the MDGs – Facing the New Challenges”, see http://www.fig.net/news/news_2009/fig_wb_march_2009.htm

2. FROM MEASUREMENT TO MANAGEMENT

“Is the role of the surveyors changing?” – in a global perspective the answer will be “Yes”! There is a big swing that could be entitled “From Measurement to Management”. This does not imply that measurement is no longer a relevant discipline to surveying. The change is mainly in response to technology development. Collection of data is now easier, while assessment, interpretation and management of data still require highly skilled professionals. The role is changing into managing the measurements. There is wisdom in the saying that “All good coordination begins with good coordinates” and the surveyors are the key providers.

In the more technical and natural science area of surveying this move can be illustrated by the evolution from the concept of Geodetic Datums to Positioning Infrastructures. A geodetic datum is a (multi level) geodetic reference framework describing positions in three dimensions. It supports the traditional functions of surveying and mapping and underpins all of what we now call geo-spatial information. The concept of a Positioning Infrastructure is based on Global Navigation Satellite Systems (GNSS) such as GPS and GLONASS, and extends to

the ground infrastructure used to improve the accuracy and reliability of GNSS positioning for users. It widens the functions to enable the monitoring of global processes such as those associated with climate change and disaster risk management and also real time positioning for e.g. agricultural farming purposes (Higgins, 2009).

The concept of a modern Positioning Infrastructure (combining satellites and reference stations on the ground) still supports the activities traditionally associated with a geodetic datum but extends toward much broader roles on the global scale. It can be argued that GNSS could be considered one of the only true global infrastructures in that the base level of quality and accessibility is constant across the globe (Higgins, 2009). Such a Positioning Infrastructure moves the focus from measurement of framework points to management of the data received from the positioning system.

The change from measurement to management also means that surveyors increasingly contribute to building sustainable societies as experts in managing land and properties. The surveyors play a key role in supporting an efficient land market and also effective land-use management. These functions underpin development and innovation for social justice, economic growth, and environmental sustainability.

Today the accepted theoretical framework for all land administration systems is delivery of sustainable development. – The triple bottom line of economic, social, and environmental development, together with the fourth requirement of good governance. Land Administration Systems are the basis for conceptualizing rights, restrictions and responsibilities related to people, policies and places.

3. LAND GOVERNANCE

Arguably sound land governance is the key to achieve sustainable development and to support the global agenda set by adoption of the Millennium Development Goals (MDGs).

Land governance is about the policies, processes and institutions by which land, property and natural resources are managed. This includes decisions on access to land, land rights, land use, and land development. Land governance is basically about determining and implementing sustainable land policies. Such a global perspective for Land Governance or Land Management is shown in Fig 2.

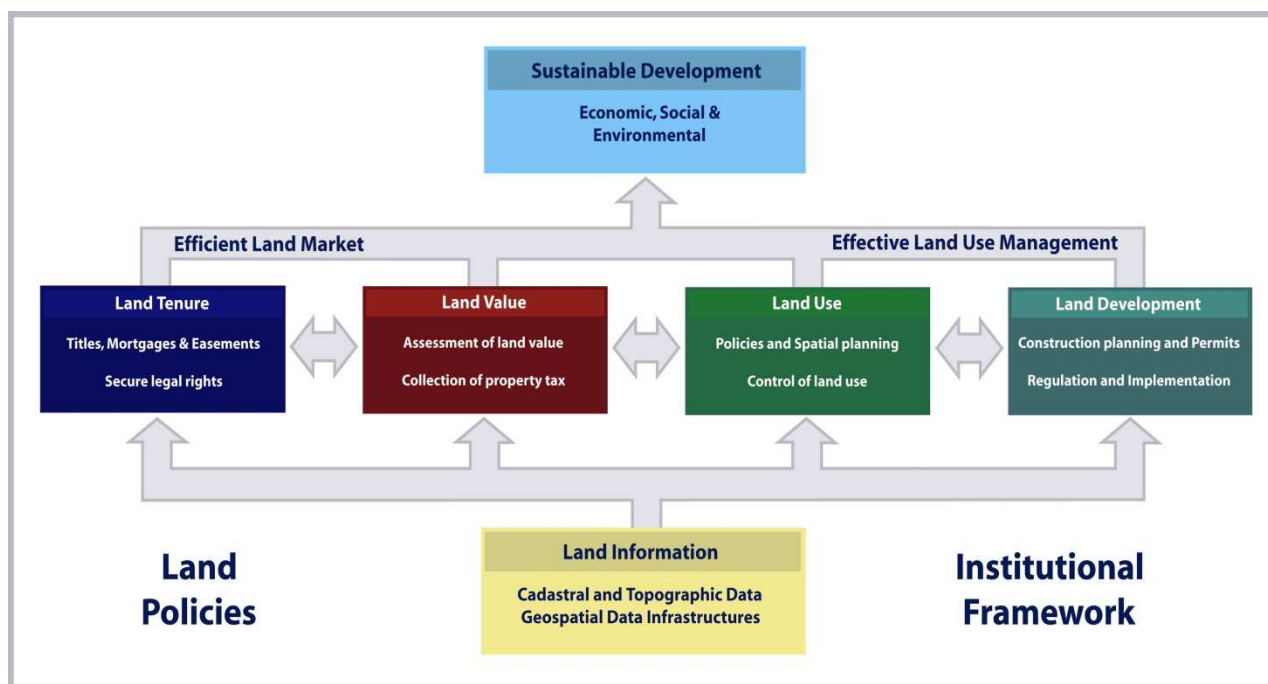


Fig. 2. A Global Land Management Perspective (Enemark, 2004)

Land governance covers all activities associated with the management of land and natural resources that are required to fulfil political and social objectives and achieve sustainable development. Land management requires inter-disciplinary skills that include technical, natural, and social sciences. The operational component of the land management concept is the range of land administration functions that include the areas of land tenure (securing and transferring rights in land and natural resources); land value (valuation and taxation of land and properties); land use (planning and control of the use of land and natural resources); and land development (implementing utilities, infrastructure, construction planning, and schemes for renewal and change of existing land use).

Land administration systems are the basis for conceptualizing rights, restrictions and responsibilities related to land and property. Property rights are normally concerned with ownership and tenure whereas restrictions usually control use and activities on land. Responsibilities relate more to a social, ethical commitment or attitude to environmental sustainability and good husbandry. In more generic terms, land administration is about managing the relations between people, policies and places in support of sustainability and the global agenda set by the MDGs.

3.1 Property Rights

In the Western cultures it would be hard to imagine a society without having property rights as a basic driver for development and economic growth. Property is not only an economic asset. Secure property rights provide a sense of identity and belonging that goes far beyond and underpins the values of democracy and human freedom. Historically, however, land rights evolved to give incentives for maintaining soil fertility, making land-related investments, and managing natural resources sustainably. Therefore, property rights are normally managed well in modern

economies. The main rights are ownership and long term leasehold. These rights are typically managed through the cadastral/land registration systems developed over centuries. Other rights such as easements and mortgage are often included in the registration systems.

The formalized western land registration systems are basically concerned with identification of legal rights in support of an efficient land market, while the systems do not adequately address the more informal and indigenous rights to land that is found especially in developing countries where tenures are predominantly social rather than legal. Therefore, traditional cadastral systems can not adequately supply security of tenure to the vast majority of the low income groups and/or deal quickly enough with the scale of urban problems. A new and innovative approach is found in the continuum of land rights (including perceived tenure, customary, occupancy, adverse possession, group tenure, leases, freehold) where the range of possible forms of tenure is considered as a continuum from informal to towards more formal land rights and where each step in the process of securing the tenure can be formalised (UN-Habitat, 2008).

3.2 Property Restrictions

Rights to land and property also include the right of use. However, the right to use may be limited through public land-use regulations and restrictions, sectoral land use provisions, and various kind of private land-use regulations such as easements, covenants, etc. Many land-use rights are therefore in fact restrictions that control the possible future use of the land.

Land-use planning and restrictions are becoming increasingly important as a means to ensure effective management of land-use, provide infrastructure and services, protect and improve the urban and rural environment, prevent pollution, and pursue sustainable development. Planning and regulation of land activities cross-cut tenures and the land rights they support. How these intersect is best explained by describing two conflicting points of view – the free market approach and the central planning approach.

The free market approach argues that land owners should be obligated to no one and should have complete domain over their land. In this extreme position, the government opportunity to take land (eminent domain), or restrict its use (by planning systems), or even regulate how it is used (building controls) should be non-existent or highly limited.

The central planning approach argues that the role of a democratic government includes planning and regulating land systematically for public good purposes. Regulated planning is theoretically separated from taking private land with compensation and using it for public purposes. In these jurisdictions the historical assumption that a land owner could do anything than was not expressly forbidden by planning regulations changed into the different principle that land owners could do only what was expressly allowed, everything else being forbidden.

The tension between these two points of view is especially felt by nations seeking economic security. The question however is how to balance owners' rights with the necessity and capacity of the government to regulate land use and

development for the best of the society. The answer to this is found in a country's land policy which should set a reasonable balance between the ability of land owners to manage their land and the ability of the government to provide services and regulate growth for sustainable development. This balance is a basis for achieving sustainability and attaining the MDGs.

Informal development may occur in various forms such as squatting where vacant state-owned or private land is occupied and used illegally for housing or any construction works without having formal permission from the planning or building authorities. Such illegal development could be significantly reduced through government interventions supported by the citizens. Underpinning this intervention is the concept of integrated land-use management as a fundamental means to support sustainable development, and at the same time, prevent and legalise informal development (Enemark and McLaren, 2008).

3.3 Property Responsibilities

Property responsibilities are culturally based and relate a more social, ethical commitment or attitude to environmental sustainability and good husbandry. Individuals and other actors are supposed to treat land and property in a way that conform to cultural traditions and ways of good ethical behaviour. This relates to what is accepted both legally and socially. Therefore, the systems for managing the use of land vary throughout the world according to historical development and cultural traditions. More generally, the human kind to relationship is to some extent determined by the cultural and administrative development of the country or jurisdiction.

Social responsibilities of land owners have a long heritage in Europe. In Germany, for example, the Constitution is insisting on the land owner's social role. In general, Europe is taking a comprehensive and holistic approach to land management by building integrated information and administration systems. Other regions in the world such as Australia creates separate commodities out of land, using the concept of "unbundling land rights", and is then adapting the land administration systems to accommodate this trading of rights without any national approach.

4. THE LAND MANAGEMENT PARADIGM

Land management underpins distribution and management of a key asset of any society namely its land. For western democracies, with their highly geared economies, land management is a key activity of both government and the private sector. Land management, and especially the central land administration component, aim to deliver efficient land markets and effective management of the use of t land in support of economic, social, and environmental sustainability.

The land management paradigm as illustration in figure 5 below allows everyone to understand the role of the land administration functions (land tenure, land value, land use, and land development) and how land administration institutions relate to the historical circumstances of a country and its policy decisions. Importantly, the paradigm provides a framework to facilitate the processes of

integrating new needs into traditionally organised systems without disturbing the fundamental security these systems provide.

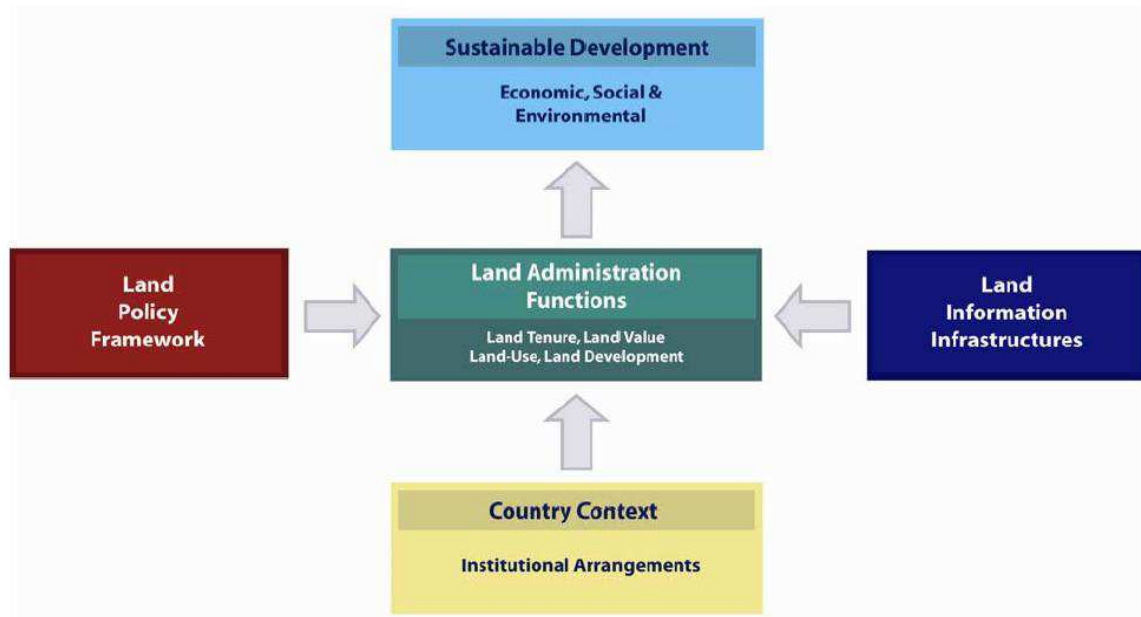


Fig. 3. The land management paradigm (Enemark, 2004)

Sound land management requires operational processes to implement land policies in comprehensive and sustainable ways. Many countries, however, tend to separate land tenure rights from land use opportunities, undermining their capacity to link planning and land use controls with land values and the operation of the land market. These problems are often compounded by poor administrative and management procedures that fail to deliver required services. Investment in new technology will only go a small way towards solving a much deeper problem: the failure to treat land and its resources as a coherent whole.

5. THE ROLE OF FIG

FIG is an UN recognised NGO representing the surveying profession in more than 100 countries throughout the world. FIG has adopted an overall theme for the next period of office (2007-2010) entitled “*Building the Capacity*”. This theme applies to the need for capacity building in developing countries to meet the challenges of fighting poverty and developing a basis for a sustainable future, and, at the same time, capacity is needed in developed countries to meet the challenges of the future in terms of institutional and organisational development in the areas of surveying and land administration.

In general, FIG will strive to enhance the global standing of the profession through both education and practice, increase political relations both at national and international level, help eradicating poverty, promote democratisation, and facilitate economic, social and environmental sustainability. FIG can facilitate support of capacity development in three ways:

– **Professional development:** FIG provides a global forum for discussion and exchange of experiences and new developments between member countries and between individual professionals in the broad areas of surveying and mapping, spatial information management, and land management. This relates to the FIG annual conferences, the FIG regional conferences, and the work of the ten technical commissions within their working groups and commission seminars. This global forum offers opportunities to take part in the development of many aspects of surveying practice and the various disciplines including ethics, standards, education and training, and a whole range of professional areas.

– **Institutional development:** FIG supports building the capacity of national mapping and cadastral agencies, national surveying associations and survey companies to meet the challenges of the future. FIG also provides institutional support to individual member countries or regions with regard to developing the basic capacity in terms of educational programs and professional organisations. The professional organisations must include the basic mechanisms for professional development including standards, ethics and professional code of conduct for serving the clients.

– **Global development:** FIG also provides a global forum for institutional development through cooperation with international NGO's such as the United Nations Agencies (UNDP, UNEP, FAO, UN-HABITAT), the World Bank, and sister organisations (GSDI, IAG, ICA, IHO, and ISPRS). The cooperation includes a whole range of activities such as joint projects (e.g. The Bathurst Declaration, The Aguascalientes Statement), and joint policy making e.g. through round tables. This should lead to joint efforts of addressing topical issues on the international political agenda, such as reduction of poverty and enforcement of sustainable development.

FIG, this way, plays a strong role in improving the capacity to design, build and manage surveying and land management systems that incorporate sustainable land policies and efficient spatial data infrastructures.

6. FINAL REMARKS

The MDGs represent a wider concept or a vision for the future, where the contribution of the land professionals is central and vital. FIG (the International Federation of Surveyors), being a global NGO representing the surveying community/land professionals in more than 100 countries throughout the world, is strongly committed to the global agenda as presented in the MDGs.

The surveyors – nationally and globally – will have a key role as providers of the relevant spatial information and also as builders of efficient land tenure systems and effective measures for urban and rural land use management. This should support economic growth, social equity, and environmental sustainability. The role of FIG is about “Building the Capacity” in this area.

Issues such as tenure security, pro-poor land management, and good governance in land administration are all key issues to be advocated in the process of contributing to the global agenda. Measures such as capacity assessment, institutional development and human resource development are all key tools in this regard. More generally, the work of the land professionals within land management forms a kind of

“backbone” in society that supports social justice, economic growth, and environmental sustainability. These aspects are all key components in facing the global agenda.

REFERENCES

1. Augustinus, C., Lemmen, C.H.J. and van Oosterom, P.J.M. (2006) Social tenure domain model requirements from the perspective of pro - poor land management. Proceeding of the 5th FIG regional conference for Africa: promoting land administration and good governance, 8-11 March 2006, Accra, Ghana.
2. http://www.fig.net/pub/accra/papers/ps03/ps03_01_augustinus.pdf.
3. Enemark, S. (2004): Building Land Information Policies. Proceedings of Special Forum on Building Land Information Policies in the Americas. Aguascalientes, Mexico, 26-27 October 2004. http://www.fig.net/pub/mexico/papers_eng/ts2_enemark_eng.pdf.
4. Enemark, S. and McLaren, R. (2008): Preventing Informal Development – through Means of Sustainable Land Use Control. Proceedings of FIG Working Week, Stockholm, 14-19 June 2008.
5. http://www.fig.net/pub/fig2008/papers/ts08a/ts08a_01_enemark_mclaren_2734.pdf.
6. Higgings, M. (2009): Positioning Infrastructures for sustainable Land Governance. Proceedings of FIG/WB Conference on Land Governance in Support of the MDGs, Washington, 9-10 March 2009.
7. http://www.fig.net/pub/fig_wb_2009/papers/sys/sys_1_higgins.pdf.
8. UN- Habitat (2008): Secure Land Rights for all. UN Habitat, Global Land Tools Network. <http://www.gltn.net/en/e-library/land-rights-and-records/secure-land-rights-for-all/details.html>.

BIOGRAPHICAL NOTES

Stig Enemark is President of the International Federation of Surveyors, FIG 2007-2010. He is Professor in Land Management and Problem Based Learning at Aalborg University, Denmark, where he was Head of School of Surveying and Planning 1991-2005. He is a recognised international expert in the areas of land administration systems, land management and spatial planning, and related educational and capacity building issues. He has undertaken consultancies for the World Bank and the European Union especially in Eastern Europe, Sub Saharan Africa, and Latin America. He has more than 250 publications to his credit, and he has presented invited papers to more than 60 international conferences. For further information see <http://www.land.aau.dk/~enemark>

CONTACTS

Prof. Stig Enemark FIG President
Department of Development and Planning,
Aalborg University, 11 Fibigerstrede
9220 Aalborg, DENMARK
Email: enemark@land.aau.dk
Website: www.land.aau.dk/~enemark

УДК 528:658

Вальдемар Кнауб

Фирма VMT GmbH, Германия

E-mail: w.knaub@vmt-gmbh.de

www.vmt-gmbh.de

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИРМЫ VMT GMBH

Waldemar Knaub

VMT GmbH, Germany

E-mail: w.knaub@vmt-gmbh.de

www.vmt-gmbh.de

VMT PRODUCTS AND SERVICES

Review of modern unified surveying and geodetic equipment and software used in tunnel construction, manufactured by VMT GmbH (Germany), is given. A wide of their applications in different tunneling technologies, and other fields, types and features of VMT guidance systems are represented.

Комплектации навигационных и сенсорных систем VMT GmbH в зависимости от выбранной технологии строительства тоннеля

Для комплексной обработки данных и простоты использования навигационных систем разного типа для тоннелестроения целесообразно использование ряда продуктов, отличительным знаком которых является целостная структура, включающая в себя как технические средства, так и программное обеспечение.

Строительство тоннелей с тубинговой обделкой и в твердых горных породах

В качестве примера воплощения идеи единой концепции можно привести навигационные системы «SLS-SL - Обделка тубингами» и «SLS-HR - Скальные породы» продуктного ряда «SLS-» фирмы VMT GmbH, предназначенных для проходческих щитов и машин для проходки тоннелей с тубинговой обделкой и в устойчивых скальных породах.

Применение активной мишени, лежащее в основе обеих указанных выше систем, гарантирует более компактное расположение по сравнению с системами, основанными на применении призм.

Обе системы предусматривают монтаж активной мишени в корпусе машины или на раме ТПМК и точное определение ее положения в системе координат машины при установке.

Принцип работы системы: при движении тоннелепроходческого комплекса, с системного автоматического тахеометра непрерывно считывается актуальное

положение мишени и посредством его соотнесения с проектной осью тоннеля отображается точное положение машины.

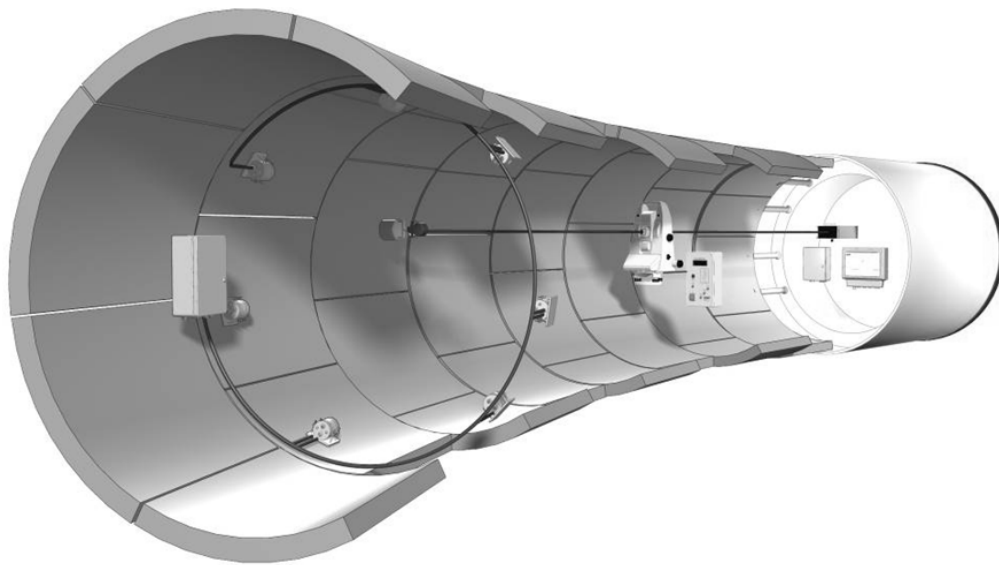


Рис. 1. SLS-SL

Следующим шагом при строительстве тоннелей с тубинговой обделкой является построение самого тубингового кольца в хвосте ТПМК. Выбор наиболее подходящего кольца имеет огромное значение, определяющее в дальнейшем качество всей конструкции тоннеля. Однако даже опытные команды по укладке тубинговых сегментов зачастую не могут спрогнозировать ситуацию более чем на одно кольцо вперед.

При каждом расчете должны быть учтены такие параметры, как: поступательное движение проходческого комплекса, зазор хвостовика; тип кольца, расположение машины по отношению к проектной оси тоннеля и проч.

Для этих целей фирмой VMT была разработана специальная программа: «RMP - Программа расчета положения тубингового кольца и порядка построения колец».

Данная разработка позволяет рассчитать порядок укладки на несколько колец вперед, а также и на всю длину тоннеля. Полученные при расчете значения документируются и сохраняются в базе данных.

При отклонении машины от проектной оси программой автоматически рассчитывается соответствующая корректировочная кривая, обеспечивающая выведение машины на запланированную проектную ось.

Помимо расчета положения колец и порядка их построения, по мере продвижения работ по сооружению тоннеля с тубинговой обделкой для обеспечения высокого качества конструкции и гарантии ее безопасности необходимо вести наблюдения:

- Деформации колец;
- Зазора хвостовика
- Давления строительного раствора за тубинговой оболочкой.



Рис. 2. Форма тоннеля, собранного усечёнными железобетонными тубингами

Для решения вышеперечисленных задач специалистами фирмы VMT были разработаны соответствующие системы:

1. «RCMS - Система измерения деформации кольца»

Данная система монтируется на сечении тоннеля, подлежащего наблюдению, и с помощью цепочки инклинометров ведет непрерывное измерение колец на предмет возникновения деформаций. Интервал измерений при этом задаётся произвольно. При дополнительной установке специальной эталонной призмы возможен также учет вертикальных подвижек кольца.

Фактическая точность измерения деформационных изменений - менее 1 мм. Существует также возможность установления беспроводного соединения WLAN с системным компьютером и передача всех полученных данных в «СВР Программу контроля над процессами бурения».

2. «GAPtrix - Полуавтоматическая система измерения зазора хвостовика»

В обычной практике, при сборке кольца замер зазора хвостовика считывается вручную, в результате чего допускается большое количество неточностей и ошибок, которых можно избежать при использовании специальной системы, обеспечивающей высокую и сопоставимую точность измерений.

Разработанная VMT полуавтоматическая система состоит из лазерного дальномера Leica DISTO™ plus с возможностью беспроводной передачи данных (Bluetooth™), излучающей антенны и Bluetooth-преобразователя.

Зазор хвостовика замеряется и документируется после каждого поступательного движения ТПМК. Полученные численные значения измерений незамедлительно передаются по радиосети в навигационную систему, а также в программу расчета построения колец RMP.

3. «GPSS Система контроля давления строительного раствора за тубинговой оболочкой»

При сооружении тоннелей с тубинговой обделкой, на свежие установленные сегменты действуют такие природные силы, как давление воды или горной породы. Для придания конструкции стабильности, сразу после установки тубинговых колец зазор между тубинговой обделкой и горной породой запрессовывается строительным раствором.

Система GPSS позволяет контролировать давление строительного раствора в стыках сегментов от начала запрессовывания до схватывания. Для этого на специально предусмотренные точки отдельных сегментов выбранных колец монтируются датчики давления, позволяющие установить, с предписанным ли давлением запрессовывается на измеряемых сечениях строительный раствор, достаточно ли быстро раствор схватывается, и обеспечивается ли, таким образом, стабильность и водонепроницаемость строящегося тоннеля.

Все полученные и обработанные с помощью системы данные могут быть в любой момент просмотрены как в графическом, так и в текстовом выражении.

Существенным преимуществом данной системы перед ее предшествующими версиями является возможность многократного применения используемых сенсоров. В предыдущих системах их демонтаж был невозможен, однако в новой версии системы сенсоры легко демонтируются вручную и могут быть установлены заново.

Дистанционное отображение

Навигационные системы фирмы VMT GmbH предусматривают возможность объединения в единую сеть всех компьютеров, находящихся на строительной площадке, а также функцию Интернет-доступа, что позволяет отображать актуальное положение машины, её отклонения и тенденции как на мониторах компьютеров в строительном бюро, так и в любой точке мира через Интернет.

В случае отображения через единую сеть компьютеров стройплощадки, для того, чтобы получить представление о положении машины, не спускаясь в тоннель, персональный компьютер VMT Office соединяется с промышленным компьютером, находящимся в тоннелепроходческом комплексе. Расширенная сеть позволяет получать информацию с любого компьютера, установленного на стройплощадке.

Вторым вариантом является возможность получения и просмотра актуальной информации непосредственно в офисе заказчика, вне зависимости от его местонахождения. При этом осуществляется DSL- соединение VMT Office компьютера, расположенного на стройплощадке, с Web-сервером VMT, для передачи данных через Интернет.

Имеющие специальный доступ Интернет-пользователи получают возможность загрузки данных промышленного компьютера с Web-сервером VMT во время передачи их по сети Интернет расположенным на стройплощадке VMT Office компьютером.

Сооружение тоннелей методом продавливания труб

В основе навигационных систем, дополнительных модулей и сенсорного оборудования, разрабатываемых VMT GmbH для тоннелепроходческих комплексов, используемых при строительстве тоннелей методом продавливания труб, заложена единая структура CAN Bus, обеспечивающая совместимость систем между собой и возможность приспособления к условиям и особенностям конкретного проекта.

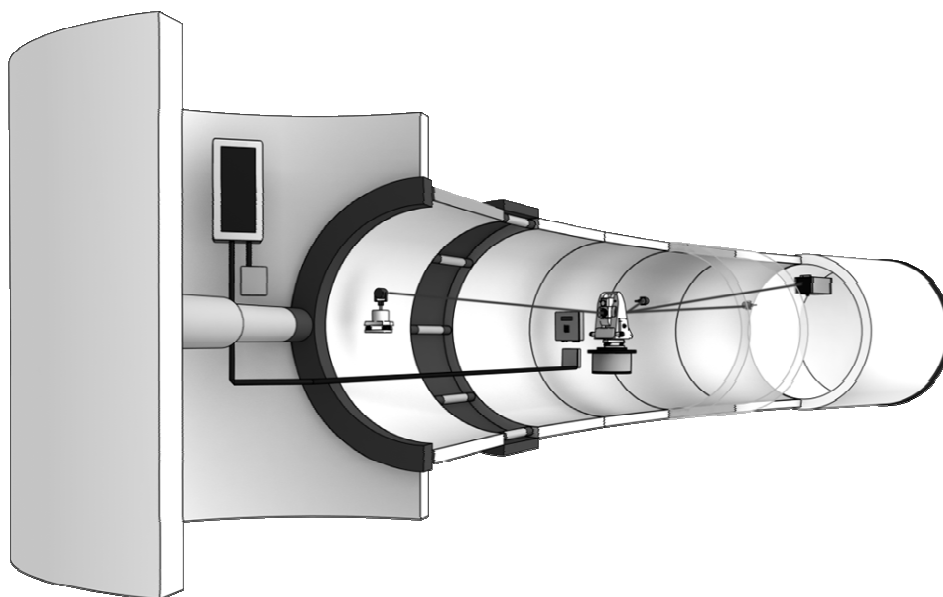


Рис. 3. SLS–Microtunnelling LT plus

Выбор навигационной системы при проходке тоннелей методом продавливания труб зависит от особенностей и степени сложности конкретной трассы. Специалистами VMT были разработаны системы для решения следующих задач:

- Определение положения машины в профиле;
- Проходка коротких прямых участков;
- Проходка длинных криволинейных участков;
- Проходка коротких участков трасс с очень небольшими радиусами.

SLS–Microtunnelling HL – система для определения положения машины в профиле с помощью электронного гидроуровня. Система предназначена для строительства протяжённых самотечных коллекторов минимального наклона.

Посредством замера разницы в показаниях давлений между высотным сенсором, находящимся в стартовой шахте и высотным сенсором, расположенным в ТПМК, осуществляется навигация, не подверженная помехам со стороны рефракции. Точные и независимые от расстояний и температуры расчёты вертикального положения ТПМК обеспечивают оптимальный контроль над машиной - система информирует оператора ТПМК об отклонениях от проектной оси по вертикали, а также о крене, продольном наклоне и вертикальных тенденциях машины.

SLS–Microtunnelling L – система, основанная на применении жестко закрепленного в стартовой шахте лазера в сочетании с расположенной в машине активной мишенью. Применяется для точного определения положения машины в забое при проходке коротких прямых участков трасс любого диаметра.

При использовании данной системы все движения ТПМК во время проходки учитываются как отображение луча установленного параллельно к проектной оси лазера, направленного на активную мишень. Вся собранная

информация - угол падения лазерного луча, данные, полученные с различных сенсоров, показания системы измерения длины - переносятся на промышленный компьютер и подвергаются дальнейшей обработке. На мониторе оператора ТПМК отображается положение машины, горизонтальная и вертикальная тенденции, информация о крене и продольном уклоне машины, а также пикетаж.

SLS-Microtunnelling LT – система с применением лазерного тахеометра, разработана для проходки длинных криволинейных участков трасс. Отличается невосприимчивостью к возможным дрейфам машины и рефракционным воздействиям. Определяет и отображает актуальное положение машины/ТПМК, тем самым, обеспечивая оптимальный контроль на длинных участках трасс со сложными кривыми.

SLS-Microtunneling G – система с применением гирокомпаса, предназначенная для проходки коротких, сильно изогнутых участков трасс.

Состоящая из гирокомпаса и электронного гидроуровня, данная система не требует в процессе работы прямой видимости между ее компонентами, используется при проходке тоннелей диаметром от 800мм и обеспечивает точное, независимое от температуры в тоннеле и длины трассы определение положения машины.

Устанавливаемый в машине гирокомпас определяет горизонтальное положение и направление ТПМК, а также его крен и продольный уклон. Определение положения машины в профиле осуществляется с помощью модуля гидроуровня, описанного выше.

Дополнительные модули

Надстройка дополнительных модулей к системам позволяет:

- Вести учет данных о давлении в цилиндрах управления, основных и промежуточных домкратах, о выходе штоков цилиндров управления и промежуточных домкратов, а также данных, полученных из программы управления ТПМК (при наличии таковой);
- Проводить измерения расстояния до груди забоя с функцией подачи предупредительного сигнала при превышении определенного критического значения.
- Передавать данные установленной навигационной системы и дополнений к ней;

Сенсорные системы служат для отображения наиболее существенных (с точки зрения заказчика) величин и значений, либо для автоматизирования требующих больших временных затрат работ, и могут устанавливаться как автономно, так и в сочетании с навигационными системами VMT на любые типы ТПМК любого производителя.

«INCS - Система цепи инклинометров» для определения вертикального положения ТПМК.

«ABLS - Автоматическая смазочная система на основе бентонита», обеспечивающая постоянное и равномерное распределение бентонитовой смазки вне зависимости от диаметра и длины трубного става.

«GMS - Система замера стыков труб» служит для отслеживания изменения величины зазора определенного сечения в трубном ставе во время проходки.

«AICS - Система автоматического управления домкратными станциями», обеспечивающая координацию и контроль выхода штоков промежуточных домкратов. Система может управлять во время проходки, как отдельными промежуточными домкратами, так и целой системой домкратных станций.

«MOVİ - Система видеонаблюдения», позволяющая вести наблюдение и запись работ в районе открытой груди забоя.

Несмотря на то, что все вышеперечисленные модули и сенсорные системы предназначены в первую очередь для расширения функций систем, используемых при строительстве тоннелей методом продавливания труб, их конфигурация предусматривает совместимость с любой навигационной системой фирмы VMT GmbH.

Классическое тоннелестроение

Проходческие установки с частичной разработкой забоя используются преимущественно в скалистых, устойчивых грунтах. Во время выработки породы для установки защитного каркаса свод тоннеля принимает на себя всю нагрузку на разрабатываемом участке забоя. Защита от откалывающейся породы обеспечивается соответствующим способом в зависимости от геологических характеристик грунта. В качестве такой защиты выступает крепь. Наиболее распространённым считается метод встраивания стальных пластин и арок с использованием набрызг-бетона.

Основной профиль тоннеля должен быть установлен с абсолютной точностью для снижения затрат на набрызг-бетон, выработку породы, ускорения процесса строительства и во избежание дорогостоящего устранения начальных профилей.

До сих пор профиль, по которому производилась выработка посредством проходческой машины с частичной разработкой забоя, размечался путём установки крепи или путём нанесения профиля вручную при помощи аэрозольной краски. При этом точность выработки зависела, прежде всего, от того, насколько опытен оператор. Кроме того, работы по фрезерованию сопряжены с образованием значительного количества пыли, что существенно замедляет процесс и приводит к неточностям.

Чтобы процесс возведения тоннеля и установки крепи посредством точной выработки проектного профиля стал более экономичным, а процесс строительства, несмотря на образование пыли, ускорился, компанией VMT GmbH была разработана навигационная система независимого слежения для проходческих машин с частичной разработкой забоя (тоннелепроходческих комбайнов, буровых установок и т.д.).

Принцип работы навигационной системы для проходческих машин с частичной разработкой забоя на примере «SLS-Roadheader - Системы для тоннелепроходческого комбайна»: для оптимизации рабочего процесса

положение режущего органа относительно проектного профиля выводится на экран, размещённый в поле зрения оператора. С помощью двух призм, закрепленных на корпусе проходческого комбайна, установленный на стенке тоннеля тахеометр получает данные о движении машины, которые затем передаются по линии радиосвязи в систему. Двухосевой инклинометр позволяет измерять наклон и крен шасси. При помощи установленных на телескопической стреле датчиков или посредством системы программируемого управления установки, фиксируются все движения рабочего органа.

Все данные аккумулируются в центральном блоке навигационной системы и передаются для дальнейшего использования на промышленный компьютер. Программное обеспечение системы анализирует входящие данные и рассчитывает фактический интервал между режущим органом и проектным профилем. Все величины выводятся на монитор, установленный на пульте управления - таким образом, оператор получает актуальную информацию об отклонениях от заданных параметров.

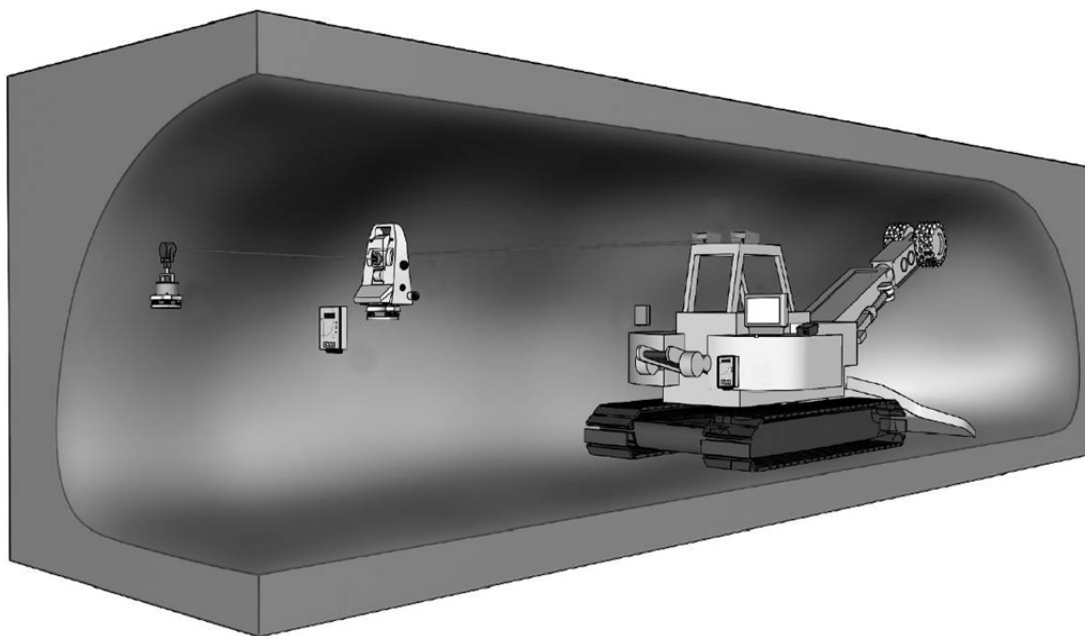


Рис. 4. Навигационная система SLS-Roadheader

Информационные системы в тоннелестроении

«СВР» - Система контроля процесса бурения» представляет собой «глобальную» модульную систему документирования, хранения и контроля поступающих данных с функциями анализа и оценки для применения в механизированном тоннелестроении.

Работающая на основе базы данных система обеспечивает специалистов актуальной информацией, поступающей в максимально приближенном к реальному времени режиме и необходимой для принятия своевременных решений для обеспечения безопасности проходки.

Поступающие с нескольких ТПМК данные могут учитываться, обрабатываться и отображаться одновременно.

В процессе реализации проекта система позволяет вести учет всех данных, например, поступающих с системы программного управления ТПМК, навигационной системы, системы геомониторинга, со всех установленных в тоннеле датчиков (датчики давления, датчики системы измерения деформации кольца и т.д.). Учитываются также данные об оборудовании на строительной площадке (например, компрессоры, конвейерные весы, сепараторная установка и проч.)



Рис. 5. Схема системы СВР

Все учитываемые СВР данные могут быть сохранены в определенной папке с файлами, либо передаваться далее по электронной почте, в том числе автоматически.

Предусмотренная СВР система предупреждения и оповещения позволяет одновременно отслеживать данные внутрисистемных процессов и данные измерений, после чего производится их автоматическая сверка с запланированными и пороговыми значениями и рассылка пользователям системы, в компетентность которых входит принятие соответствующих решений.

«Система геодезического мониторинга зданий и сооружений» - является одним из вариантов дальнейшего развития системы СВР и предназначена для непрерывного автоматического наблюдения, сбора информации с различных датчиков, расположенных на наблюдаемом объекте и вокруг него, обработки, анализа и отображения полученной информации в различных формах. Также имеет

функцию оповещения (в режиме реального времени) о превышении заданных допусков.

Оборудование, применяемое для проведения абсолютных геодезических измерений:

- Высокоточные автоматические тахеометры и цифровые нивелиры;
- GNSS - GPS оборудование.

Оборудование, применяемое для проведения релятивных (относительных) измерений:



Рис. 6. Оборудование для проведения относительных измерений

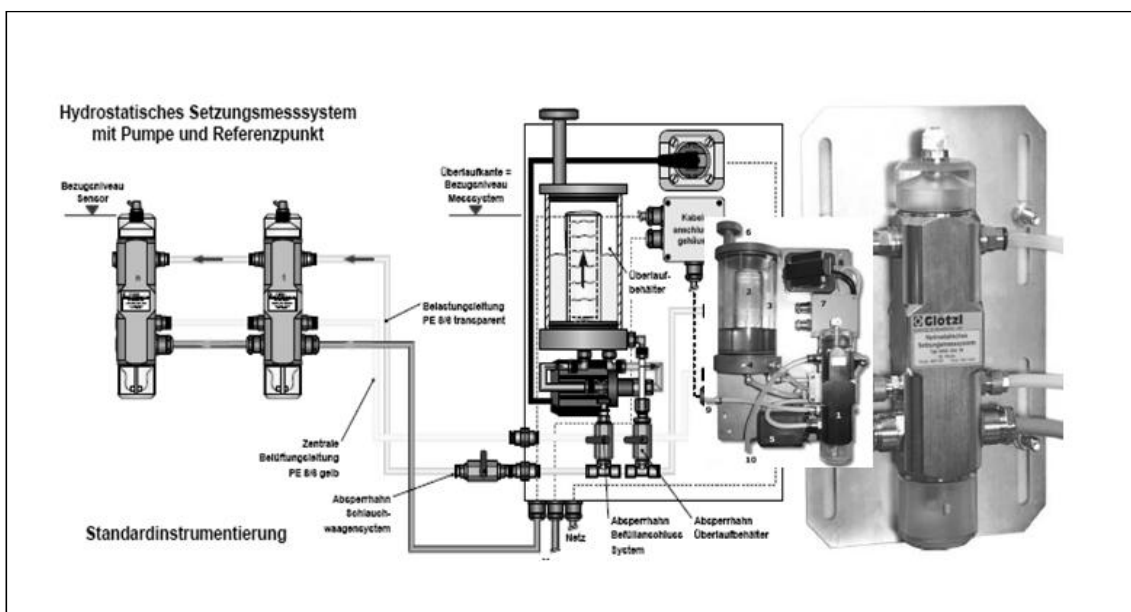


Рис. 7. Система гидростатического нивелирования

Системой геодезического мониторинга предусмотрено использование температурных датчиков, датчиков давления воздуха, влажности, датчики уровня и давления воды, давления воды в порых.

Промышленные измерения

Отдел, специализирующийся на проведении промышленных измерений, существует в фирме VMT с 1994 года. На первых порах главной задачей отдела было проведение высокоточных измерений тубинговых сегментов, текущие же проекты относятся к самым разным сферам: тоннелестроение, самолетостроение, автомобилестроение, машиностроение, производство промышленного оборудования, производство инструментов и проч.

Одним из решающих факторов при проведении высокоточных измерений является выбор подходящего оборудования (высокоточные промышленно-измерительные системы):



Рис. 8. Оборудование, применяемое специалистами VMT для проведения промышленных измерений

При подготовке данной статьи были использованы материалы публикаций и информация с Web-сайта фирмы VMT GmbH.

© Вальдемар Кнауб, 2009

УДК 528.9:004
Ли Дерен
LIESMARS
Уханьский университет
Ухань, 430079
Китай

НОВАЯ ЭРА ГЕОИНФОРМАЦИИ

LI Deren
LIESMARS
Wuhan University
Wuhan 430079
China
Email: drli@whu.edu.cn

THE NEW ERA FOR GEO-INFORMATION

Abstract

Along with the forthcoming of Google Earth, Virtual Earth, the next generation of Internet, Web 2.0, Grid Computing and smart sensor web, comes the new era for Geo-Information. In this paper, main features of new Geo-Information era are discussed. This new era is characterized by these features: serviced users are extended from professionals to all public users, the users are data and information providers as well, provided geospatial data are no longer measurement-by-specification but measurement-on-demand through smart sensor web, and services are transferred from data-driving to application-driving. Such problems as out-of-order issues in geographic data collection and information proliferation, quality issues in geographic information updating, security issues in geographic information services, privacy issues in sharing geographic information and property issues on sharing geographic information, which are brought about by new geo-information era, especially problems and challenges confronted in geo-information science and geo-spatial information industry, are analyzed. Then strategies concerning standards, planning, laws, technology and applications are proposed.

Keywords: New Geo-Information Era, Geo-Services, Digital Measurable Image, Service-on- Demand, Sensor web

1. Why New Era of Geo-Information

In recent years, GIS applications are becoming increasingly widened as requirements for geo-spatial information services grow. Since the concept of GIS was first proposed by Dr. Roger Tomlinson in the 1960s, it has gone through a long process of developments and has acquired remarkable achievements over the last 4

decades. Its application fields include mapping sciences, land use, resources management, environmental monitoring, transportation, urban planning, precision farming, digital earth, and so on.

Google Map is changing the way we see the world^[1]. The forthcoming of Google Earth, Virtual Earth, Web 2.0, grid technology and smart sensor web makes geographic information so popular that not only professional users but also all Internet users can do a variety of work on a uniform spatial information service platform with more and more functions. The openness of geo-spatial information service will boost its application and popularization greatly.

Along with the prevalence of Internet and the emergence of Web 2.0 technology, the promulgation, distribution and publishing of geo-spatial information supported by new technologies are growing at a fast speed. Prof Michael F. Goodchild at the University of California, an academician of the US Academy of Sciences, proposed his idea of "Citizens as Voluntary Sensors"^[2] in order to describe the cooperative production of geo-spatial information and the transmission and sharing of geo-spatial knowledge in a more persuasive way. He outlined the prospect of 6 billion residents of the whole world equipped with facilities that are capable of uploading what they consider as important and effective sources of geo-spatial information^[3].

Web 2.0, as a human-oriented network, brings new opportunities for geo-spatial information services and it turns passive users into initiative and creative ones. Web 2.0 provides a variety of services with characteristics including experience, communication, variation, creativity and relation. For geo-spatial information services, visualizable services are the basis of experience (such as Google Earth, Virtual Earth, etc.), measurable services ensure variation and creativity and minable services allow for relation among professional applications. This is a great revolution for our traditional geo-spatial information services based on digital maps. Web 2.0 has the potential to transform traditional measurement-by-specification to measurement-on-demand by uploading the external orientation elements of Digital Measurement Images (DMIs) and corresponding measurement software kit via the Internet^{[4][5][6][7]}. Measurement-on-demand means when digital image pairs and their exterior orientation parameters and related software uploaded to Internet on Web 2.0, any end users can measure objects as they like^{[8][9]}. This function means that the public users are also data and information providers and geo-spatial data are changing from outdated to active participatory services through the integration of smart sensor web and Web GIS. Spatial Data Infrastructure with this kind of geo-spatial information services provides a better solution to users from all walks of life than before^{[10][11]}.

Google intends to take photos for all streets in the world and develops a street scenes web site, as shown in Figure 1. Thus, all Internet and 3G network users have access to functions on a uniform spatial information service platform. With such a platform, geo-spatial data integrated with other data, such as statistical data, population data, social and economic data, offer comprehensive services of measurement-on-demand for e-government services, e-commerce, public security and transportation industries, and can answer the so-called "4W questions", i.e., when, where, what object, and what change. These herald that a new geospatial information era is coming.

The content of this paper is arranged as follows. Section 1 answers the question why a new geo-information era is proposed. Section 2 analyzes the main features of the new geo-information era. Problems and challenges are discussed in section 3. Strategies are put forward in section 4, followed by some concluding remarks in section 5.



Figure 1. Google intends to take photo for all streets in the world and develop street scene site (UK Daily Mail on July 11)

2. Main Features of the New Geo-Information Era

Compared with traditional geo-information systems which are based on electronic maps, main features of new geo-information systems can be summarized as follows:

2.1 Data providers: from professionals to all public users

The differences between traditional geo-information systems and new geo-information systems from the point of view of data providers are listed in Table 1, in which, such items as data providers, satisfaction of users, mode of service provision, interaction with users are compared in detail.

New geo-information systems provide services not only to professionals but also to all public users. A great many of users require fundamental information which is concerned with professional and individual applications, such as electric power facilities, municipal facilities, security facilities, transportation information, location-based information, and so on. It is a pity that this kinds of information can not be discovered from traditional 4D products directly, that is to say, traditional 4D products can not satisfy the needs of integrity, richness, accuracy and reality of geo-spatial information which is necessary for social developments. However, in new geo-information era, such information can be acquired from DMIs which are

released on the internet according to specific requirements. As illustrated in Figure 2, a user is issuing rental advertisement through ImageMap website platform, and other users can decide whether to bid for renting or not by browsing ImageMap website as well.

Table 1. The differences between traditional and new geo-information systems from the point of view of data providers

Items	Traditional geo-information systems	New geo-information systems
Data providers	Professionals	Professionals and all public users
Satisfaction of users	Only fundamental information from data providers	More rich and comprehensive information services including maps, images and POI
Mode of service provision	Purchase data and software	On-line access through distributed systems and interoperability
Interaction with users	Passive services	Active participation



Figure 2. A user issues rental advertisement through ImageMap website platform, which is helpful for other users to bid for it

2.2 The users: data and information providers as well

In the traditional geo-information era, there exists a clear boundary between data providers and data users. However, in the new geo-information era, this boundary is becoming blurred, as data updating and maintenance can be fulfilled by data providers and data users alike. For example, data users can also upload or annotate new geospatial information in addition to traditional downloading.

The differences between traditional and new geo-information systems from the point of view of data users are listed in Table 2. In Table 2, such items as data providers, limits, mode of information provision and time effectiveness are compared.

Table 2. The differences between traditional and new geo-information systems from the point of view of data users

Items	Traditional Geo-Information Systems	New Geo-Information Systems
Data Providers	Professionals	Professionals and public users
Limits	Clear limits between data providers and users	No limits between data providers and users
Mode of information provision	Production according to specifications	More information through uploading and annotation
Time effectiveness	Static	Dynamic

Web 2.0 is a revolution and it advocates openness, anticipation, sharing and creativity, which can satisfy individual needs and it turns passive users into initiative and creative users.

According to characteristics of Web 2.0 technology, not only professionals but also public users play the role of data providers in the new geo-information era. Provided data and services are transferred from fixed updating at regular intervals to more popular updating forms in the new geo-information era, i.e., from static updating to dynamic updating. Take ImageMap platform developed by the authors and their team as an example, it offers an annotation function which actualizes communication among map-makers, users and intelligent services. With the convenience of Web 2.0 technology, business users only need to finish registration and payment on this website firstly and annotate their company and brands on image maps. Moreover, registered business users can offer what they think important to consumers on the website regularly and dynamically. Generally, the information contents include business websites, telephone numbers, scene images and text information etc, as shown in Figure 3. At the same time, the annotation function gives access to registered public users to finish free publishing and sharing of location-based images and text information.

A lot of POIs consisting of graphics, images, audios and videos are added. Take ImageMap as an example again. The whole data volume is about 2TB, with more than 300,000 POIs added, which provide geo-spatial information services for individual, business, industry and government users.



Figure 3. The annotation function of ImageMap website

2.3 Geospatial data: from outdated to live through smart sensor web

The differences between traditional and new geo-information systems from the point of view of geo-spatial data are listed in Table.3, in which, data sources, transmission and data features are compared.

Table 3. The differences between traditional and new geo-information systems from the point of view of geospatial data updating

Items	Traditional Geo- Information services	New Geo-Information services
Data sources	Spatial databases (DEM/DOM/DLG/DRG)	Spaceborne, airborne, and ground-based non-contact and contact sensors
Transmission	Stand-alone, LAN, Internet	The next generation of Internet based on Web 2.0 and 3G mobile networks
Data Features	Static	Live data

Geo-spatial information services based on specification are not adequate, because data provided from spatial databases are static. In the new geo-information era, the adoption of sensor web technology provides access to services according to specific needs for professional and general users in multimedia and dynamic service environment. For example, for an ITS based on sensor web, mobile sensors on vehicles, fixed sensors at road intersections, captured video data, data in monitoring centers, road condition inspection data and data for emergence are helpful to improve transportation, reduce traffic delay and traffic accidents and decrease gas consumption to a great degree. Furthermore, this kind of sensors can be installed on 3G phones, which has already been completed in Wuhan Urban Grid Management and Service System through uploading by using cameras as data collection tools.

As mentioned previously[4] [12], all aerial and aerospace sensors can be integrated together to build a big smart sensor web. In this way, the accomplishment of real-time data updating, information extraction and services will come true.

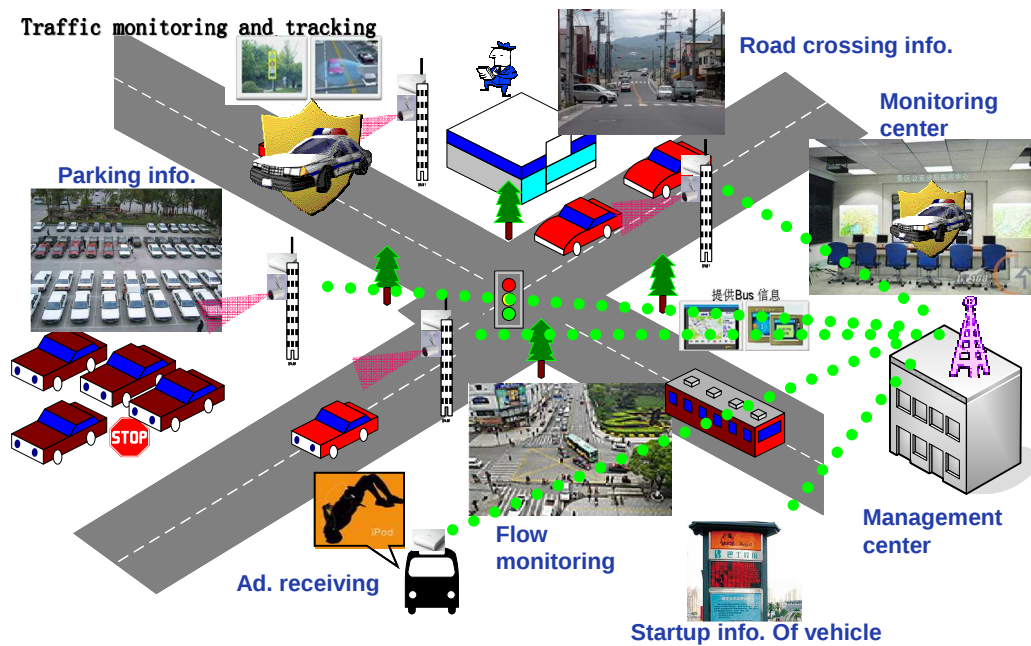


Figure 4

Application system in ITS based on sensor web, in which traffic jam can be decreased by about 20%. Traffic delay can be decreased by about 10%~25%. Traffic accident can be reduced by about 50%~80%. Gas consumption can be reduces by about 30%.

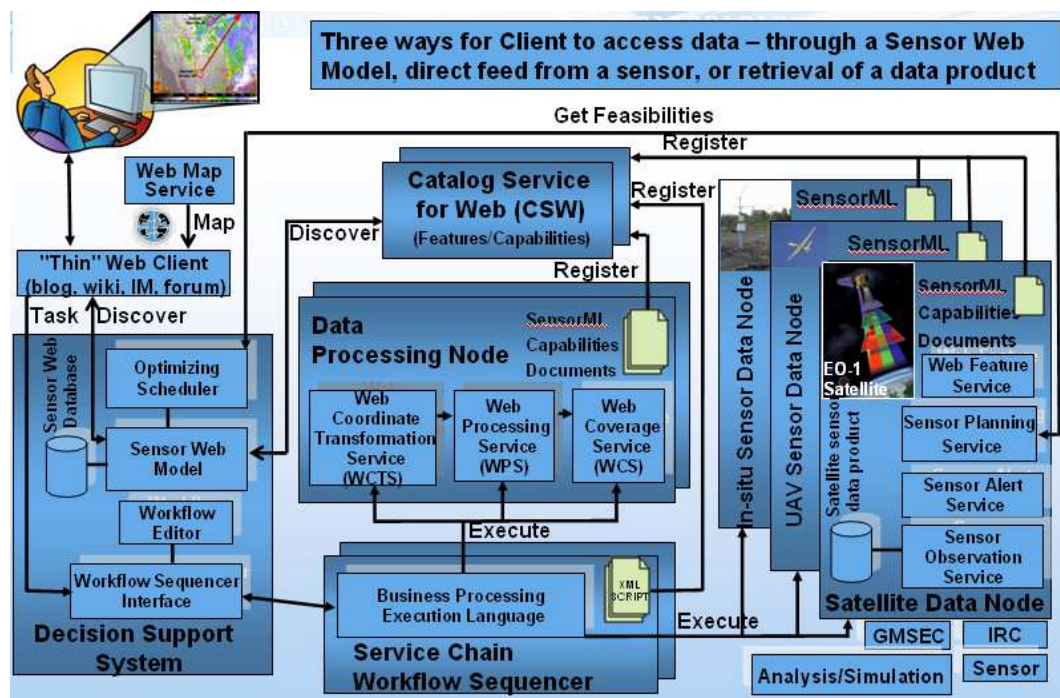


Figure 5. Reference Architecture for an interoperable sensor Web

Figure 5 illustrates the reference architecture for an interoperable sensor web^[13]. In this architecture, different kinds of data and services can register through

registration center and build catalog services. For an end user, there are three ways to implement data mining and knowledge discovering based on sensor web.

The first one is based on sensor web model. When an end user sends a request on client side, Decision Support System transfers the received request to service chain and search corresponding registered services in catalog services through workflow sequence. Afterwards, registered services acquire information of interest and return it to the end user.

The second one is based on direct feedback of sensor web, which is applied when the corresponding registered service in catalog services can not be found through workflow sequence. In this case, new sensor web feedback is further searched and if the required service can be found, it will be returned to the end user and will be registered at the registration center.

The third one is based on retrieval of digital products, which is also applied when the corresponding registered service in catalog services can not be found through workflow sequence. In this case, required data is further searched through sensor web node instead of sensor web feedback.

In recent years, OGC has already released many standards dealing with smart sensing web such as Sensor Model Language (SensorML), Sensor Alert Service, Sensor Observation Service, Sensor Planning Service, Observations and Measurement, Transdure Markup Language etc.

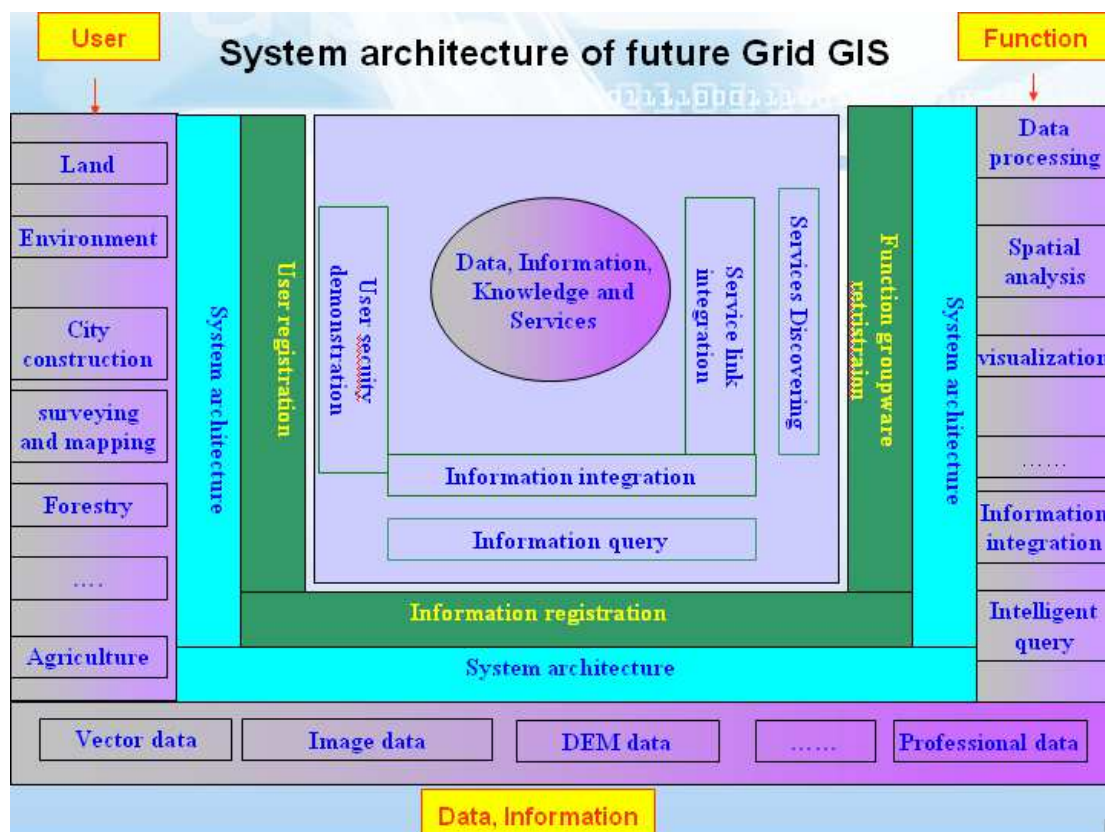


Figure 6. The system architecture of the future Grid GIS

Figure 6 shows system architecture of future Grid GIS. In this open architecture, the registration of vector data, image data, DEM data and professional data and

information is completed by the operating and maintenance personnel of different types of data through registration services.

Service providers of different types of software platforms register their typical functions in the registration center. And then registered functions can be employed for search, integration, sharing of data, information and knowledge through service discovery and service chain integration.

Different types of end users also need to be registered as legal users through User security authentication and after that registered data and information based on grid sharing protocol are available for them.

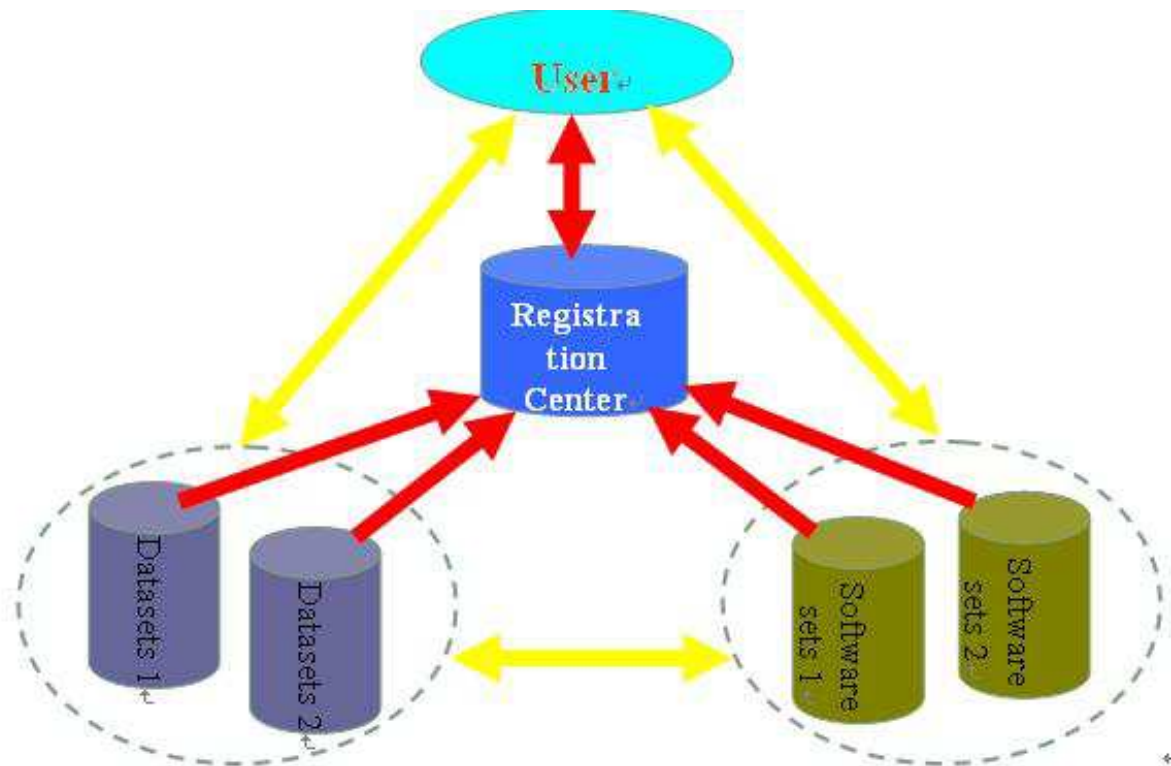


Figure 7. Geo-spatial information processing and service model of the new generation

Figure 7 provides a description about the three-layered registration center. The first layer is data registration. The second is software or function registration and the last is user registration.

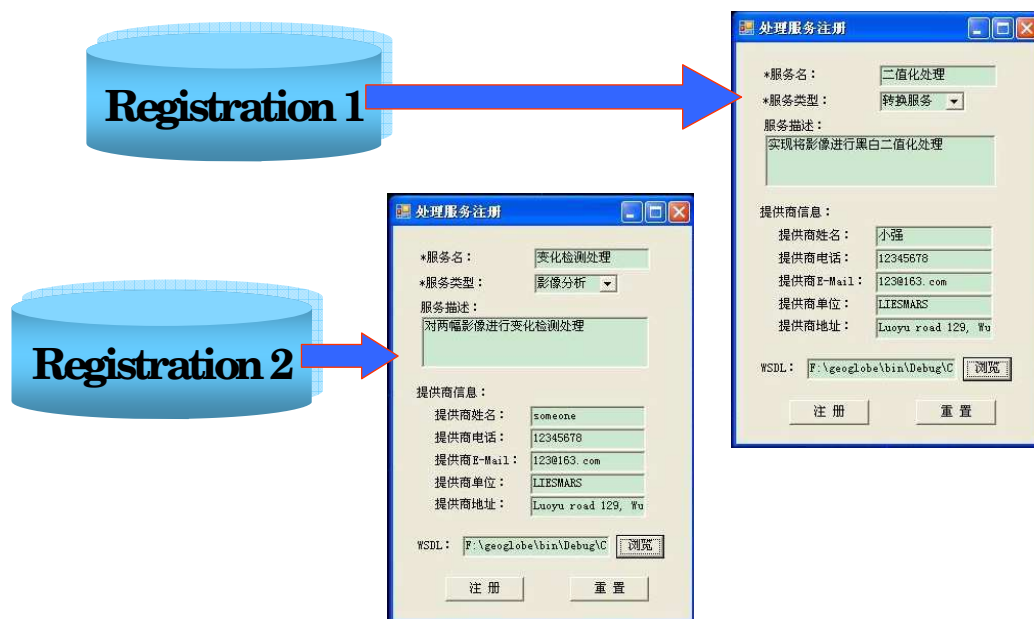


Figure 8. Registration of geo-spatial information services

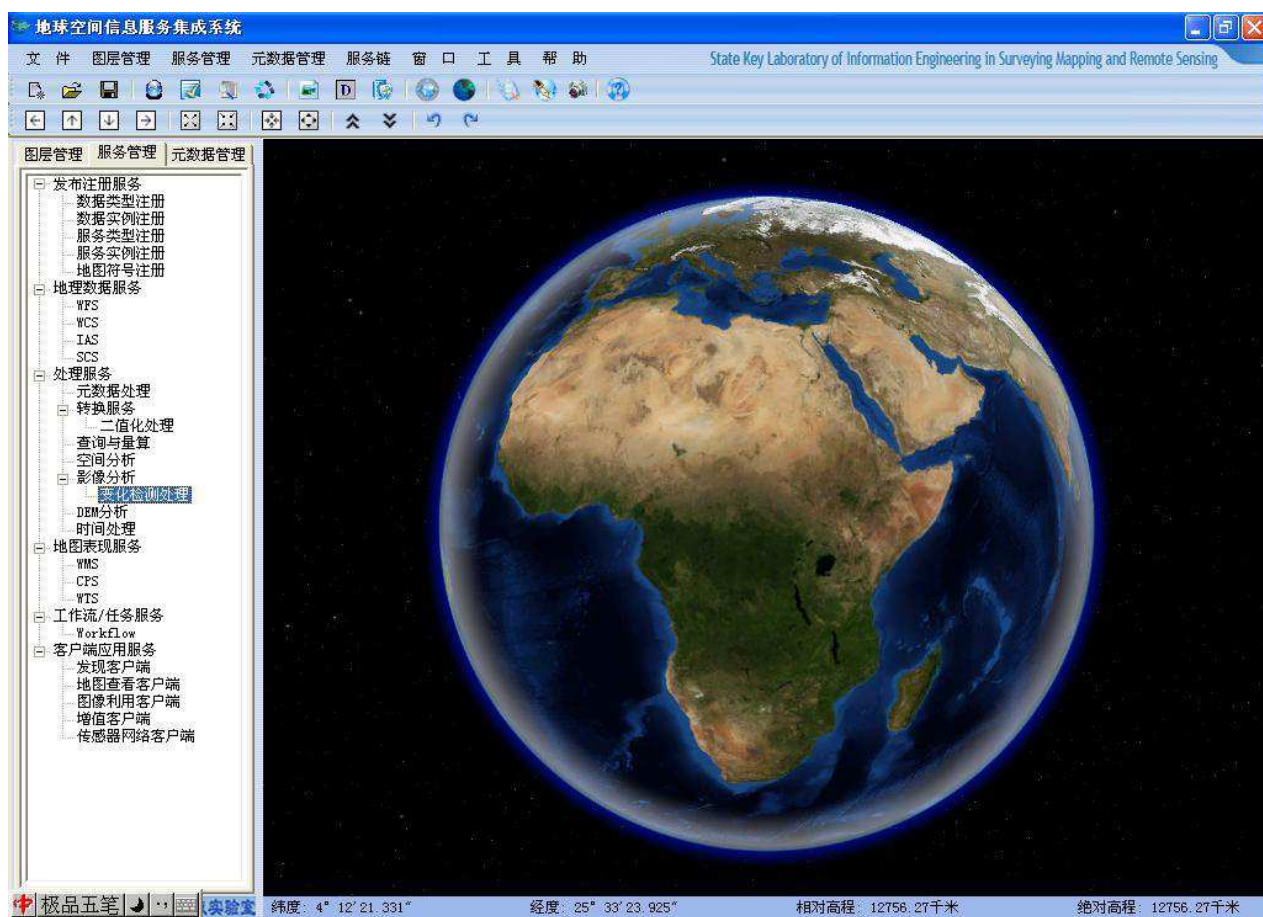


Figure 9. Inquire of geo-spatial information services

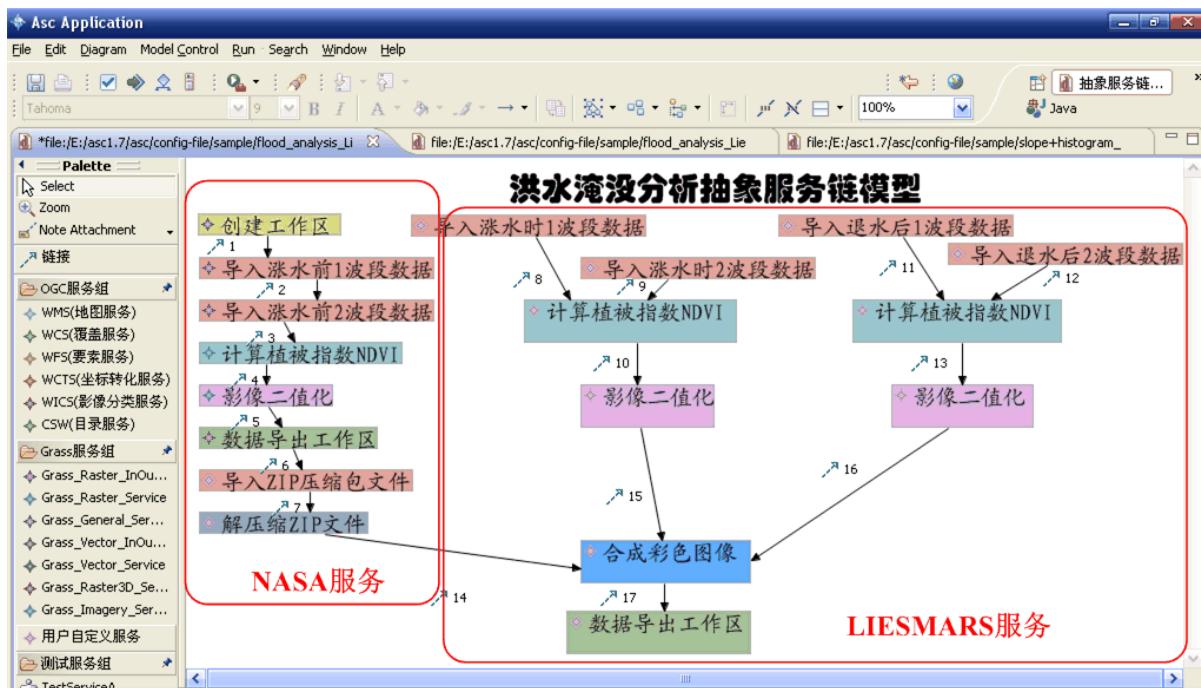


Figure 10. Service chain setup



洪水淹没

MODIS数据1_Band1: 45:20/SMR_Data/outputData/JiangL/5311.tif

MODIS数据1_Band2: http://202.114.114.45:20/SMR_Data/outputDa

MODIS数据2_Band1: http://202.114.114.45:20/SMR_Data/outputDa

MODIS数据2_Band2: http://202.114.114.45:20/SMR_Data/outputDa

MODIS数据3_Band1: http://202.114.114.45:20/SMR_Data/outputDa

MODIS数据3_Band2: http://202.114.114.45:20/SMR_Data/outputDa

工作区名: JiangL-3

Color000: 0, 0, 0

Color001: 0, 0, 255

Color010: 0, 255, 0

Color011: 0, 255, 255

Color100: 255, 0, 0

Color101: 255, 0, 255

Color110: 255, 255, 0

Color111: 255, 255, 255

确定 取消

Figure 11. Execution of geo-spatial information services

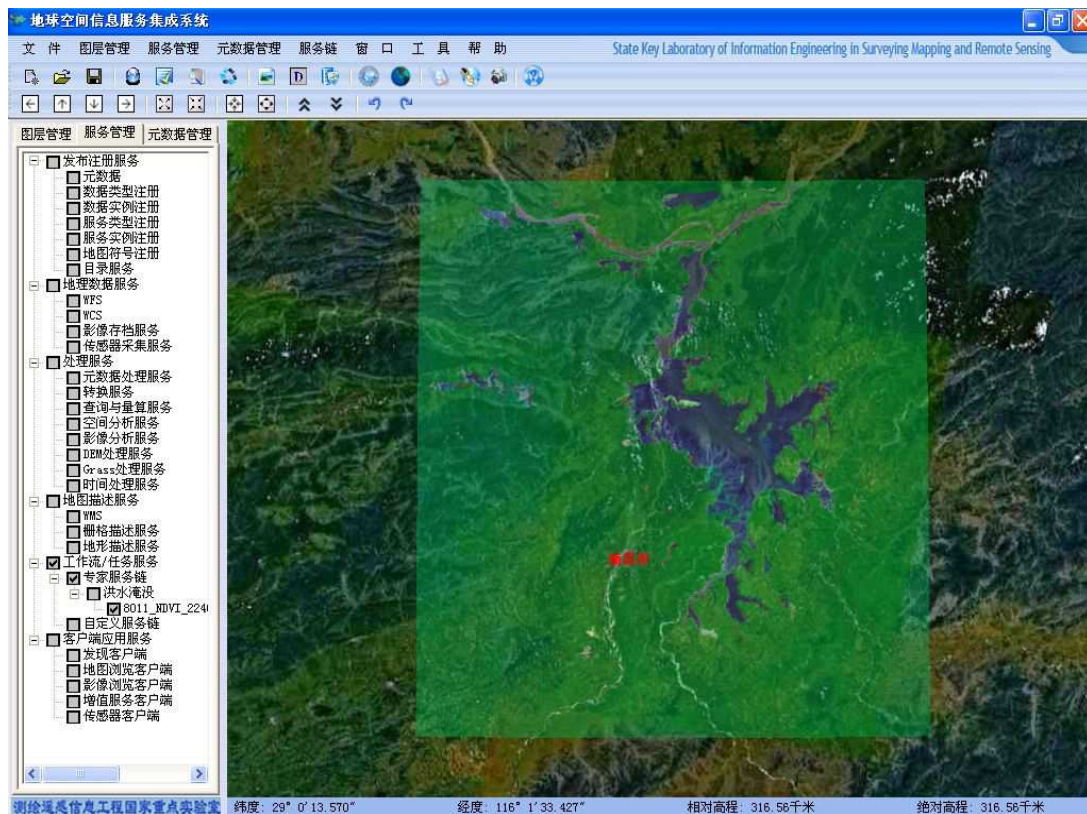


Figure 12. Results of heterogeneous distributed geo-spatial information services

What follows is the procedure of heterogeneous and distributed geo-spatial information services, as illustrated in Figure 8-12.

Step 1: a service provider register one function (e.g. Binarization Algorithm and its service type is transfer service) on the internet. The annotation of this service is to realize binarization of image and registered supplementary information includes relative information of this service provider (e.g. name, phone number, email, department, address etc.).

Step 2: another provider register another function (e.g. change detection algorithm and its service type is image analyzing) on the internet. The annotation of this service is to realize change detection between two different images. In the same way, relative information of this service provider is also registered as supplementary information.

Step 3: an end user logs successfully and queries the service needed at registration center.

Step 4: the abstract service chain is established through the project requirements and the existing functions. For instance, a service request, such as flooding area analyzing model, can be established as the combination of the following services.

Step 5: the abstract service chain is mapped into the executed service chain.

Step 6: results computed according to service chain are shown, from which the flooding area of Poyang Lake is calculated.

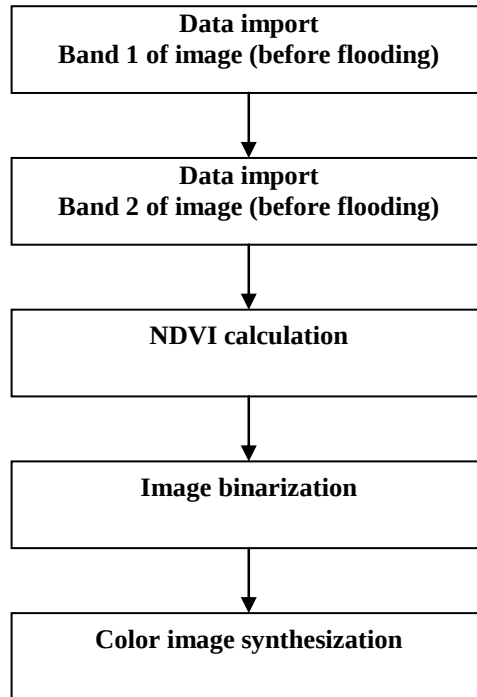


Figure 13. An example of the establishment of an abstract service chain

2.4 From measurement by specification to measurement on demand

The differences between traditional and new geo-information systems from the point of view of measurement are listed in Table 4, in which such items as way of measurement, contents of measurement and precision of measurement are compared respectively.

Table 4. The differences between traditional and new geo-information systems from the point of view of measurement

Items	Traditional Geo-Information services	New Geo-Information services
Way of measurement	Measurements from provided GIS data	Measurement from original image pairs
Contents of measurement	fundamental information based on GIS data	All measurable information in original image pairs
Precision of measurement	Precision from GIS data	Multi-scale precision up to cm

In new geo-information era, geo-spatial data in service are DMIs instead of simple image maps. So-called DMIs are digital stereo images appended with six exterior orientation elements acquired by Mobile Measurement Systems (MMSs). With DMIs on the internet accompanied with measuring software kits, measurement of a special object at centimeter level precision is available. Undoubtedly, the overlapping of DMIs with GIS data makes the representation of geographic objects more comprehensive and vivid and facilitates visible, searchable, measurable and minable functions.

In Figure 14, the overlapping of a DMI and an orthoimage of Beijing Bird's Nest, which can support measurement on demand, is illustrated.

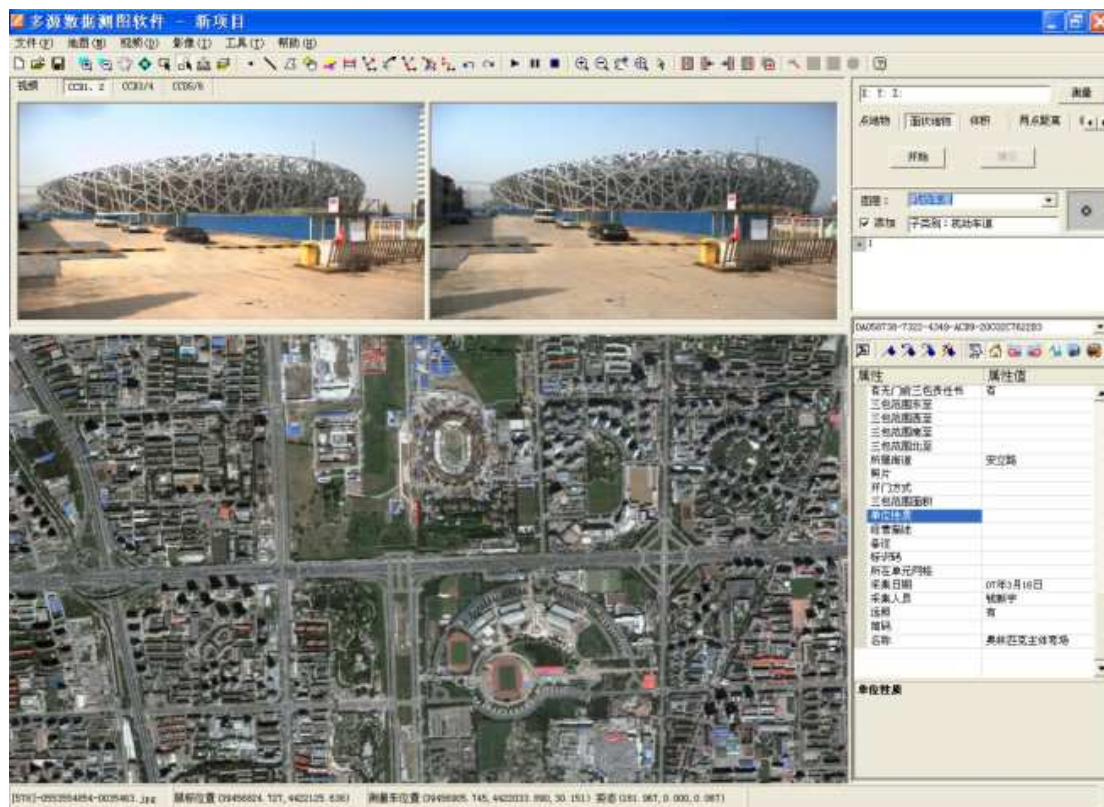


Figure 14. A DMI and an orthoimage of Beijing Bird's Nest

2.5 From data-driving to application-driving: Service Oriented Architecture (SOA)

Service-Oriented Architecture (SOA) is a software system structure that achieves interoperability by packaging the program units which can accomplish a given task. It originates from distributed computing model, promoted by OMG (Object Management Group) and IONA and widely accepted as a standard.

Service-Oriented Integration (SOI) integrates the traditional objects with highly flexible Web Services. SOI provides an abstract interface. Systems are able to communicate with one another by this interface, instead of using low-layer protocols and self-defined programming interfaces to prescribe communication with other systems. The system only needs to appear in a form of service, select the interactive system, make simple discovery and bind with this service at runtime or in design.

Table 5. A Comparison of Data-Oriented Spatial Information Sharing and Service-Oriented Spatial Information Sharing

Items	Data-oriented spatial information sharing	Service-oriented spatial information sharing
Outcome form	Data of various scales	Different granularity service
Invocation interface	Data interface	Standardized service protocol

The method data updates	Periodic renewing	Dynamic, continuous, popular renewing as need
Sharing framework	By converting the format of data	Use the different granularity service
Requirements on operator	Professional, experienced personnel	Professionals and public
Security	Data security protocol or data encryption	Provide service contents, service form, service quality on agreement
Flexibility of use	Passivity of data searching	Registrability and detectability
Integration and Interoperability	Difficult in interoperation	Can realize interoperation between CORBA、DCOM and EJB with the standard protocol

There is a more intuitive example, as shown in Figure 15. Service-oriented spatial information sharing based on SOA provides data and tools for active measurement-on-demand service for users instead of just information, such as width of roads, position of toll gates, and so on, which is characteristic of data-oriented spatial information sharing.

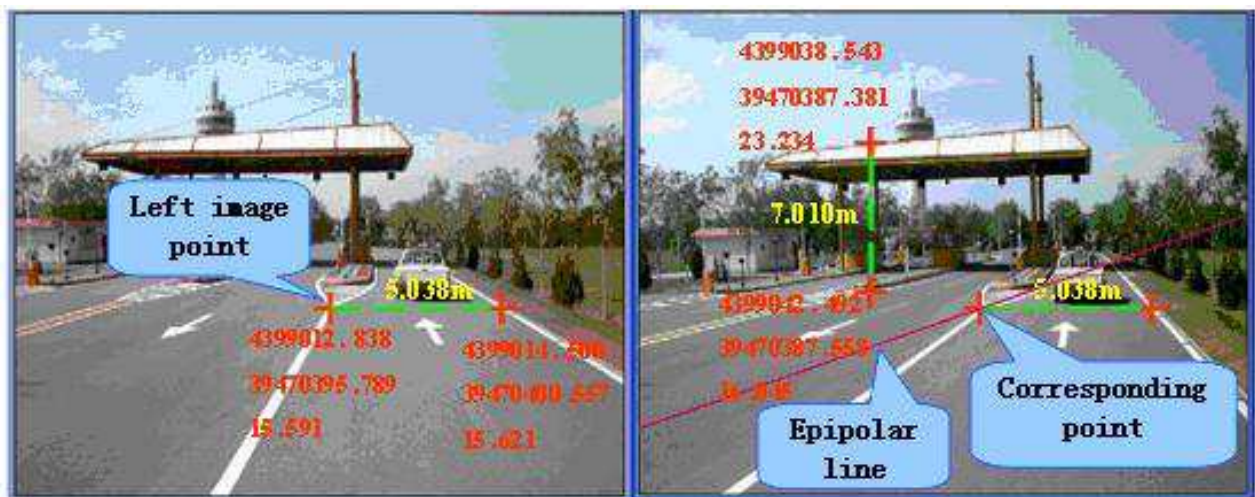


Figure 15. An example of SOA

3. Problems and Challenges in the New Geo-Information Era

As analyzed above, the new geo-information era provides geospatial information as rich as possible. However, this brings about problems and challenges as summarized below.

3.1 Out-of-order issues in geographic data collection and information proliferation

The out-of-order issues in data collection mean inconsistency among data format, data content, temporal-spatial characteristics etc. which needs to be solved through data interoperability and standardization of various types of original data.

Information proliferation is also a hot issue in the new era, as conflicts surface between the limited storage space and the information contents. Limited bandwidth transfer rate is not compatible with mass information transmission due to

unprecedented level of data uploading and downloading in case of emergency. How to distinguish useful and useless data efficiently and how to realize rapid publishing and sharing of geo-spatial information by using the grid technology are major issues.

3.2 Quality issues in geographic information updating

Traditionally, data uploading and updating are implemented based on standards by professionals, while, in the new geo-information era, general users are also data providers. The participation of users is conducive to data updating in real time, but how to guarantee updating quality is a problem, which may be resolved by some effective web standards and online checking tools.

3.3 Security issues in geographic information services

Security issues is also a problem which should not be neglected. For instance, high-resolution images, semantic information, orientation and attribute information about important departments and locations involve data security issue. For one thing, how to set security filter on the Internet for controlling information of high-precision needs to be solved.

3.4 Privacy issues in sharing geographic information

How to protect individual privacy in the web environment has attracted more and more attention nowadays. In the new geo-information era, the spatial information providers release services in the network, the related spatial information would be at high precision. At the same time, the end users may hope to access to the high-precision spatial information.

When high-resolution data are concerned with individual privacy, its protection becomes a pressing problem: how to find the balance between protecting personal privacy and sharing spatial information, when the high-precision data would come down to personal privacy. Currently, of the consensus among many countries is that privacy needs to be protected although divergences exist among different policies. For example, in America, street view websites have been complained that they infringe individual privacy in some aspects and have been warned by Privacy International. Therefore, legislative work is necessary.

3.5 Property issues in sharing geographic information

Although existing policies, laws and rules in surveying and mapping still play important role in monitoring and managing of geo-spatial information, they are not so effective in the new geo-information era.

There are many pressing problems, such as how to specify the ownership of property rights, the contents of property rights and the property location in geographic information sharing, and to satisfy the privacy requirement These require new laws and rules.

4. Strategies

The coming of new geo-information era represents developments and advancement of information technology. Some strategies in terms of standard,

planning, law, technology and application are essential for the opportunities and challenges discussed above.

4.1 Standards

New problems in new geo-information era require us to standardize rules and laws in the first instance and then to accomplish geo-spatial information services better.

Nowadays, conflicts between mounting earth observation data and pressing requirements from every walk of life lead to an embarrassing situation where there are more data but little information. In new geo-information era, geo-spatial information services based on DMIs represent s new direction in spatial data services, and its integration with grid services, interpretation services and telecommunication services provides solution to automation, intelligence and popularization of geo-spatial information.

4.2 Planning

In the new geo-information era, such rules as product secrecy protection and product quality control requirements need to be standardized. One typical example is to blur the vehicle identification number or human face by using certain technology. Furthermore, what needs to be standardized includes definition, content and relationship with other basic geographic information products. Also, technical specifications, technical requirements, testing methods, testing rules, distributing format and secrecy requirements of new products should be considered.

4.3 Laws

Such issues as right of privacy, property right and security brought by the new geo-information era need to be resolved by regulations and decrees on the legal level to restrict the behavior of the public. It is important that no infringement to privacy be conducted.

4.4 Technology

According to the characteristics of the new geo--information era, developments and promotion of high-tech with independent property rights on data obtaining, information processing, and knowledge discovering and intelligent services are indispensable for providing technical support to the construction of generalized spatial information Grid. At the same time, it is necessary to offer solution to information security and removal of personal privacy information automatically and technically.

4.5 Applications

Applications in different industries are encouraged to improve and enrich the annotations to geo-information. That is to say, it is necessary to make the contents and forms of new generation of geo-information as plentiful, vivid and abundant as possible to satisfy various requirements. These can be applied in many fields such as digital cities management, intelligent transport, police, roads, railways and so on.

Accordingly, the experiences on data collection, processing, quality control, standardization and application will be accumulated correspondingly.

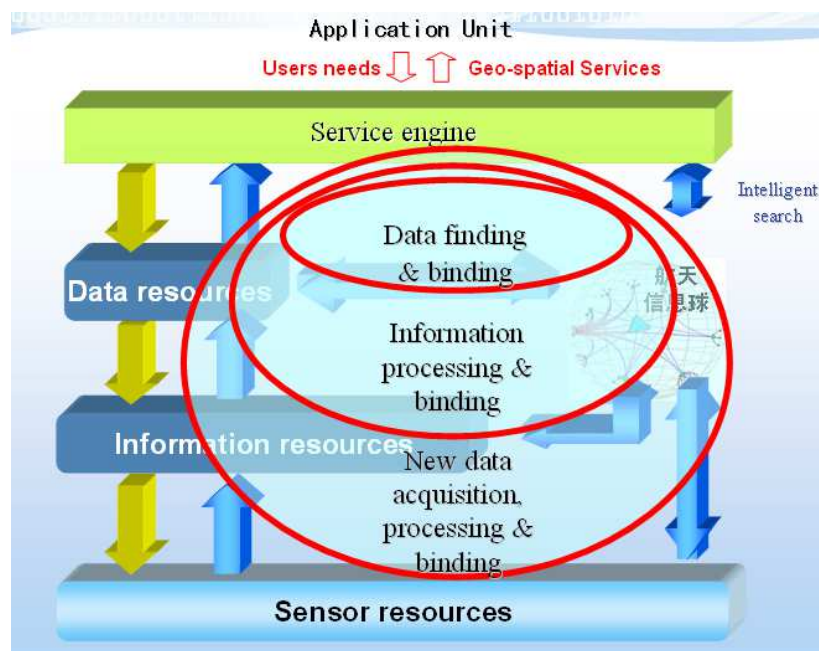


Figure 16. The task-oriented service mechanism

5. Conclusion

In this paper, the background to the new era of geo-information is analyzed at first. Then main features of the new geo-information era are compared with those of the traditional era. Problems and challenges faced by the new geo-information are then discussed, followed by strategies including standards, planning, laws, technology and applications.

The new Geo-Information era offer unprecedented opportunities for us. We have to develop better tools for storage, management, on-board processing, distribution and service of geo-spatial information in the environment of Grid computing and the next generation of Internet. The goal of the new geo-information era is to realize one-data collection-many-applications and measurement-on-demand. We will explore new strategies for handling the challenges.

In prospect, new geo-information era will boost the whole chain of geospatial information industry to prosperity. Geo-spatial information sharing will bring tremendous economic benefits for the whole world. The ultimate benefits of the new geo-information era is to realize geo-information for all.

REFERENCES

1. Ratcliff, E., 2007. Google Maps is changing the way we see the world. Wired 15.06, http://www.wired.com/techbiz/it/magazine/15-07/ff_maps.
2. Michael F. Goodchild, Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0, International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 2007, Vol. 2, 24-32.

3. Goodchild, M.F., P. Fu, and P. Rich, 2007. Sharing geographic information: an assessment of the Geospatial One-Stop. *Annals of the Association of American Geographers* 97(2): 249-265.
4. D. Li, On generalised and specialised spatial information grids: are geo-services ready? *International Journal of Digital Earth*, 2008(4): 315 – 325.
5. Scharl, A. and K. Tochtermann, editors, 2007. *The Geospatial Web: How Geobrowsers, Social Software and the Web 2.0 are Shaping the Network Society*. London: Springer.
6. Masser, I., 2007. *Building European Spatial Data Infrastructures*. Redlands, CA: ESRI Press.
7. Onsrud, H.J., 2007. *Research and Theory in Advanced Spatial Data Infrastructure Concepts*. Redlands, CA: ESRI Press.
8. www.googleearth.com.
9. www.microsoft.com/VIRTUALEARTH/
10. Web 2.0, Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software: <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>.
11. Fran Berman, Geoffrey Fox, Anthony J. G. Hey, *Grid Computing: Making the Global infrastructure a Reality*, <http://www.chinagrid.net/grid/paperppt/WGridComputing.pdf>.
12. Vincent Tao, Steve H.L. Liang, Arie Croitoru, Zia Haider, and Chris Wang (2004), *GeoSWIFT: Open Geospatial Sensing Services for Sensor Web*, Book chapter in *GeoSensor Networks*. eds. A. Stefanidis & S. Nittel, CRC Press, 2004.
13. <http://ogc.ows-4>.

Corresponding author:

Name: Deren LI

Phone: 86 27 6877 8001

Fax : 86 27 6877 8001

Email: drli@whu.edu.cn

Full postal address: State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Hubei province, P.R. China, 430079

About the first author: Prof.Dr..h.c Li Deren, professor and PhD supervisor of Wuhan University, member of the Chinese Academy of Sciences, the Chinese Academy of Engineering and the Euro-Asia International Academy of Science. He has concentrated on the research and education in multi-media communication, spatial information science and technology spanning remote sensing (RS), global positioning system (GPS) and geographic information system (GIS). His recent research interests include theories and methods for spatial information multi-grid, data mining and knowledge discovery, theories and applications of generalized and specialized spatial information grid, etc.

УДК528.44

Геза Петер Юхас

Фирма VÁTI, Венгрия

E-mail: gjuhasz@vati.hu

ГЕОДААННЫЕ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ (TEIR)

Géza Péter Juhász

VÁTI Hungarian Public Nonprofit Company for
Regional Development and Town Planning

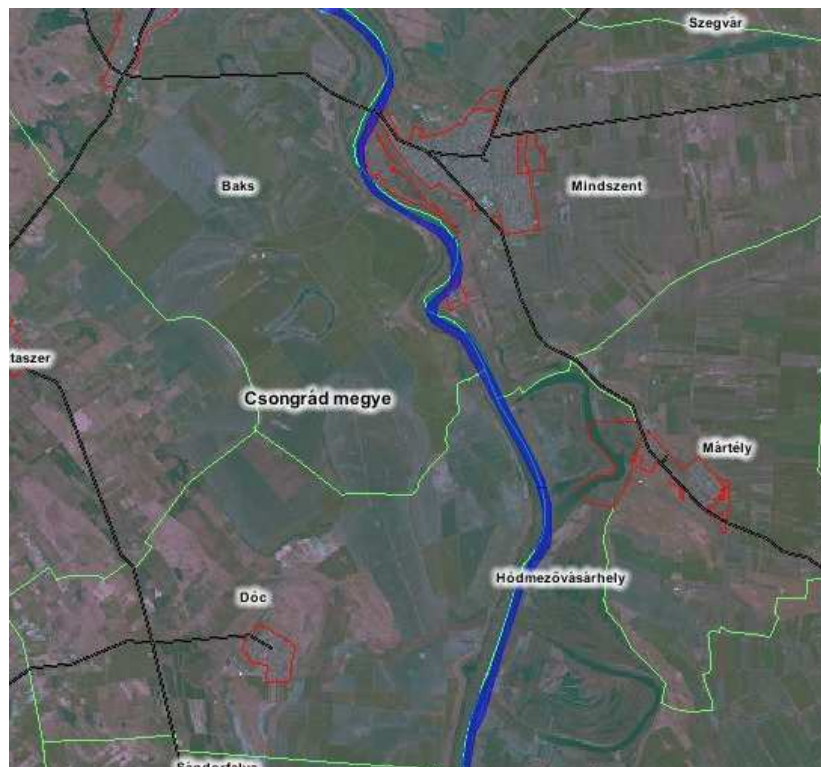
Hungary

E-mail: gjuhasz@vati.hu

<http://www.vati.hu>

GEODATA IN THE NATIONAL REGIONAL DEVELOPMENT AND SPATIAL PLANNING INFORMATION SYSTEM (TEIR)

The "TeIR" is a web based operative system, which provides data and accessibility on the whole territory of Hungary.



The principle of the TeIR is an initiative enabling users from diverse area of specialties to use and analyze solid spatial related data. It includes several expertly operated services, that help for landscape and territorial planners, analyzers in their work. The Ministry for National Development and Economy is the principal of the

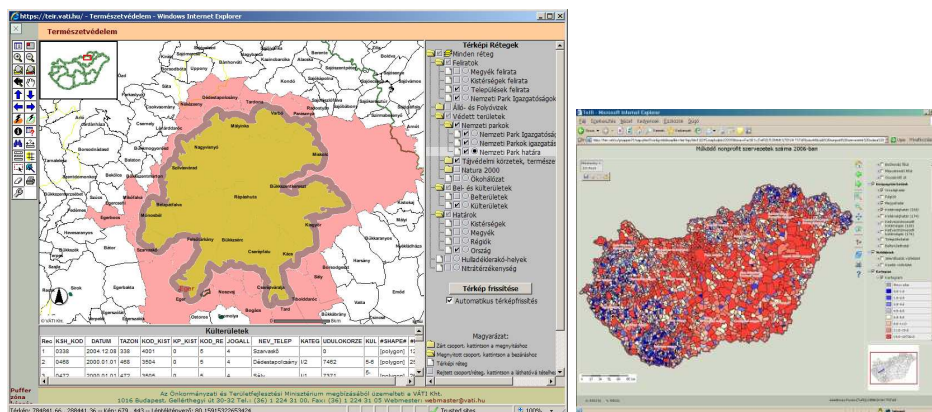
operation of the System, which has been developed since 1997 and contains a huge amount of spatial related data from several companies and organisations.

Data examples:

- CSO Census and local statistic data from 1970
- Personal and corporate income tax data from 1992
- Regional Development Funds from 1999
- Digital Topographical Base Map M=1:50000 (DTA50: MH-TÉHI) – supplemented by the data of the track line facilities in suburban areas
- Corine Landcover (FÖMI)
- Agrotopography (MTA-TAKI)
- Protected areas (Nature Preservation Office)
- Forestry database (Ministry of Agriculture, Forest Management service)
- Unemployment statistics in quarterly breakdown from 1993.

Stakeholders:

- Central and local governmental offices (mainly)



- Universities
- Non-profit organisations
- Commercial companies (since 2007)

© Геза Пемер Юхас, 2009

УДК 528:006

Ханс Кнооп

Технический университет Брауншвейга, Германия

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ И
ЕВРОПЕЙСКИЙ КОМИТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА, КАДАСТРА, ТОПОГРАФИИ И ГЕОДЕЗИИ -
НЕМЕЦКИЙ ВКЛАД В ЕВРОПЕЙСКУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Pr. Dr. Hans Knoop

Technical University of Braunschweig, Germany

E-mail: hans.knoop@gmx.de

ISO AND CEN EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION LAND
MANAGEMENT, CADASTRE, TOPOGRAPHY AND GEODESY -GERMAN
CONTRIBUTION TO EUROPEAN SDI

Abstract

Geo Data Infrastructures are unsustainable for the information- and communication society and have an approved benefit for administration, economy and all citizens. As an important example of Geospatial Policies in Europe a respective system is currently under development. By entry into force of the INSPIRE Directive (Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) of the European Union in May 2007, a European Spatial Data Infrastructure will be built up, based on the National Spatial Data Infrastructures of the Member States. Metadata, Geospatial Data and Services have to be provided compliant with international standards.

An important part of a Spatial Data Infrastructure (SDI) is the official Geospatial Base Data, which are provided in general by the Surveying- and Cadastral Administrations. E.g. in Germany the AdV, the Working Committee of the Surveying Authorities of the States of the Federal Republic of Germany, had already decided in the 90's to describe their information systems in a consistent, ISO based data model - the 'AAA' - Model as an integrated system of Control Network (AFIS), Cadastral Data (ALKIS), and Topographical – Cartographical Data (ATKIS).

On the basis of the current and future global demand of geoinformation and their possibilities the presentation will show the establishment of the European Spatial Data Infrastructure, and the AAA-Data Model with its consequent use of ISO standards, which, among others, qualifies the official Geospatial Base Data in Germany for INSPIRE. The Geodata infrastructure of Germany, GDI DE, will be described, also the technical professional positions and activities, concerning GDI-DE as a joint and integrated task on national, state and community levels, including the steps of implementation and the respective schedule.

Besides of information about development in Europe and its member states, the author raises the question, if philosophy and connected experiences of this solution could be example for other regional and national GSDI developments in the world, too.

© Ханс Кноон, 2009

УДК 528:629.783

Крис Ризос

Университет штата Новый Южный Уэльс, Австралия

Джозель ван Крейненброк

Leica Geosystems, Швейцария

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ «СЕТЬ ГНСС – КИНЕМАТИКА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ»: АНАЛИЗ НОВОГО ПОДХОДА

Chris Rizos

School of Surveying & Spatial Information Systems

University of New South Wales, Sydney NSW 2049

Australia

Joel van Cranenbroeck

GNSS Networks & Geodetic Monitoring

Leica Geosystems

Heerbrugg, Switzerland

DEFORMATION MONITORING USING NETWORK-RTK PRINCIPLES: CASE STUDIES OF A NEW APPROACH

Abstract

GNSS technology is being extensively used for monitoring the movement of engineering structures such as bridges, tall buildings, dams, breakwaters, etc. Large structures have many GNSS receivers installed on them, and this trend is expected to continue unabated. Several other trends are also emerging:

1. Integrated deformation monitoring systems, consisting of some or all of the following hardware components: GNSS receivers, optical total stations, digital levels, laser alignment devices, inclinometers, accelerometers, strainmeters, anenometers, meteorological sensors, and others.
2. Real-time kinematic (RTK) being almost exclusively the GNSS technique that is used.
3. The use of low-cost L1-only GNSS sensors on the deforming structure, that simply data stream raw GNSS data to a central facility for processing.
4. Sophisticated system control platforms that link to and manage the data logging and control of many sensors (including GNSS), as well as real-time generation and analysis of resulting displacement time series.
5. Increasing interest in taking advantage of installed GNSS reference station infrastructure, rather than establishing reference stations specifically for the monitoring project.

What is clear is that the RTK-GNSS technology is the core component. There are nevertheless challenges in using GNSS. For example, structures such as bridges may provide few points where the GNSS sensors can have clear sky view, and GNSS coordinate accuracy is vulnerable to satellite geometry (number of visible satellites and their distribution in the sky). Another shortcoming of GNSS is that the accuracy of the derived vertical (height) coordinate is less accurate than the horizontal components. GNSS is also vulnerable to signal multipath disturbance from the structure itself. However, perhaps the most severe challenge is logistical. RTK-GNSS requires a GNSS reference station located nearby, on a stable reference mark.

The issue of reference stations is particularly problematic for deformation monitoring applications. For example, in built up downtown/urban areas (where tall buildings are located), or rugged natural terrain (typically where long bridges and dams are sited), it may be difficult to setup a stable GNSS reference receiver. This is even more of a challenge if a pre-existing continuously operating reference station (CORS) is to be used. It may be located too far away from the structure being monitored, and hence the GNSS sensor coordinate accuracy will suffer due to baseline length-dependent errors (particularly due to the atmospheric delay, and especially if the GNSS sensor is capable of L1-only tracking).

The use of clusters of CORS to support network-RTK (N-RTK) operations within their area of coverage is now very common. N-RTK is a very viable technique for use as the underlying technological base for regional and local high productivity, real-time, high accuracy services, with less installed CORS infrastructure than would otherwise be necessary if the single-base RTK-GNSS technique were to be used.

In this paper, a new deformation monitoring concept that uses N-RTK principles will be described. Test results from two projects in Hong Kong will be presented to demonstrate the superior results of this implementation of the N-RTK service, using single-frequency GNSS sensors, in a region where the ionospheric refraction effects are large and unpredictable.

© Крис Ризос, Джоэль ван Крейненброк, 2009

УДК 528.9:004

Йорген Застрау

Университет ХафенСити Гамбурга

Факультет геоматики, Германия

E-mail: juergen.zastraу@hcu-hamburg.de

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В УНИВЕРСИТЕТЕ ХАФЕНСИТИ ГАМБУРГА

Prof. Dr. Juergen Zastraу

HafenCity Universität Hamburg

Department Geomatics

Hebebrandstr. 122297 Hamburg

Phone: +49 40 428 27 5450

Fax: +49 40 428 27 5399

E-mail: juergen.zastraу@hcu-hamburg.de

NEUESTE INFORMATIONSSYSTEME DER HAFENCITY UNIVERSITÄT HAMBURG

1. „Stolpersteine“-Informationssystem Hamburg

Das „Stolpersteine“-Informationssystem Hamburg wurde 2008 im Rahmen der Diplomarbeit von Dilek Belek an der HafenCity Universität Hamburg (HCU Hamburg) erstellt. Betreuer waren Prof. Dr. Karl-Peter Traub und Prof. Dr. Juergen Zastraу.



„Stolpersteine“ ist „Ein Projekt, das die Erinnerung an die Vertreibung und Vernichtung der Juden, der Zigeuner, der politisch Verfolgten, der Homosexuellen, der Zeugen Jehovas und der Euthanasieopfer im Nationalsozialismus lebendig erhält“ (GUNTER DEMNIG).

Gunter Demnig, geb. 1955, ein Kölner Künstler, will mit diesem Kunstprojekt an diese Menschen erinnern, indem er vor ihrem letzten selbst gewählten Wohnort Gedenksteine aus Messing in den Gehweg einlässt. In mehr als 300 Orten Deutschlands wurden seit 1996 (anfangs in Berlin noch illegal, später dann legalisiert) „Stolpersteine“ gesetzt. In Hamburg begann die Aktion im Jahre 2002, bis 2008 wurden bereits mehr als 2.000 „Stolpersteine“ gesetzt. (Herr Demnig erhielt für seine Idee im Jahre 2005 den Verdienstorden der Bundesrepublik Deutschland.)

Die Hamburger Gedenksteine sind registriert in

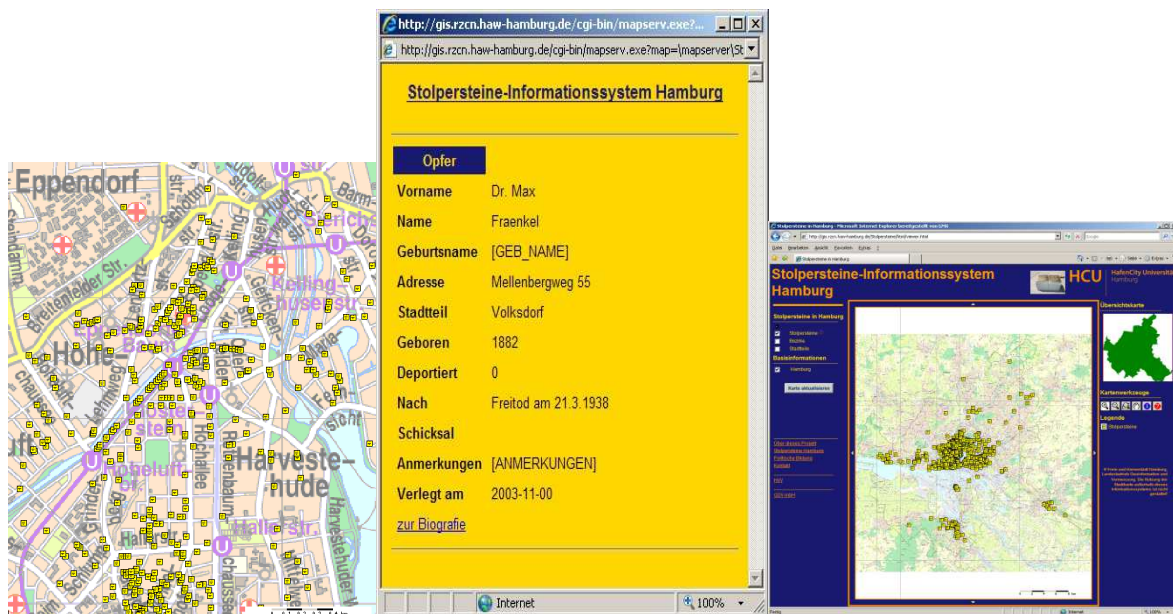


einer umfassenden Datei, jedoch nicht visualisiert auf dem Bildschirm abrufbar bzw. im Internet zugänglich.

Die HCU Hamburg hatte daher 2008 diese Diplomarbeit ausgeschrieben, mit der die Hamburger „Stolpersteine“ im Internet abrufbar sein sollten, selbstverständlich verbunden mit den entsprechenden Informationen über die betroffenen Personen.

Wie sagt der Künstler Demnig? „Um den Stein lesen zu können, muss man sich vor dem Opfer verbeugen.“ Und so ist es auch: Um einen „Stolperstein“ zu lesen, muss man sich vor ihm bücken! Ein „Stolperstein“ fängt an mit den Worten: „Hier lebte ...“ oder „Hier wirkte ...“

In dem im Rahmen der Diplomarbeit erstellten Informationssystem wurden alle „Stolpersteine“, die in Hamburg seit 2002 bis 2008 gesetzt wurden, erfasst und in ein Informationssystem eingearbeitet.



Die Arbeit ergibt nicht nur die Möglichkeit aufzuzeigen, wo „Stolpersteine“ in Hamburg in Gehwegen zu finden sind, sondern auch die Möglichkeit zu erfahren, welche Persönlichkeiten sich hinter den „Stolpersteinen“ „verbergen“. Durch eine entsprechende Abfrageeinrichtung ist es möglich, Informationen über das oder die Opfer zu erfahren.

Das „Stolpersteine“-Informationssystem kann unter:
<http://gis.rzcn.haw-hamburg.de> im Internet aufgerufen werden.

2. Ein Brücken-Informationssystem für Hamburg (BrueGIS Hamburg)

1. Einleitung

Hamburg hatte im Jahre 1842 (4. bis 8. Mai) eine schwere Katastrophe erleben müssen: ein großer Brand brachte 51 Tote, 1.700 zerstörte Häuser in der Innenstadt vernichtete fast alle für die Stadt lebensnotwendigen Brücken. Sie waren aus Holz und wurden durch den großen Brand zerstört! Der Hamburger Rat setzte 1846 einen „Brückenbaumeister“ ein, Johann Hermann Maack. Er veranlasste, dass neue

Brücken aus Stein gebaut wurden, später aus Stahl und Beton, Hamburg hat heute nur „neue“ Brücken!!!

Hamburg ist eine Stadt, die auf und mit dem Wasser lebt. Hamburg hat schöne Brücken und vor allen Dingen viele: Straßenbrücken, Eisenbahnbrücken, Fußgängerbrücken, Brücken die der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH), dem Hamburger Verkehrsverbund (HVV), der Deutschen Bahn AG (DB) oder der Altona-Kaltenkirchen-Neumünster Eisenbahn AG (AKN) gehören.

Hamburg hat nicht nur die Elbbrücken, wie sie im Internet zu finden sind!

Im Jahre 2006 wurde mit Studierenden des Departments Geomatik der HCU Hamburg ein Projekt, veranlasst von Prof. Dr. K.-P. Traub und Prof. Dr. J. Zastrau, gestartet, bei dem ein Informationssystem für alle touristisch interessanten Hamburger Brücken erstellt werden sollte - ein sehr umfangreiches und schwieriges Unterfangen, für das die wünschenswerten Daten nur ungern aus sicherheitstechnischen Gründen von den Eigentümern der Brücken freigegeben wurden. Das Informationssystem sollte so ausgelegt werden, dass ein Besucher sich im Internet informieren kann, wie er zu Fuß, mit dem Bus oder Bahn oder mit dem Schiff eine vorgeschlagene touristische Route einschlagen kann, um sehenswerte Brücken zu erleben.



Ein technisch ausgerichtetes IS war ursprünglich vorgesehen, erwies sich aber bereits nach kurzer Zeit innerhalb eines Studienbetriebs als nicht durchführbar.

2. Die Eigentümersituation

Als Eigentümer der Hamburger Brücken treten auf.
die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH).

1. Der Freien und Hansestadt Hamburg gehören alle Straßenverkehrsbrücken sowie reine Fußgängerbrücken. Jedoch gibt es in Hamburg keine zentrale Zuständigkeit für alle Brücken. Die Zuständigkeit ist auf verschiedene Ämter verteilt. Zum Beispiel gehört eine Fußgängerbrücke in



einem Umweltschutzgebiet an der Alster in die Zuständigkeit der Umweltbehörde, eine Brücke im Hafengebiet in die Zuständigkeit des Amtes für Strom- und Hafenbau.

2. Die Hamburger Hochbahn Der Hochbahn gehören alle Brücken ihrer Metro-Bahnen U1, U2 und U3. Nur im Zentrum sind diese Linien, abgesehen von der U2 am Hafen, unterirdisch verlegt; außerhalb des Zentrums verlaufen die Linien oberirdisch, überqueren Straßen, Flüsse, Kanäle oder Bäche kreuzungsfrei mit Brücken, d.h. ca. 90 % der Strecken ist oberirdisch.



3. Die Deutsche Bahn AG (DB)

Die DB verfügt über ein eigenes Streckennetz, das den Fernverkehr Hamburgs versorgt sowie ein Hamburg internes Streckennetz zur Versorgung des öffentlichen Personalverkehrs (ÖPNV der DB) anbietet. Die DB hat hierfür die Linien S1, S2, S3 sowie Regionallinien, die über Hamburgs Grenzen hinausgehen. Auch für die DB-Linien gilt, dass ca. 90 % oberirdisch verlaufen, kreuzungsfrei sind Zum größten Teil führt die DB ihre ÖPNV-Strecken parallel zu denen des Fernverkehrs, es werden zum Teil gleiche Brücken verwendet.

4. Private Eigentümer

Brücken auf privaten Grundstücken sollten nicht erfasst werden! Sie sind weder für touristische noch verkehrstechnische Zwecke von entscheidender Bedeutung.

3. *Qualifizierte Merkmale von Brücken für ein Informationssystem*

Entscheidende Merkmale für Brücken sind u.a.

- Der Name (Registrierung und Foto)
- Die Zugehörigkeit (Zuständigkeit)
- Das Alter
- Die letzte Instandsetzung (Reparatur)
- das Material mit klarer Beschreibung der Materialien
- Die Länge
- Die Breite
- Die Nutzungsart
- Die Tragfähigkeit
- Die Position
- Das Vermessungsnetz der Brücke

Wünschenswert wären natürlich auch noch weitere Charakteristika, wie

- Dauer der Bauzeit
- beteiligte Baufirmen (Ausschreibungsunterlagen)
- Erstellungskosten
- bisherige Instandhaltungskosten
- ...

4. Sinn und Zweck eines Brückeninformationssystems für Hamburg

Hamburg ist eine Stadt, die auf Tourismus

- Angewiesen ist.
- Hamburg hat sehr viele extravagante

Brücken

- Hamburg hat ein umfangreiches
offenes Gewässernetz und dadurch mehr als
2.600 Brücken.

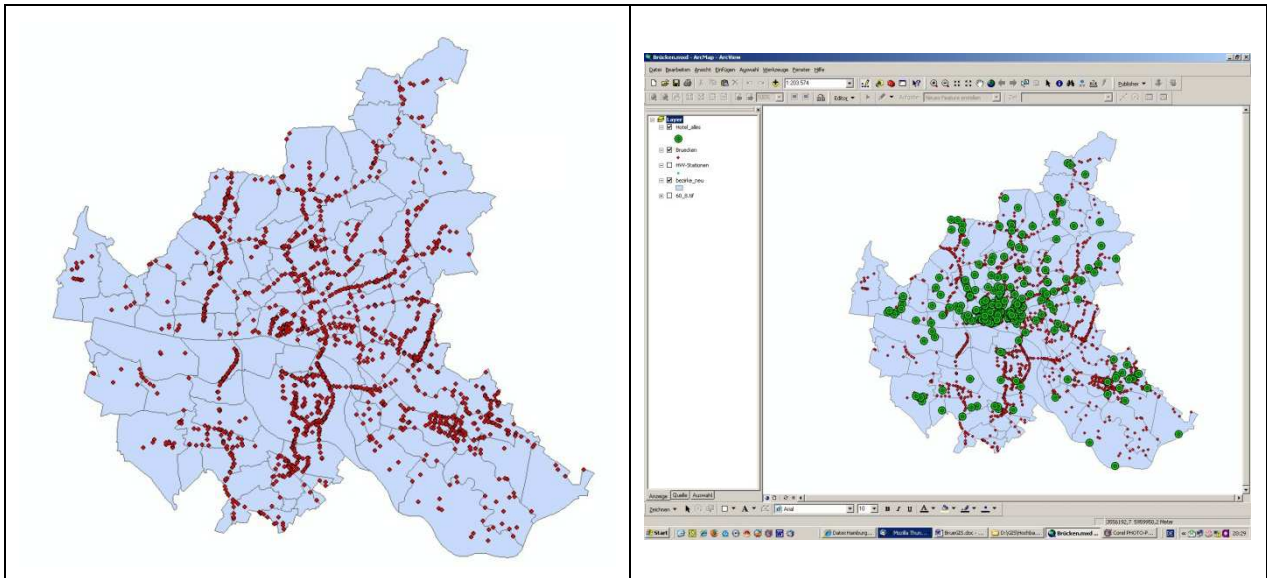


5. Stand des Projektes BrueGIS Hamburg

Circa 1700 Brücken wurden bis 2008 in das Informationssystem aufgenommen.

Dazu wurden Vorschläge für Spaziergänge von Brücke zu Brücke bzw. für Bus-, Bahn- oder Schiffsfahrten erarbeitet.

Ist die Frage nach einem geeigneten Hotel gestellt, so kann diese leicht durch eine Kombination beantwortet werden.



6. Fazit für BrueGIS Hamburg

Die Zuständigkeiten für die Brücken waren ein großes Hindernis, ein umfassendes Informationssystem zu erstellen. Ursprünglich vorgesehen war sogar, geodätische Daten für jede Brücke in das Projekt einzubeziehen: Welches Vermessungsnetz wurde angelegt?

Dieses stellte sich aber als völlig illusorisch heraus, da hiermit zu viele „geheime“ Daten der Öffentlichkeit preisgegeben werden würden. Keine Behörde, kein Amt war bereit, uns hierfür Informationen zur Verfügung zu stellen.

Die Folge war, dass auf viele Daten der Brücken verzichtet werden musste und dass nur eine eingeschränkte Anzahl im Anfangsstadium des Projektes erfasst werden konnte. Es musste also eine einheitliche Informations-Struktur für alle Brücken gefunden werden, die der Zugänglichkeit zu den Daten gerecht werden sollte.

Die Struktur sollte in sog. „Brückenblättern“ festgehalten werden. Ein „Brückenblatt“ sollte demnach mindestens folgende Daten enthalten:

- Name der Brücke
- Foto der Brücke
- Gebiet
- Name des Gewässers,
- das überquert wird
- Brückentyp (Straßenverkehr,
- Fußgängerbrücke, Eisenbahnbrücke)
- Baujahr
- Länge
- Breite
- Koordinate

Sollten weitere Daten, wie

- Baumaterial
- statischer Zustand
- Belastbarkeit
- Auch bekannt sein, dann sollten sie hinzugenommen werden.

Auch die Attraktivität der Brücke und ihr Zustand sollten, wenn möglich, einbezogen werden, im Allgemeinen jedoch durch ein oder vielleicht zwei Fotos und den Hinweis, wie die Brücke erreichbar ist. Ansonsten sollte ein „Note“ von 1 bis 4 vergeben werden.

Das Projekt gestaltete sich als sehr umfangreich und sehr schwierig. Denn Hamburg hat mehr Brücken als die Stadt, von der man es erwarten würde, nämlich Venedig!

Hamburg hat ein umfangreiches offenes Gewässernetz und dadurch mehr als 2.600 Brücken, von denen lediglich 1.572 mit Namen und Position uns, der HCU, bekannt sind.

Dabei sind nicht einmal die Brücken erfasst, die durch Regionalverbindungen in das Hamburger Gebiet durch nicht Hamburger ÖVNP-Betriebe, wie DB und AKN, vorhanden sind.

Mit dem Versuch, ein BrueGIS zu erstellen, hat sich herausgestellt, dass auch wir nicht nach 2 Jahren Arbeit genau sagen können, wie viele Brücken in Hamburg wirklich existieren. Es sind sicher mehr, als es der Hamburger Staat weiß!

Das BrueGIS der HCU konnte bis zum jetzigen Zeitpunkt leider nicht mit dem ursprünglichen Ziel, bereits 2008 im Internet angeboten zu werden, abschließend behandelt werden. Zu groß waren die Schwierigkeiten, die gewünschten Daten von den Behörden, Ämtern, Abteilungen zu erhalten. Die HCU ist im Moment dabei, einen Zwischenbericht im Internet über die Vielzahl und die Attraktivität der Hamburger Brücken 2009 anzubieten. Der Zwischenbericht wird wahrscheinlich im Sommer dieses Jahres erfolgen.

УДК 528.926:004

А.П. Карпик, Д.В. Лисицкий

СГГА, Новосибирск

ЭЛЕКТРОННОЕ ГЕОПРОСТРАНСТВО – СУЩНОСТЬ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ

A.P. Karpik, D.V. Lisitsky

SSGA, Novosibirsk

DIGITAL GEOSPACE CONCEPTS AND CONCEPTUAL FRAMEWORKS

In recent years due to the global development, informatization and computerization new trends have occurred in geosciences, concepts of geodesy and cartography are also changed. A variety of new notions were appeared creating a new conceptual field. Among these notions it should be mentioned follows: geoinformation and geoinformation environment, spatial data infrastructure, Web geobrowsers and geoportals, Web-GIS, Cyber GIS, information frameworks, network metadata catalogues, digital Earth and digital cities, etc. From our point of view, a digital geospace represents a spatial content of geospace and structurally consists of three large components: geoinformation and technosphere, geoinformation and business legislation and economic activities, and geoinformation environment.

В последние годы, в связи с глобальной информатизацией и компьютеризацией общества, в области наук о Земле стали проявляться новые тенденции развития, стала изменяться сущность геодезии и картографии [1], появился целый ряд новых понятий, создающих новое понятийное поле и находящихся в определенных взаимосвязях между собой. Это такие понятия, как геоинформация и геоинформационное пространство [2], инфраструктура пространственных данных, метаданные, WEB-геосервисы, ГИС-серверы, информационно-коммуникационные системы, сетевые каталоги метаданных и др. Особое место занимают понятия, образованные добавлением к известным терминам прилагательных «электронный» или «цифровой». Не вдаваясь глубоко в теоретические аспекты этой терминологии, можно обобщенно представить сущность осуществляемых преобразований и соответствующих им новых понятий следующим образом:

– Термин «электронный (ая, ое)» указывает на предоставление и обмен информацией и/или осуществление каких-либо действий (управленческих, коммерческих и т. п.) с использованием электронных технических устройств, составляющих основу информационно-коммуникационных систем и технологий. Отсюда появились такие понятия, как электронные книги, деньги, карты, билеты, платежи, музыка, документы, почта, банки, коммерция, кассиры и т.п.;

– Термин «цифровой (ая, ое)» подчеркивает цифровую форму (формат) представления и обработки информации. Этот термин породил такие понятия, как цифровые данные, информация, картография, энергетика, наследие, библиотека, обработка, модель и др.

Таким образом, термин «цифровой» ориентирован на компьютерное представление информации, а термин «электронный» является более общим и охватывает как соответствующую компьютерную форму представления информации, так и техническую базу для её получения, передачи, хранения, обработки и воспроизведения.

Глобальные преобразования, отражающиеся в новых терминах и понятиях, получают все более широкое распространение. При этом наблюдается тенденция восхождения от отдельных, частных вопросов компьютеризации и использования электронной техники к глобальным представлениям геоинформации и преобразованиям целых сфер экономики и жизнедеятельности общества. Примером здесь могут служить такие ёмкие понятия, как «электронное государство», «электронное правительство», «электронная коммерция», «электронный бизнес», «цифровая Земля», «цифровое государство», «цифровой город», «цифровое лесное хозяйство» и др. В технической литературе приводятся различные толкования этих терминов, из обобщения которых можно представить смысловое содержание некоторых наиболее важных понятий следующим образом:

– Электронное государство – новый способ осуществления информационной (в том числе геоинформационной) поддержки деятельности государства при помощи информационно-коммуникационных систем (ИКТ), обеспечивающий повышение качества и оперативности государственного управления;

– Электронное правительство – новая форма организации деятельности правительственных органов на базе электронных средств обработки, передачи и распространения информации, обеспечивающая качественно новый уровень оперативности, эффективности, доступности и удобства получения гражданами и организациями государственных услуг, а также информированности населения о результатах деятельности правительства;

– Электронная коммерция – новый уровень взаимодействия с потребителем в сфере продаж с широким использованием электронной техники, Интернет-технологий и информационных систем;

– Электронный бизнес – новая модель организации бизнеса, в которой обмен бизнес-информацией, бизнес-процессы и коммерческие транзакции осуществляются с помощью информационно-коммуникационных систем;

– Цифровая Земля (государство, город, предприятие, объект) – компьютеризованная, многомерная, разномасштабная, мультимедийная и многоуровневая информационная система, отображающая определенное пространство и/или сферу деятельности [3];

– Инфраструктура пространственных данных – это система базовых пространственных данных и метаданных, которая обеспечивает широкий доступ и использование территориальных информационных ресурсов гражданами, организациями, органами власти и самоуправления с помощью информационно-коммуникационных систем.

Как видно из самих терминов и приведенных их смысловых представлений, перечисленные виды деятельности характеризуются общим признаком применения электронной техники, информационно-коммуникационных систем, Интернет-технологий, цифровой формой представления информации с целью качественного повышения своего уровня и более широкого использования информационных ресурсов. Кроме того, все они осуществляются на определённой территории и в связи с этим связаны с различными объектами (процессами, явлениями, событиями) окружающего нас географического пространства – геопространства.

Каждый объект геопространства характеризуется своими пространственными свойствами – местоположением, формой и размерами, что и отображается соответствующим видом информации – геоинформацией (ГИ). Отсюда в предметной области геодезии, картографии, геоинформатики и других наук о Земле возникает задача задания новой формы, нового уровня представления информации об окружающем нас пространстве на базе электронной техники, цифровых форматов данных, ГИС-обработки, информационно-коммуникационных систем и Интернет-технологий.

Таким образом, на современном этапе развития человеческой деятельности необходимо обоснование сущности и основных концептуальных моментов нового системного геоинформационного представления геопространства. Такое представление предлагается, по аналогии с вышеприведенными понятиями, обозначить термином «электронное геопространство».

В нашем представлении, электронное геопространство отражает пространственную сущность геопространства и структурно включает три крупных компонента: геоинформационную техносферу, геоинформационную организационно-правовую и экономическую сферу и геоинформационное пространство.

Геопространство – это совокупность находящихся на территории (над, под территорией) географических объектов природного и техногенного характера, природных явлений, техногенных и природных процессов и событий, обладающих интересующими нас пространственными свойствами.

Геоинформационная техносфера представляет собой совокупность электронных технических средств, программного и методического обеспечений, геоинформационных систем и технологий, с помощью которых осуществляется сбор, передача, обработка, накопление, хранение и воспроизведение геоинформации и конечных геоинформационных продуктов, т. е. является материально-технической базой геоинформационного процесса.

Геоинформационная организационно-правовая и экономическая сфера объединяет различные организационные структуры, правовые механизмы,

экономические, в том числе финансовые, решения, обеспечивающие эффективные рыночные условия для получения и использования геоинформации.

Геоинформационное пространство представляет собой совокупность информационных координированных компьютерных моделей геопространства и является цифровым описанием совокупности частных представлений изучаемого геопространства, созданным человеком в компьютерной среде, это предназначено для компьютерного использования при решении пространственных задач и выработке пространственных решений. Сущность, основные свойства и методологические основы построения геоинформационного пространства достаточно детально приведены в работе [2].

Каждый из рассмотренных компонентов электронного геопространства может быть подвергнут дальнейшей декомпозиции с разных точек зрения, однако современные тенденции получения и использования геоинформационных ресурсов в экономике и обществе направлены:

- На выделение общественно значимых (базовых) геоданных и систем доступа к ним;
- На представление и предоставление геоинформации в цифровой форме.

С рассмотренных позиций, структура электронного геопространства может быть представлена рисунком, на котором само электронное пространство показано сплошной линией и выделены важные структурные подмножества – цифровая Земля (показана пунктиром) и инфраструктура пространственных данных (показана штриховым контуром). Необходимо пояснить, что термины «частная геоинформация» и «частные решения» здесь применены не в смысле формы собственности, а для обозначения остальных решений и остальной геоинформации («небазовой»), которые могут касаться отдельных отраслей, организаций и граждан. Еще одно пояснение касается понятия цифровой Земли – следует иметь в виду, что это направление выходит за рамки электронного геопространства, поскольку охватывает не только территориальные объекты, но и различные сферы деятельности (здравоохранение, энергетику, экологию, культурное наследие и др.).

Таким образом, в области наук о Земле и, в частности, на стыке геодезии, картографии и геоинформатики в современных условиях формируется новое междисциплинарное комплексное научное направление по обоснованию и реализации электронного геопространства, в котором можно четко выделить пять самостоятельных (частично пересекаемых) сфер деятельности и соответствующих им исследований:

1. Создание общего геоинформационного пространства, отражающего пространственные свойства окружающего нас геопространства и содержащего геоинформацию, геоинформационные модели, цифровые и электронные карты; научные исследования в этой области ориентированы на разработку информационных аспектов, в том числе содержания геоинформации, структур и

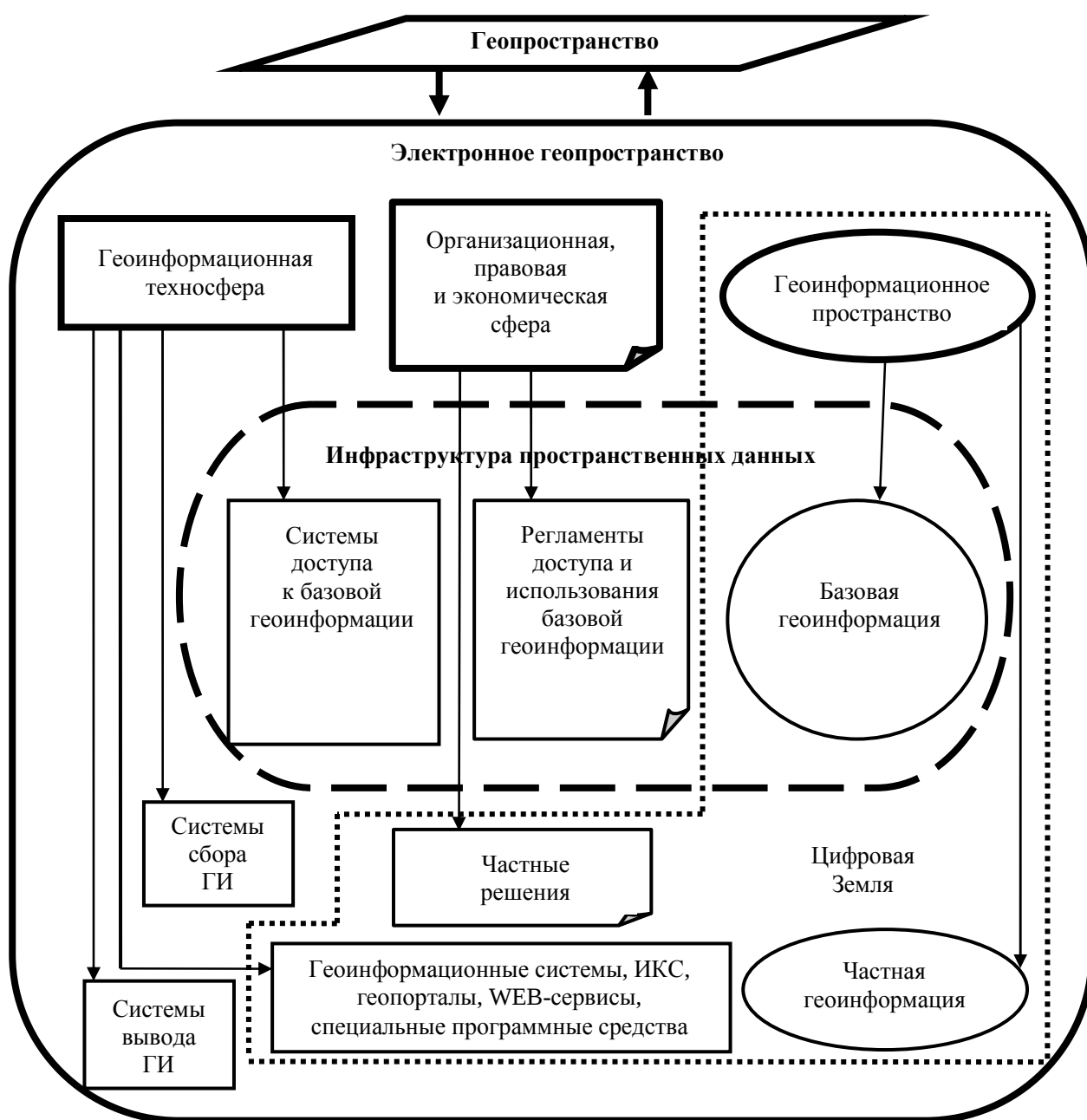
форматов данных, каталогов объектов и их свойств, правил цифрового описания, вопросов создания и ведения территориальных банков данных и т.п.

2. Комплектование и освоение геоинформационной техносферы, включающей современные системы (технические средства, программное обеспечение, структуры и форматы данных, технологии) сбора геоинформации разными методами (GPS-измерения, цифровое дистанционное зондирование, лазерное сканирование и др.), системы ГИС-обработки и информационных коммуникаций, системы вывода, визуализации и воспроизведения геоинформационных продуктов. Тематика научных исследований здесь охватывает аппаратные, методические и программно-технологические разработки.

3. Формирование и реализация общей организационно-правовой и экономической основы получения и использования в экономике и обществе геоинформации и различных геоинформационных продуктов; здесь научные разработки должны иметь организационную, юридическую и экономическую направленность.

4. Введение в действие и функционирование инфраструктуры пространственных данных для разных территориальных образований (уровней) на основе принятых соглашений и норм. Научные разработки в этой области в первую очередь должны быть направлены на выработку общеприемлемых согласованных решений по составу, структурам, форматам, системам и регламентам доступа к базовой геоинформации, а также по финансовым, режимным, правовым и организационным вопросам.

5. Создание цифровой Земли для разных территориальных уровней, разных объектов, процессов и видов деятельности; научные исследования в рамках этого проекта должны быть ориентированы на разработку содержания и структур накапливаемой информации, технологий распределенной обработки, управления данными, выявления, доступа и использования знаний о геопространстве, многомерного пространственного моделирования, представления в сети Интернет.



Структура электронного геопространства

Высказанные соображения имеют целью обобщить, систематизировать и сгруппировать в единое направление деятельности и научных разработок разные проекты и подходы к дальнейшему развитию наук о Земле в связи с глобальной информатизацией и компьютеризацией человечества, стремительным прогрессом в области телекоммуникаций и, в первую очередь, сети Интернет. В качестве такого интегрирующего понятия предложен и описан термин «электронное геопространство», как возможный предмет дальнейших дискуссий в данной области наших знаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д.В. Глобальные изменения сущности и роли картографии в современном обществе // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-10-2004): Доклады 10-й Международной научно-практической конференции. Новосибирск, 5, 6 окт. 2004 г. – Томск: Издательство Томского университета, 2004. – С. 281–284.
2. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: монография. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.
3. Gore A. The Digital Earth: Understanding our planet in 21st Century. [Http://www.digitalearth.gov/VP19980131.html](http://www.digitalearth.gov/VP19980131.html).

© А.П. Карпик, Д.В. Лисицкий, 2009

УДК 528.48:626

А.П. Картик

СГГА, Новосибирск

Н.И. Стефаненко

Филиал ОАО «РусГидро» – «Саяно-Шушенская ГЭС имени П.С.

Непорожнего», Саяногорск

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ПЛОТИНЫ В ПЕРИОД НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ДАННЫМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

A.P. Karpik

SSGA, Novosibirsk

N.I. Stefanenko

Public Corporation «RusHydro» «Sayano-Shushenskaya HPP named by P.S.

Neporoznego», Saynogorsk

THE SAYANO-SHUSHENSKAYA HPP SAFETY ASSESSMENT IN USEFUL LIFE USING GEODETIC MEASUREMENTS

Geodetic methods for the Sayano-Shushenskaya HPP structures monitoring in useful life period when repairing under conditions of Siberian continental climate are considered. The concrete arch-gravity dam 242 m in height and 1,074 m in crest length has no analogs in the world. The proposed approaches allowed revealing the hazardous processes occurring in hydraulic complex and making the relevant decisions to eliminate the possible negative processes and emergency situations.

Введение

Проект бетонной арочно-гравитационной плотины высотой 242 м, длиной по гребню 1074 м был разработан Ленинградским отделением института Гидропроект (рис. 1).

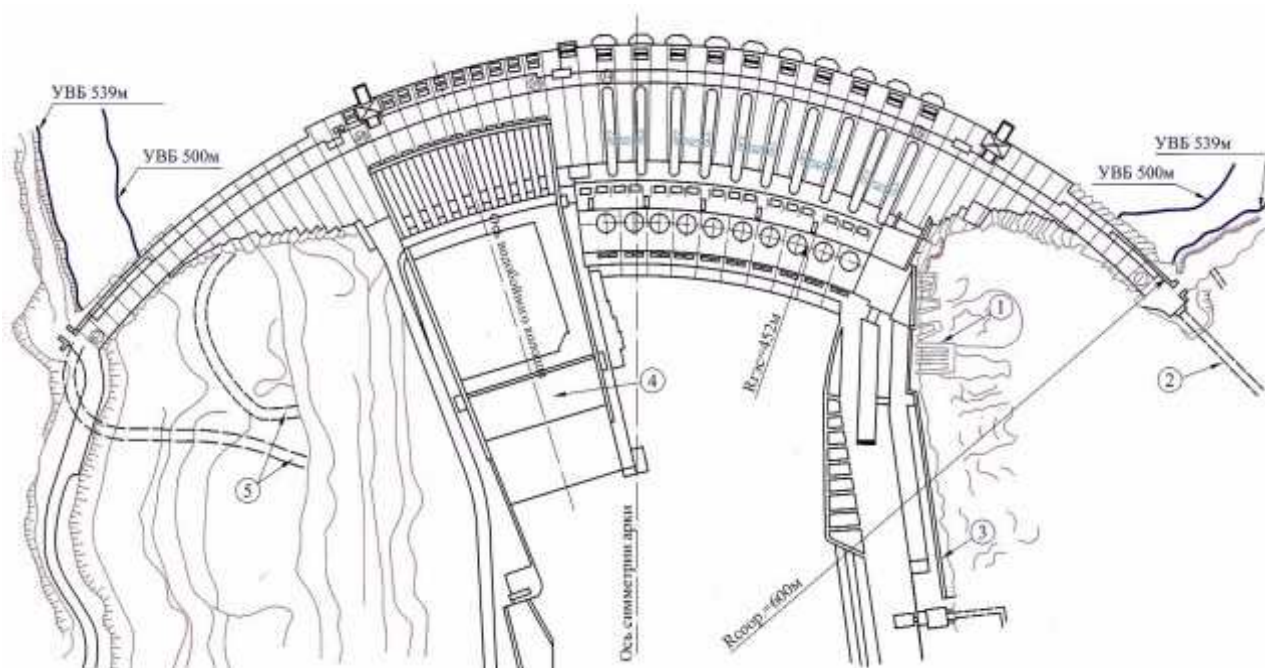


Рис. 1. Саяно-Шушенская арочно-гравитационная плотина:

1 – крепление потенциально-неустойчивых массивов; 2 – транспортный туннель; 3 – камнезащитная стенка; 4 – водобойная стенка; 5 – транспортные туннели строительного периода

Создание плотины такого типа в условиях широкого створа реки и сурового климата, без преувеличения, не имеет аналогов в мире. Уникальность объекта также обусловлена в основном коэффициентом створности – отношением длины по гребню к ее высоте, который для Саяно-Шушенской плотины составляет 4,4, что превышает соответствующие значения арочной плотины Чиркейской ГЭС почти в 2 раза.

Арочно-гравитационная плотина эксплуатируется в проектом режиме с 1990 года. За восемнадцать лет нормальной эксплуатации она неоднократно подвергалась крупномасштабным техногенным деформационно-силовым воздействиям. Наиболее значительными из них явились ремонтные работы по ликвидации фильтрации в зоне трещинообразования первого столба плотины между отметками 344 и 359 м и ее основании.

Влияние поэтапного возведения Саяно-Шушенской плотины на ее состояние

При строительстве плотин промышленная эксплуатация нередко начинается еще при частично возведенном сооружении. Пусковые комплексы обычно включают минимально необходимые для ввода агрегатов в работу объемы укладки бетона в сооружение. В первую очередь, это позволяет еще до пуска ГЭС в эксплуатацию начать вырабатывать электроэнергию, что дает значительный экономический эффект, но, с другой стороны, часто негативно отражается на напряженно-деформированном состоянии (НДС) сооружения.

Последнее ведет к необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ по приведению сооружения в нормальное эксплуатационное состояние.

Так, например, за период временной эксплуатации с 1978 по 1989 год Саяно-Шушенской ГЭС было выработано 132 млрд кВт/ч электроэнергии, что полностью окупило затраты на возведение гидроузла. Но, как показал опыт эксплуатации, этапность возведения и нагружения плотины привели к существенному ухудшению ее состояния и явились одной из причин образования магистральных трещин в бетоне и основании.

Строительство Саяно-Шушенской плотины по проекту предполагалось осуществить в три этапа (рис. 2) с большой интенсивностью укладки бетона (около 3,2 млн. м³ в год) и, в целом, с огромным объемом строительно-монтажных работ к пуску первого агрегата (76 % от общего объема), но такая интенсивность проведения работ не обеспечивалась уровнем отечественной технологии того времени.

Фактически плотина возводилась при одновременном заполнении водохранилища в 9 этапов с 1972 по 1989 годы (рис. 3). В 1978 году для пуска первого агрегата плотина впервые была поставлена под напор 60 м, который ежегодно увеличивался, и к 1990 году максимальная отметка водохранилища впервые достигла НПУ – 540 м.

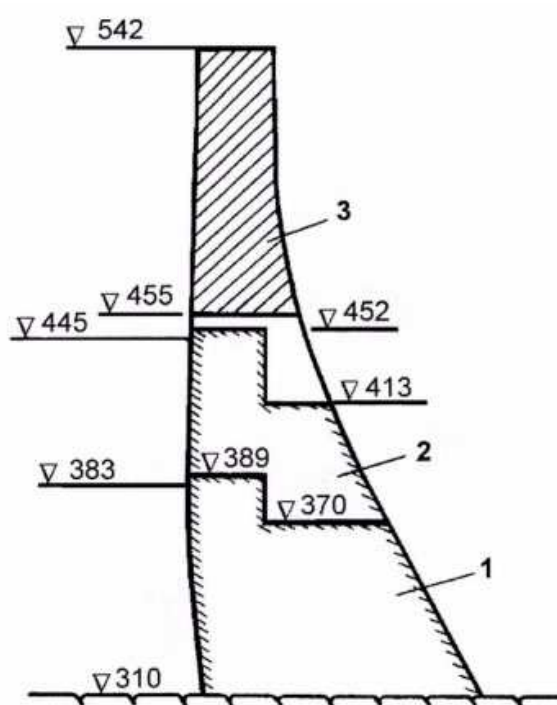


Рис. 2. Схема поперечного сечения плотины: 1 – первая очередь строительства плотины по пусковой схеме; 2 – вторая очередь; 3 – третья очередь

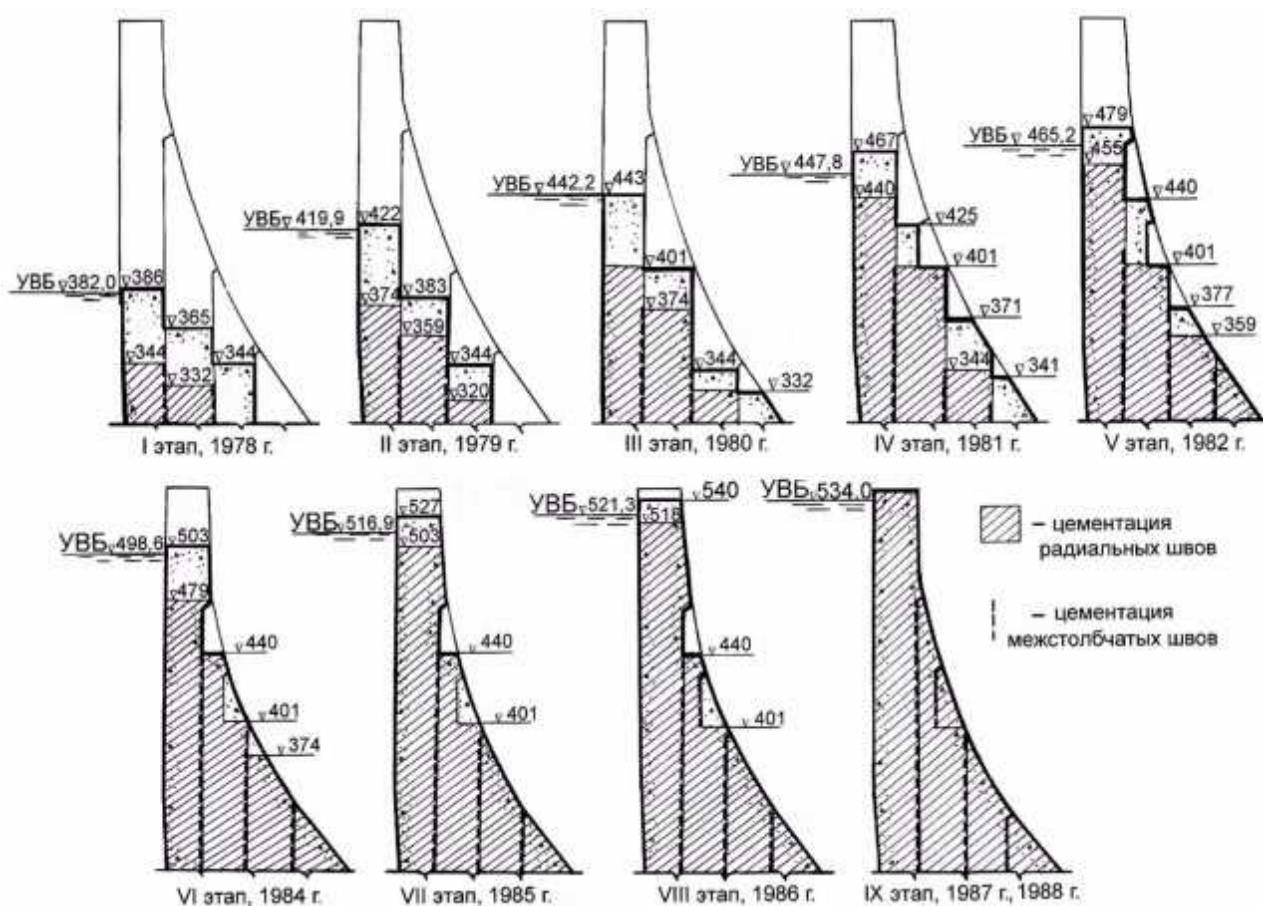


Рис. 3. Этапы фактического возведения и нагружения плотины

Воздействие на сооружение гидростатической нагрузки при незавершенном профиле плотины явилось одной из причин возникновения трещин и, соответственно, образования высокоскоростной фильтрации через бетон напорной грани, хотя проектом фильтрация через тело плотины допускалась только через межсекционные швы и в небольших объемах. В основании фильтрация превысила расчетные значения (150 л/с) и достигла 549 л/с.

В 1981 году появились первые признаки раскрытия контактного шва под секцией 33. По показаниям глубинных реперов секции 33, величина раскрытия составила около 1.6 мм. В 1985 году, когда напор на сооружение составлял около 80 % проектного, шов уже раскрылся под всей напорной гранью. А к моменту достижения проектного напора (1990 год), кроме расширения зоны разуплотнения в основании, были обнаружены и интенсивно фильтрующие трещины в бетоне напорной грани между отметками 344 и 359 м и несколько меньшего раскрытия и простираения – между отметками 370 и 386 м.

Анализ эпюр радиальных смещений контрольных секций на различных горизонтах плотины позволил выявить аномальное изменение наклона профиля в зоне отметок 292–310 м и 359 м (рис. 4). Часть плотины, расположенная выше отметки 359 м, наклонилась больше, чем ее нижняя часть. В контактной зоне проявилось различие в наклоне подошвы плотины и прилегающего массива основания, чем подтвердилось раскрытие трещин в

бетоне напорной грани 1-го столба плотины между отметками 359–344 м и по фронту контактной зоны ее основания.

В связи с интенсивным разрушением бетона от воздействия высокоскоростного фильтрационного потока состояние плотины в соответствии с современной терминологией можно было считать на тот период времени ограниченно работоспособным: категория технического состояния, при котором гидротехническое сооружение пригодно для дальнейшей эксплуатации при условии введения обоснованных ограничений режимов работы и нагрузок, разработки мероприятий по устранению выявленных дефектов и повреждений в установленные сроки. Возникла объективная необходимость выполнения ремонтно-восстановительных работ в теле плотины и ее основании. Так как проектная организация не прогнозировала больших размеров растянутой зоны бетона и основания, никаких мероприятий по предотвращению такого масштаба явлений не было предусмотрено.

Опыта восстановления монолитности плотины в условиях сильной фильтрации под большим напором у отечественных ремонтно-строительных организаций не было. Не было технологии инъекций и соответствующих материалов. Поэтому первые попытки ремонта бетона плотины с использованием традиционных материалов и технологий на основе цементных растворов, проводимые с 1991 по 1994 год, не были успешными. Раствор выносился из скважин высоконапорным фильтрационным потоком. Это поставило перед эксплуатационниками задачу поиска новых технологий и материалов для ремонтно-восстановительных работ с целью предотвращения развития дальнейших негативных процессов в системе «плотина – основание». Новыми технологиями на тот момент времени владели только зарубежные фирмы. Поэтому была привлечена к ремонтным работам зарубежная фирма «SOLETANCHE» (Франция).

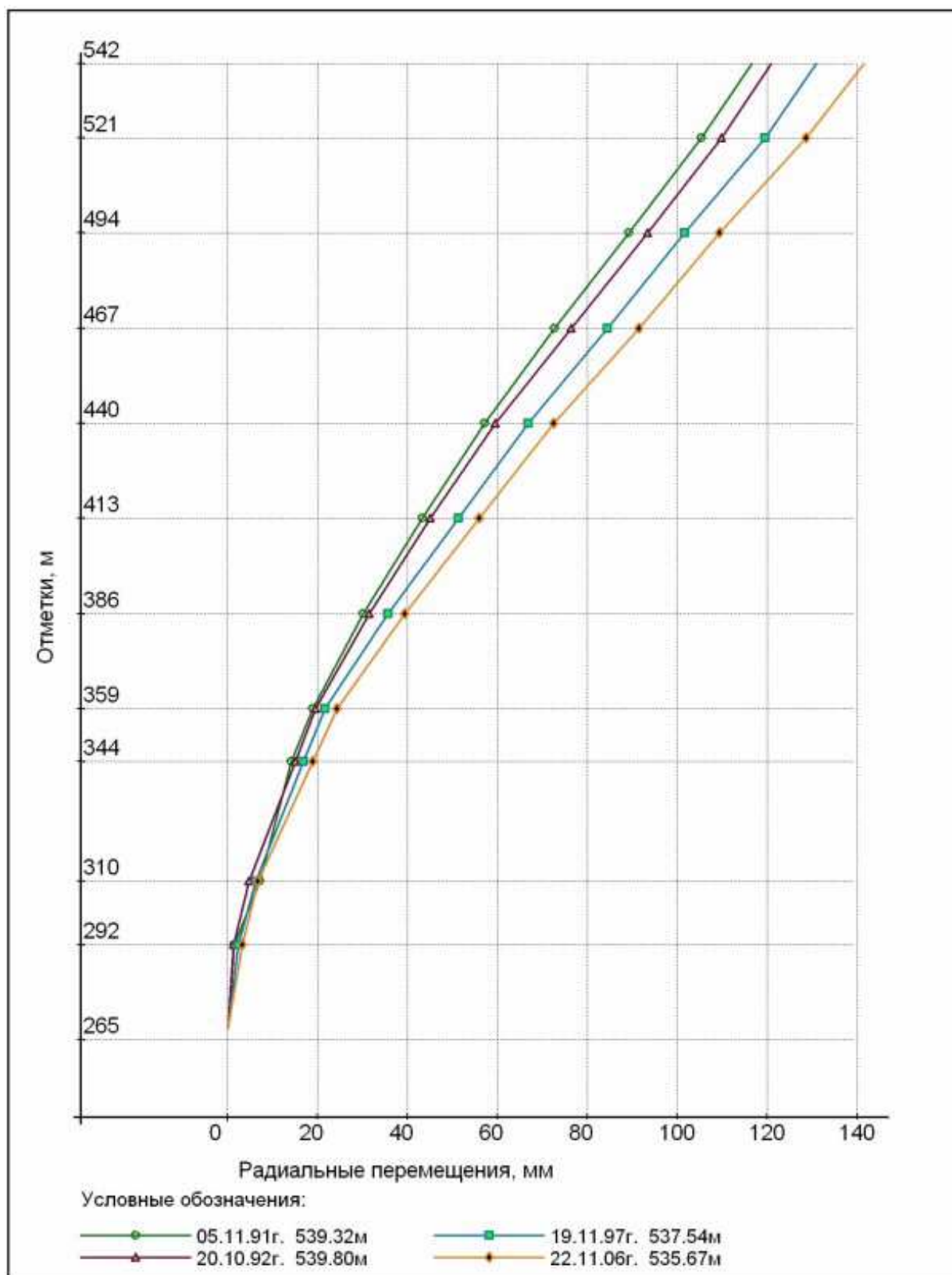


Рис. 4. Эпюры экстремальных радиальных перемещений ключевой секции плотины

Французская фирма предложила технологию с использованием материалов на основе эпоксидной смолы. В 1995 году было проведено опытное инъецирование эпоксидными компаундами трещин в двух секциях 23 и 24.

Результаты работы были положительными. Поэтому в 1996 году были продолжены ремонтные работы в бетоне напорной грани секций 19, 21–46 [1, 2]. Кроме практически полной ликвидации фильтрации через трещины, было достигнуто существенное обжатие бетона напорной грани по горизонтальным площадкам без продвижения инъецируемых трещин вглубь массива. Это, в свою очередь, способствовало росту необратимых наклонов плотины в нижний бьеф, так как отвердевший в трещинах раствор не позволял подошве плотины вернуться в исходное положение, занимаемое ею до заполнения трещин (рис. 5). Указанное подтверждено контролем за динамикой распространения трещин.

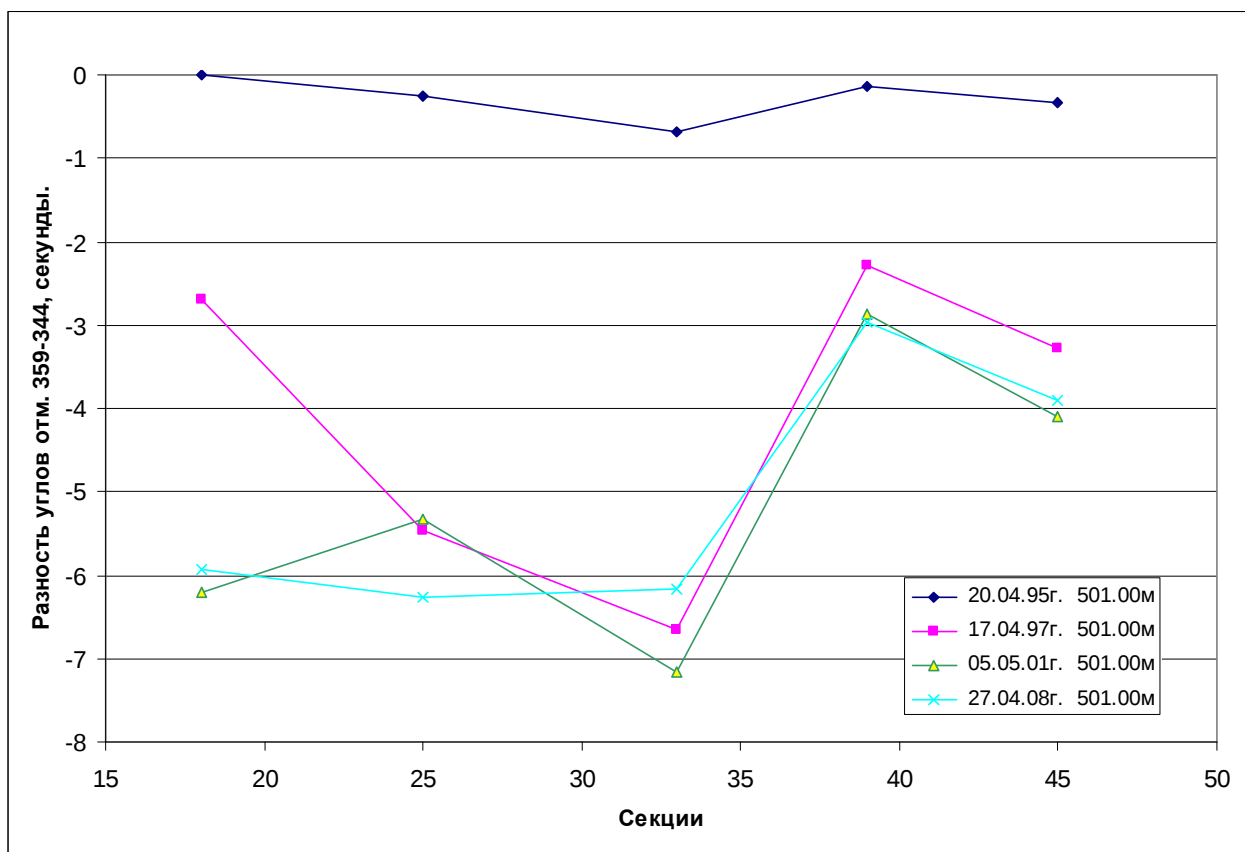


Рис. 5. Разность между углами наклона поперечных гидростатических нивелиров отметок 359 и 344 м до и после ремонтных работ

Для оценки состояния сооружения в процессе ведения ремонтных работ была разработана специальная программа натурных наблюдений, включающая возможные варианты развития неблагоприятной ситуации и контроль соответствующих параметров для оперативного влияния на ход инъекционных работ. В соответствии с программой была установлена дополнительная контрольно-измерительная аппаратура, разработаны специальные средства измерений и методики оперативной обработки данных измерений. Опыт выполненных работ доказал правильность и достаточность принятых мер.

В течение 1998–2003 годов проводилось инъецирование разуплотненного скального основания русловой части плотины с применением аналогичного по составу компаунда с использованием отечественных материалов и технологии

нагнетания в скважины [3]. Инъекционные работы в основании русловой плотины осуществлялись поэтапно: в 1998 году – под секциями 40–42; в 1999 году – под секциями 26–29; в 2000 году – под секциями 25, 30–39; в 2001 году – под секциями 15–25 и в 2002 году – под секциями 43–47 при максимальном уровне водохранилища.

С 2006 по 2007 год велись работы по ремонту водопроницаемого участка цементационной завесы правого берега, а с 2008 года начаты ремонтные работы левобережного участка, расположенного между отметками 344 и 413 м. Ремонтные работы в основании лево- и правобережной части ведутся с использованием цементных материалов.

Своевременное проведение ремонтных работ в бетоне напорной грани и основании плотины позволило достигнуть следующих результатов:

- Подавлена интенсивная фильтрация через участки напорного фронта с трещинами между отметками 344 и 359, 359 и 386 м; остаточные фильтрационные расходы понизились с 458 до 5 л/с (отм. 344–359 м) и с 55 до 8,5 л/с (отм. 359–386 м);
- Обжат бетон нижней части напорной грани в консольном направлении;
- Снижен фильтрационный расход в основании русловой плотины с 549 до 50 л/с;
- Существенно возросла жесткость профиля плотины и соответственно изменилась статическая работа сооружения.

Ремонтные работы в теле плотины и основании позволили восстановить водонепроницаемость напорного фронта, но вместе с тем оказали существенное влияние и на статическую работу сооружения.

Особенность поведения системы «плотина – основание СШГЭС»

Общие перемещения плотины зависят от изменения УВБ, температуры бетона и техногенных воздействий.

Несмотря на значительные размеры плотины, в условиях континентального климата Сибири влияние температурных изменений в бетоне сооружения заметно более ощутимы, чем, например, для гравитационной плотины Красноярской ГЭС. Это обусловлено, в большей мере, колебаниями средних по сечению температур сравнительно тонкой арки верхней части сооружения (толщина 25 м) и особенностями формирования НДС арочной плотины. Размах температуры бетона в годовом цикле на глубине 0.6 м от низовой грани превышает 22 °С. Неоднократно наблюдались случаи, когда при наполнении водохранилища плотина от разогрева бетона перемещалась в сторону верхнего бьефа (рис. 6). Максимальные и минимальные радиальные перемещения гребня плотины за период нормальной эксплуатации приведены в табл. 1, 2.

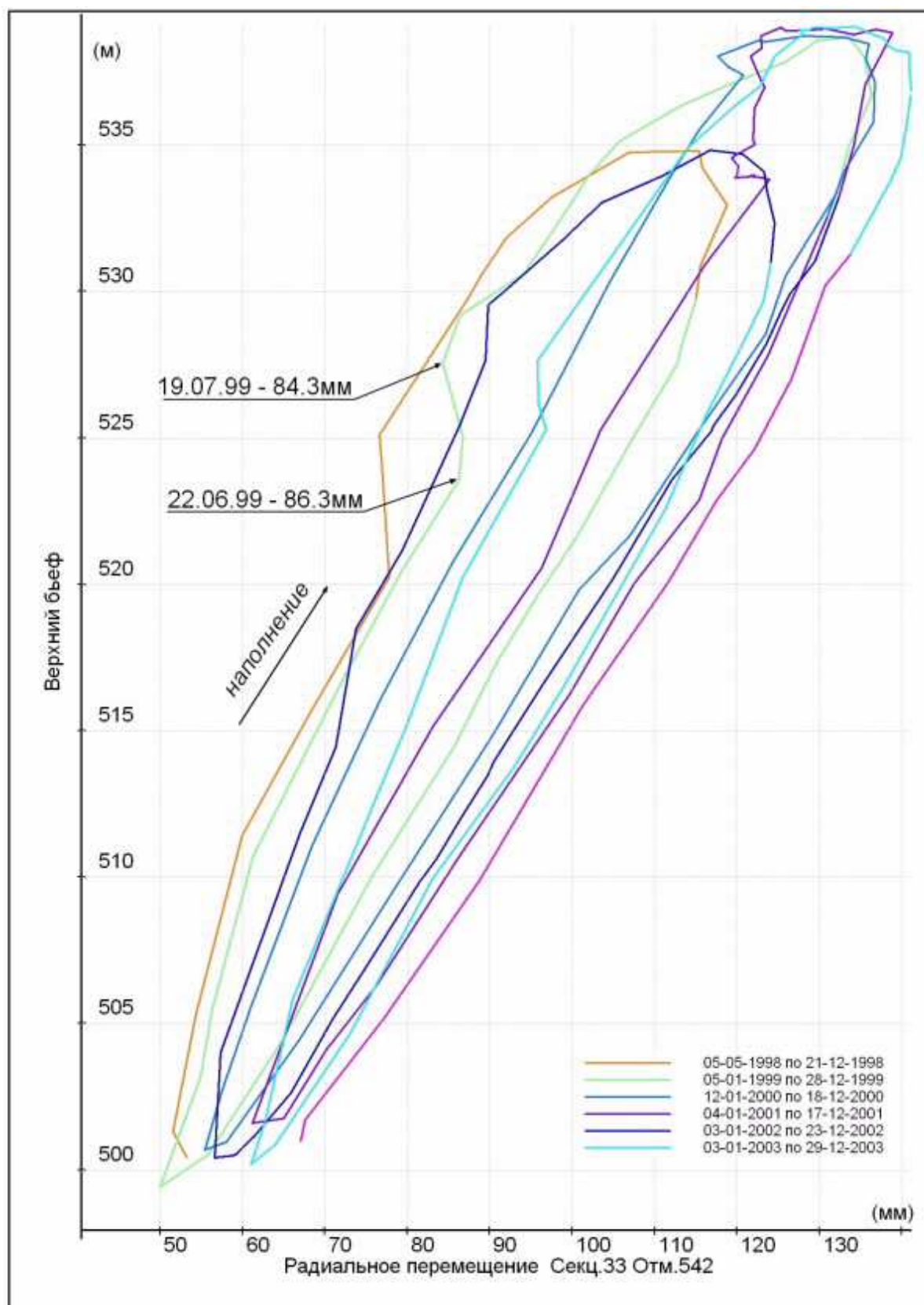


Рис. 6. Циклограмма радиальных перемещений гребня ключевой секции плотины

Таблица 1. Максимальные радиальные перемещения гребня плотины при УВБ, близких к максимальным (мм)

(начальный цикл – 04.05.89 г.)

Дата	Секция						
	10	18	25	33	39	45	55
24.10.95	31.8	93.5	118.6	124.6	107.3	88.4	37.6
11.11.96	32.8	100.8	130.5	135.1	117.9	97.8	39.7
26.11.97	31.4	97.9	126.0	131.0	113.2	92.8	38.7
10.12.98	26.9	86.3	113.3	118.8	101.9	82.7	33.6
15.11.99	34.6	100.9	131.6	136.3	119.1	95.3	39.5
10.11.00	33.1	101.9	132.3	136.8	118.4	94.3	38.6
01.11.01	33.5	103.0	134.3	138.8	117.4	92.6	37.8
09.12.02	29.0	93.8	122.2	124.6	106.9	85.0	34.7
18.11.03	34.0	105.4	136.8	141.1	121.6	96.0	39.8
09.11.04	33.0	103.5	136.3	139.1	118.8	93.3	38.2
21.11.05	32.7	103.6	134.9	138.7	117.5	92.7	38.2
30.11.06	35.2	106.7	138.0	141.5	121.6	97.6	40.8
28.11.07	31.7	100.7	132.3	135.5	115.4	91.0	37.5
26.11.08	31.1	98.9	129.7	132.6	112.6	89.2	36.5

В отдельные годы ремонтного и послеремонтного периодов режимы наполнения водохранилища характеризовались высокой приточностью на различных этапах роста УВБ и длительным удерживанием высоких уровней на отметках, близких НПУ. В 2001 и 2004 годах максимальная скорость наполнения водохранилища достигала 1.9 м/сутки. В условиях интенсивного наполнения водохранилища, когда происходит быстрое увеличение гидростатической нагрузки, температура бетона низовой грани существенно повыситься не успевает. В это время радиальные перемещения плотины с непрогретой низовой гранью существенно больше перемещений плотины с теплой гранью, поскольку составляющая перемещений от гидростатической нагрузки, направленная в сторону нижнего бьефа, незначительно уменьшается за счет температурной составляющей, направленной в верхний бьеф.

Режим наполнения водохранилища в годы, характеризуемые высокой приточностью и невысокими температурами наружного воздуха, регулировался с учетом текущего температурного состояния плотины с целью недопущения превышения предупреждающих критериев безопасности K_1 и определенных отметок УВБ, календарные сроки наступления которых регламентируются «Правилами использования водных ресурсов водохранилищ СШГЭС и МГУ».

Таблица 2. Минимальные радиальные перемещения гребня плотины при УВБ, близких к УМО (мм)

(начальный цикл – 04.05.89 г.)

Дата	Секция						
	10	18	25	33	39	45	55
11.05.95	6.7	25.8	30.0	31.0	25.8	24.9	9.1
14.05.96	12.4	41.7	51.2	52.3	44.8	39.3	16.5
03.06.97	2.5	29.8	40.8	44.8	35.6	29.7	7.9
28.05.98	8.0	34.0	45.4	50.0	43.0	35.5	12.7
05.05.99	8.1	34.0	45.4	50.0	45.8	36.8	12.5
06.05.00	8.6	36.4	50.6	55.4	47.2	37.9	12.5
10.05.01	9.3	40.5	55.5	61.2	51.7	40.7	13.0
13.05.02	5.9	37.7	52.5	56.6	45.0	34.2	10.1
06.05.03	9.3	42.3	59.0	61.1	50.0	38.5	12.8
18.05.04	10.3	46.0	62.6	64.9	54.5	41.3	12.8
25.05.05	11.5	46.5	63.5	65.8	55.5	43.5	14.9
15.05.06	11.7	47.3	65.2	67.5	56.0	44.3	15.1
07.05.07	9.8	42.9	59.8	62.5	52.1	40.9	14.3
12.05.08	9.3	42.2	59.0	61.3	50.8	40.0	13.1

Наибольшая длительность действия максимальной гидростатической нагрузки на плотину отмечалась в 2003, 2004 и 2006 годах и составила 81 сутки. При длительном удерживании высоких УВБ в условиях устойчивого понижения температуры наружного воздуха (сентябрь, октябрь) рост плановых перемещений и углов поворота горизонтальных сечений плотины происходит за счет увеличения температурной составляющей, направленной в сторону нижнего бьефа.

Отмечается, что максимальные перемещения наблюдаются в начальный период сработки водохранилища (ноябрь). Тангенциальные перемещения практически стабилизировались после проведения ремонтных работ в бетоне напорной грани.

К числу неизбежных последствий ремонта следует отнести увеличение необратимой составляющей радиальных перемещений и углов поворота горизонтальных сечений плотины в сторону нижнего бьефа (НБ). После завершения нагнетания эпоксидной смолы в трещины при их максимальном раскрытии инъекционный материал затвердевал, образуя в трещинах клин, препятствующий возвращению плотины в исходное (доремонтное) положение при сработке водохранилища. Это обстоятельство и явилось причиной появления необратимых перемещений и углов поворота плотины в послеремонтный период. В результате лечения субгоризонтальных трещин в бетоне рост необратимой составляющей радиальных перемещений гребня ключевой секции плотины (секция 33) оценивается величиной около 11 мм. За период выполнения основного

объема ремонтных работ в основании (1999–2003 годы) необратимая составляющая перемещения гребня секции 33 возросла еще на 12 мм. В целом, необратимые перемещение гребня плотины, накопленные за период нормальной эксплуатации (с 1990 по 2007 год), составили от 35.3 до 59.1, что составляет почти 70 % от размаха (табл. 3).

Таблица 3. Необратимые радиальные перемещения гребня плотины по данным прямых и обратных отвесов (мм)

Год	Секции				
	18	25	33	39	45
1990	10.2	13.6	15.0	12.8	9.9
1991	5.8	6.9	8.5	7.5	6.4
1992	8.7	4.3	4.0	3.6	3.7
1993	4.7	6.2	5.1	5.0	4.3
1994	-	-	-	-	-
1995	0.6	1.1	1.0	-	0.2
1996	3.6	8.3	10.9	7.1	4.4
1997	-	0.4	0.6	1.4	1.1
1998	-	-	-	-	-
1999	2.5	4.6	3.7	3.8	0.7
2000	2.2	4.2	4.4	3.4	1.5
2001	-	-	-	-	-
2002	1.2	1.5	-	-	-
2003	3.4	4.3	3.6	2.6	1.3
2004	1.3	1.7	1.2	1.1	1.4
2005	0.7	0.5	1.1	0.5	0.4
2006	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-
сумма 90-07	44.9	57.6	59.1	48.8	35.3

Появление необратимых перемещений в 1990–1993 годах явилось следствием адаптации сооружения к проектной нагрузке. В дальнейшем рост перемещений обусловлен в основном влиянием ремонтных работ. Начиная с наполнения водохранилища в 2006 году, отмечается стабильный режим общих перемещений плотины, хотя максимальные радиальные перемещения за период нормальной эксплуатации наблюдались в 2006 году и составили 142.6 мм на гребне ключевой секции плотины.

По мере восстановления цементационной завесы и обусловленного этим процессом недовозврата подошвы первого столба в исходное положение продолжали накапливаться и необратимые наклоны плотины в нижний бьеф, что подтверждается показаниями поперечных гидростатических нивелиров при УВБ, близких к минимальным значениям (табл. 4).

Таблица 4. Минимальные углы поворота I+II столбов плотины по данным поперечных гидронивелиров при УВБ, близких к УМО (с)
(начальный цикл – 05.05.94 г.)

Дата	Секции				
	18	25	33	39	45
11.05.95	0.4	-0.3	-0.1	0.4	-0.7
24.04.96	-5.3	-7.1	-8.0	-5.5	-3.7
08.05.97	-1.8	-2.1	-6.8	-4.3	-5.1
13.05.98	-2.6	-2.7	-7.8	-4.4	-5.8
05.05.99	-0.9	-1.2	-7.1	-5.0	-5.9
05.05.00	-3.6	-6.8	-11.7	-6.0	-6.0
11.05.01	-3.3	-12.0	-17.4	-10.7	-7.3
15.05.02	-10.1	-12.9	-16.8	-9.2	-7.0
29.04.03	-10.7	-14.0	-17.9	-10.3	-7.6
05.05.04	-11.2	-15.4	-19.0	-11.8	-10.0
13.05.05	-11.6	-15.9	-19.7	-12.1	-10.5
10.05.06	-11.5	-15.3	-19.0	-12.0	-10.2
04.05.07	-10.6	-14.5	-18.8	-10.5	-8.9
13.05.08	-11.0	-14.9	-19.0	-11.2	-11.9

С начала наблюдений (1977 год) и до 1985 года фиксировался рост осадок подошвы плотины, максимальная величина которой составила 34 мм. С 1986 года отмечался ее подъем, в результате чего величина осадки уменьшалась и к 1998 году достигла 27 мм. За период ремонта основания русловой плотины необратимая составляющая вертикального перемещения подошвы сооружения составила несколько более 2 мм. С 2002 года рост вертикальных остаточных перемещений плотины не наблюдается.

Обжатие трещиноватых зон бетона и скального массива основания после проведенных ремонтных работ повлияло на возрастание жесткости системы «плотина – основание». Увеличение общей жесткости послужило причиной снижения сезонного размаха радиальных перемещений и углов поворота горизонтальных сечений плотины на 20–25 %. Так, в 2005 году при росте УВБ с отметки 500 до 539 м гребень секции 33 переместился в нижний бьеф на 73 мм. В доремонтный период размах радиальных перемещений гребня этой же секции достигал 98 мм (1991 год). Сезонный размах радиальных перемещений плотины на уровне расположения нижней залеченной зоны бетона (отметка 359 м) уменьшился относительно 1991 года от 2 до 4 мм.

Можно отметить, что в настоящее время полностью сохраняется целостность отремонтированных зон в бетоне и основании плотины, и одной из основных задач эксплуатационного персонала ГЭС является соблюдение режима на сооружении так, чтобы при дальнейшей эксплуатации этого

уникального сооружения сохранить достигнутое при ремонте нормальное состояние системы «плотина – основание».

Выводы

1. Весь ход возведения сооружения, эксплуатации, ведения ремонтных работ контролировался с использованием геодезических методов и средств наблюдений (прямые, обратные отвесы, поперечные и продольные гидростатические нивелиры и т. д.), что позволило эффективно управлять процессом ремонтных работ и надежно оценивать состояние системы «плотина – основание».

2. В общем комплексе натурных наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений геодезические методы контроля являются наиболее надежными, позволяющими оценить фактическое состояние сооружения, определить нежелательные процессы, происходящие в сооружении, и, в комплексе с другими методами контроля, принять меры к предотвращению развития возможных аварийных ситуаций, что полностью подтвердилось опытом проведения ремонтных работ на Саяно-Шушенской плотине.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брызгалов В.И., Епифанов А.П., Булатов В.А., Пермякова Л.С. и др. Опыт инъецирования фильтрующих трещин в напорной грани плотины Саяно-Шушенской ГЭС // Гидротехническое строительство. – 1998. – № 2.

2. Брызгалов В.И., Булатов В.А., Епифанов А.П., Пермякова Л.С. и др. Контроль изменения напряженно-деформированного состояния плотины Саяно-Шушенской ГЭС в зоне инъецирования фильтрующих трещин // Гидротехническое строительство. – 1998. – № 9.

3. Стафиевский В.А., Булатов В.А., Попов А.В., Епифанов А.П. Технология ремонта основания плотины Саяно-Шушенской ГЭС вязкими полимерами // Гидротехническое строительство. – 2003. – № 11.

© А.П. Карпик, Н.И. Стефаненко, 2009

УДК 528.5: 528.48

В.С. Хорошилов

СГГА, Новосибирск

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

V.S. Khoroshilov

SSGA, Novosibirsk

TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM FOR OPTIMAL GEODETIC DATAWARE OF ENGINEERING WORKS

The problems discussed here deal with the development of expert system for optimal designing of geodetic works for mounting production equipment of engineering objects; its structural-and-functional contents; validation of the necessary set of functions, tool components and the structure of the software to ensure implementation of the expert information system; the process of systematization as concerns the existing level of scientific and practical knowledge in the field of geodetic survey dataware for mounting production equipment of engineering works in the form of the expert system data base and “knowledge base”; tool components developed for the system to secure its functioning.

За предыдущие годы накоплен колоссальный опыт геодезических работ при строительстве таких сооружений, как ускорители заряженных частиц, атомные электростанции, антенные комплексы, крупные промышленные предприятия, гидроузлы и др. Разработаны и созданы многочисленные специальные нестандартизированные приборы, устройства и различное оборудование, многие из которых уникальны, дорогостоящи и единичны; сохранились в ряде организаций и в тоже время редко используются. В тоже время в практику инженерно-геодезических работ активно внедряются и современные средства измерений: электронные тахеометры, лазерные сканеры, спутниковые методы, промышленные измерительные системы. Одним из наиболее эффективных инструментальных средств для оптимального применения всего многообразия средств геодезических измерений является использование экспертных систем (ЭС).

В работах автора [1,3] показан процесс разработки геодезической информационной экспертной системы для оптимального выбора методов и средств измерений при проектировании геодезических работ на инженерных объектах, разработано структурно-функциональное содержание информационной экспертной системы [4], где в качестве исходных компонент

использовались программные продукты: MS Access 2003, «пустая» инструментальная оболочка экспертной системы CLIPS и MS PowerPoint. Структура и концептуальные понятия разработанной базы данных методов и средств геодезических измерений, её функциональное содержание представлено в работе [2].

Одним из наиболее сложных этапов разработки экспертной системы является разработка и создание «базы знаний», так как именно её содержание определяет эффективность работы ЭС. В нашем случае, как было отмечено ранее, для разработки «базы знаний» экспертной системы использовалась инструментальная среда CLIPS, функциональные возможности которой были расширены посредством разработки специального программного приложения CLIPSmod. В результате появилась возможность модульного представления знаний в оболочке CLIPS, содержащей знания как о различных средствах измерений и контролируемых геометрических параметрах для различного технологического оборудования, так и для обучения и тестирования знаний пользователя по отдельным видам геодезических работ и выбранным средствам измерений. Так, на рис. 1 представлен фрагмент модуля «базы знаний», с помощью которого, выбирая тип технологической линии и контролируемый параметр (с точки зрения геодезических работ), из базы данных ЭС выбираются рекомендуемые для этих целей средства геодезических измерений. В конкретном случае для выбранной технологической линии «монтаж компрессоров, насосов...» и типа контролируемого параметра «контроль зазора между фланцами разъёма ...», в разделе «приборы» появляется весь перечень средств измерений, которые «в принципе» можно использовать для данного вида геодезических работ. В дальнейшем осуществляется последовательный поэтапный анализ всех средств измерений с целью выбора наиболее эффективного средства измерений в соответствии с технологической схемой [4], положенной в основу работы экспертной системы.

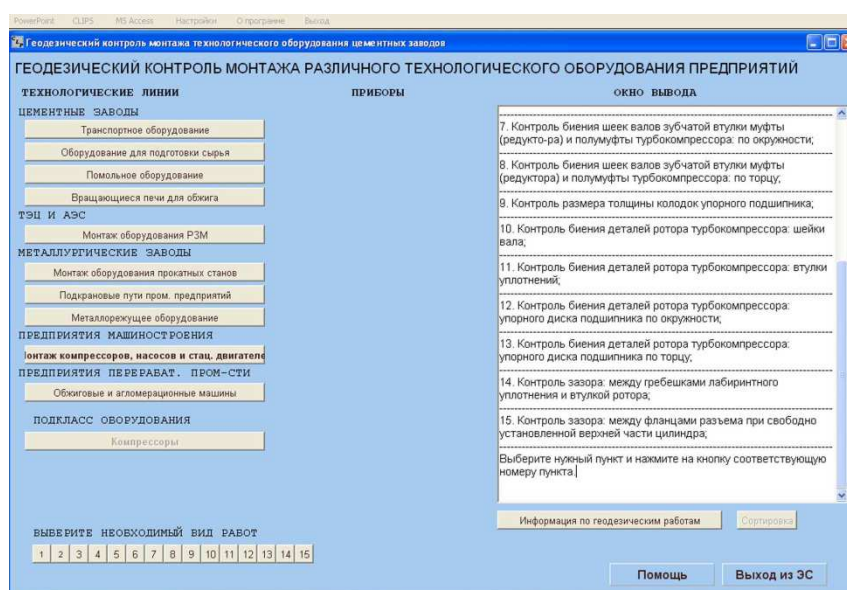


Рис. 1. Фрагмент модуля «базы знаний» экспертной системы по выбору средств измерений для контролируемого параметра

На рис. 2 представлен фрагмент модуля «базы знаний», с помощью которого осуществляется обучение пользователя процессу производства геодезических работ на конкретной технологической линии. В качестве примера показан процесс технологии сборки паровой турбины на заводском стенде и монтаже на фундаменте с применением оптических приборов.

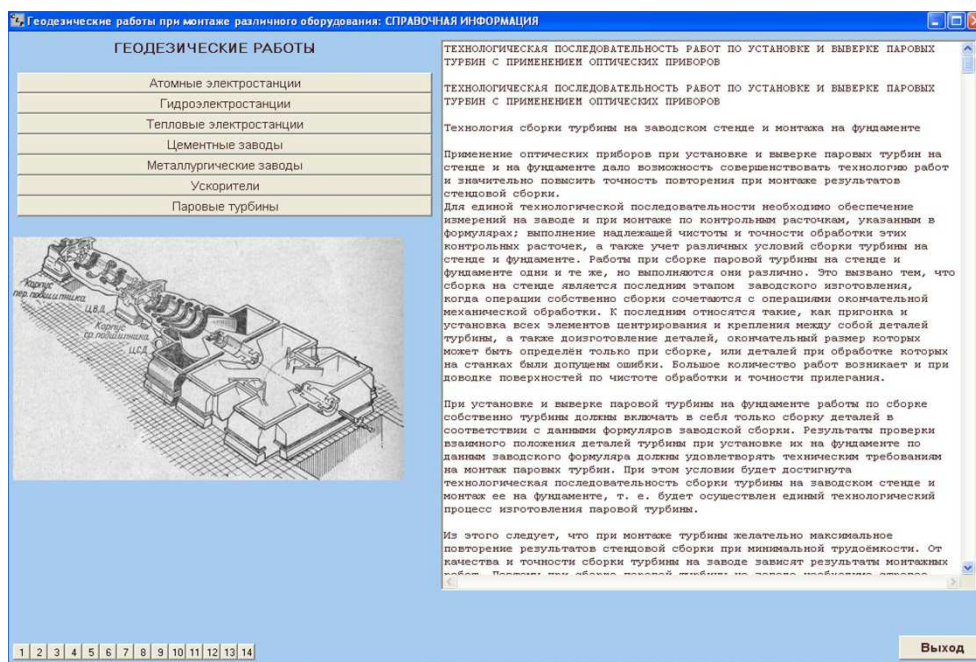


Рис. 2. Фрагмент модуля «базы знаний» по обучению пользователя процессу производства геодезических работ на конкретной технологической линии

На рис. 3 представлен фрагмент модуля тестирования пользователя необходимыми знаниями в режиме консультирования о выбранном средстве измерений, его особенностях, возможностях и условиях применения в конкретных производственных условиях. Экспертная система сама определяет степень подготовки пользователя, задавая ему вопросы. По завершении тестирования, ЭС информирует, какие из предложенных вопросов вызвали затруднение и показывает количество правильных ответов в различных категориях сложности, что позволяет пользователю самому сделать вывод над какими разделами ему ещё стоит поработать.

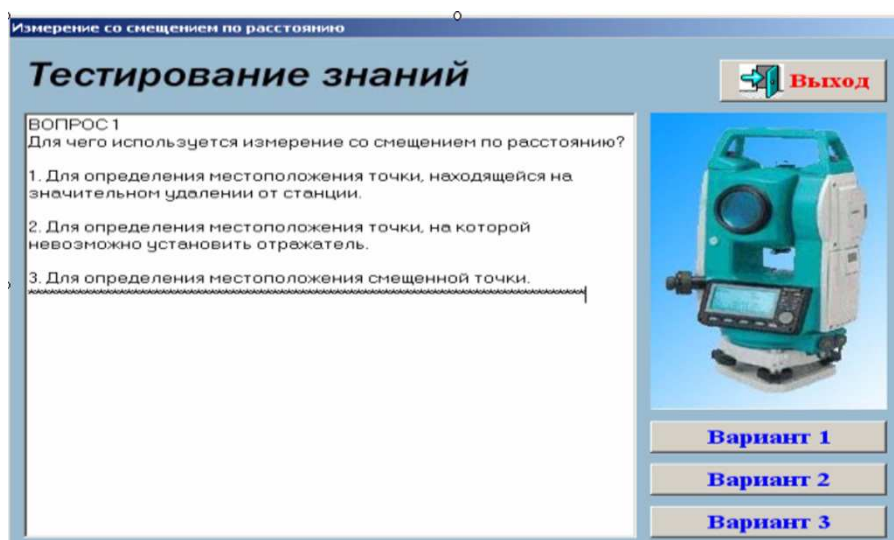


Рис. 3. Тестирование пользователя по выбранному средству измерений

С целью эффективного управления процессом оптимизации выбора средств измерений разработан программный модуль «динамический дизайнер форм» (рис. 4) на платформе NET FW 2.0 с использованием библиотеки DevExpress (доступна по сети Internet) и языка программирования C#. Разработанный модуль «встраивается» в CLIPS и позволяет пошагово управлять процессом выбора наиболее эффективных средств измерений для решения конкретных геодезических задач.

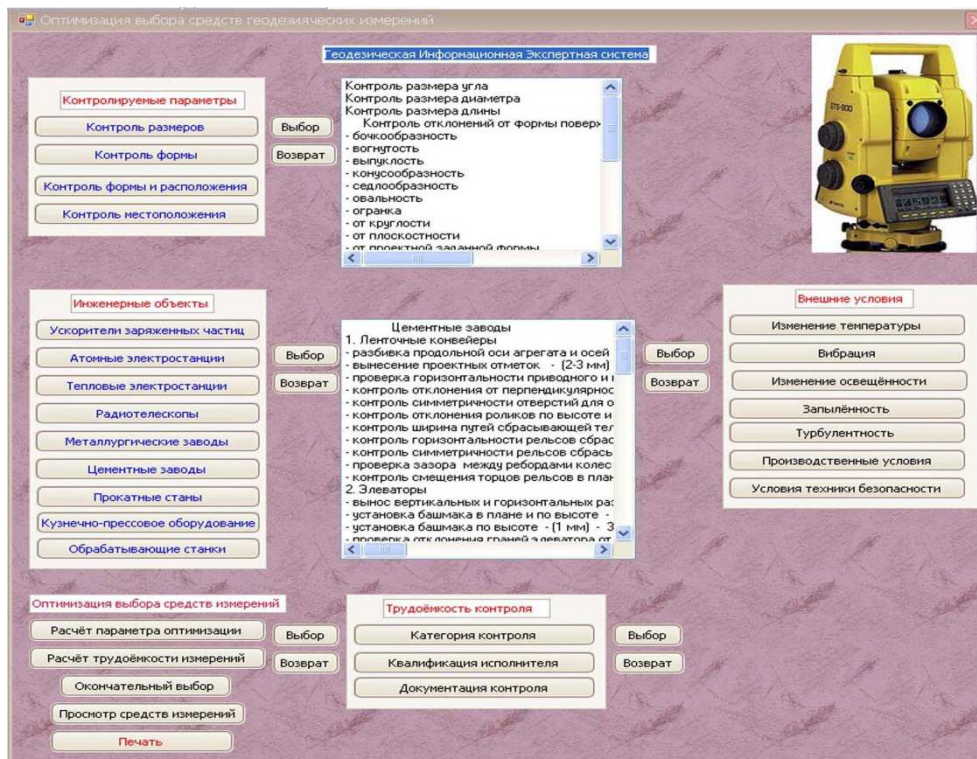


Рис. 4. Внешний модуль управления «динамический дизайнер форм»

Одним из условий функционирования экспертных систем является обязательное объяснение выполнения действий. Принимая то или иное

решение, пользователь, который обращается к экспертной системе за советом, должен знать, на основе каких логических доводов этот совет был сформирован. Инженер, обслуживающий экспертную систему, должен быть уверен в правильности работы всех подсистем, а проверить это он может, только получив от экспертной системы всю возможную информацию о ходе рассуждений в процессе решения задачи. Поэтому эти две причины и побуждают разработчиков экспертных систем делать их по возможности «прозрачными» для пользователя. Под прозрачностью при этом понимается способность экспертной системы объяснить, почему принято именно такое решение, вследствие каких рассуждений система пришла к тому или иному выводу. Так на рис. 5 показан фрагмент модуля объяснения принятия решения с помощью экспертной системы.

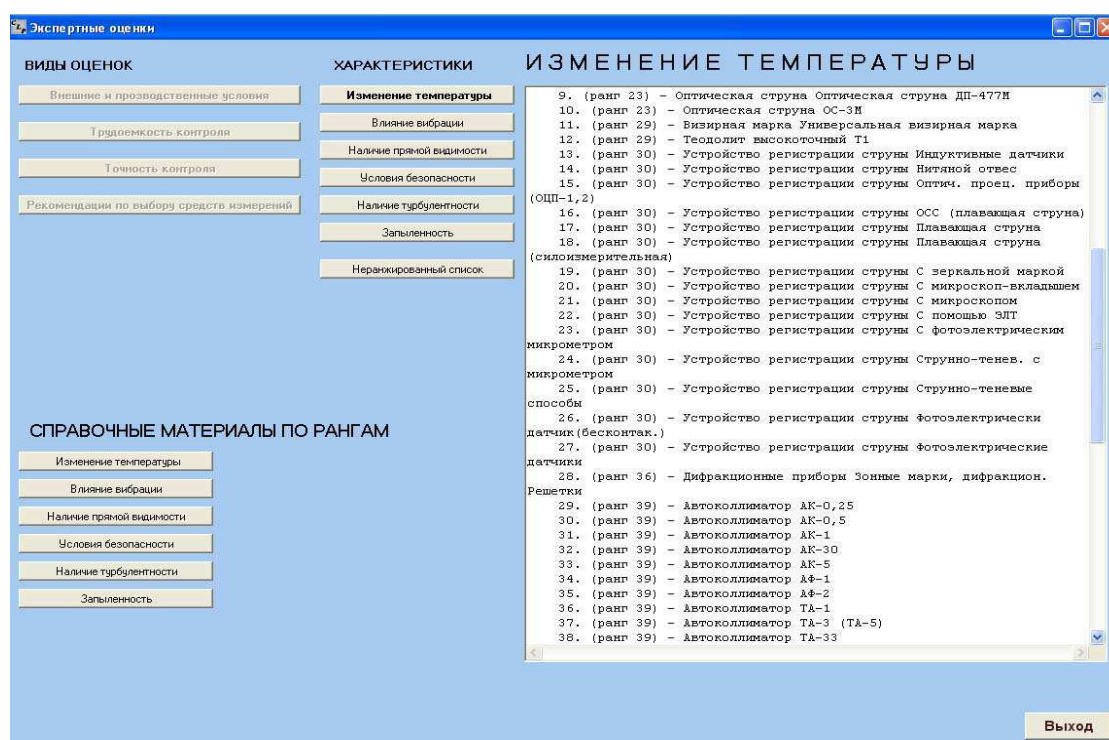


Рис. 5. Фрагмент модуля «базы знаний» по объяснению принятия решения

В правой стороне в окне вывода предложены средства измерений для контролируемого параметра с учётом влияния выбранного условия измерений (в нашем случае - изменение температуры); в левой стороне фрагмента можно посмотреть шкалы упорядоченности методов измерений на основе ранжирования, построенные автором на основе опроса экспертов [5].

Именно с применением модуля управления «динамический дизайнер форм» и предусмотрено поэтапное объяснение принятия решения экспертной системой с возможностью просмотра его в окне вывода на компьютере, возвратом на предыдущие уровни и распечаткой на принтере.

Таким образом, разработанная геодезическая информационная экспертная система существенно облегчает задачу оптимального выбора методов и средств измерений при проектировании геодезических работ на инженерных объектах,

а также наделяет пользователя необходимыми знаниями для более эффективного применения выбранных средств измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хорошилов В.С. Основные компоненты экспертной информационной системы оптимального выбора геодезического метода и средств измерений при монтаже технологического оборудования [Текст] / В.С. Хорошилов.- Екатеринбург: Изв. ВУЗов «Горный журнал», № 3, 2006.- С. 66-69.

2. Хорошилов В.С. Проектирование модели реляционной базы данных в структуре информационной системы «Геодезические работы при монтаже технологического оборудования» [Текст] / В.С. Хорошилов, Т.В. Жежко.- Сб. матер. науч. конгр. ГЕО-Сибирь-2005, 25-29 апр., т. 1. Геодезия, картография, маркшейдерия. - Новосибирск: СГГА. - 2005.- С. 115-119.

3. Хорошилов, В.С. Основные этапы проектирования экспертной информационной системы для оптимального выбора геодезических методов и средств измерений [Текст] / В.С. Хорошилов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2007. - № 2. - С. 46-54.

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. Хорошилов, В.С. Применение метода экспертных оценок для обоснования показателя «выходного качества» применяемых геодезических методов измерений при монтаже технологического оборудования [Текст] / В.С. Хорошилов // Изв. вузов. Горный журнал / Екатеринбург. - 2006. - № 2. - С. 72 -76.

© В.С. Хорошилов, 2009

УДК 528.27

Ю.В. Дементьев

СГГА, Новосибирск

ИЗМЕНЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Yu.V. Dementyev

SSGA, Novosibirsk

VARIATIONS OF GRAVITY ACCELERATION UNDER THE INFLUENCE OF ATMOSPHERIC PRESSURE

It is known that environment variations with time affect the value of the gravity at the observation point. The paper presents the technique for calculating the atmospheric pressure gravity effect at the point of gravity measurement. It has been found out that the variation of atmospheric pressure by 1mm Hg column brings variation in gravity acceleration of about 0.6 μGal and with the great pressure fall it may reach tens of microgals.

Географическое перемещение атмосферных масс со временем создает дополнительные нагрузки на Землю и изменяет её поверхность. Так по данным [IERS,2003] изменение атмосферного давления может привести к вертикальному смещению пункта до 25 мм. Очевидно, что при этом изменится и сила тяжести в исследуемой точке. Рассмотрим влияние атмосферного давления на ускорение силы тяжести.

Известно, что давление атмосферы эквивалентно давлению ртутного столба высотой h_A в точке наблюдения. Например, если давление в точке 'А' равно 750 мм рт. ст., то высота ртутного столба h_A равна 750 мм. Допустим, что атмосферное давление в исследуемом районе на высоте пункта наблюдений постоянно. Тогда масса атмосферы почти равна массе слоя ртути глубиной h_A [Михайлов, 1939].

Для расчета поправки за атмосферное давление Δg_p воспользуемся известной формулой притяжения плоской пластины бесконечного простираения [Шимбирев, 1975]:

$$\Delta g_p = 2\pi f \sigma_{Hg} h_A, \quad (1)$$

где f – гравитационная постоянная; σ_{Hg} – плотность ртути.

Обозначим через h_0 «стандартную» высоту ртутного столба, например 760 мм. Тогда изменение поправки Δg_p с изменением атмосферного давления можно представить выражением:

$$\delta g_p = 2\pi f \sigma_{Hg} (h_A - h_0). \quad (2)$$

Выполним простые расчеты.

Пусть: $f = 6,673 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$; $\sigma_{Hg} = 13546 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $h_A - h_0 = 1 \text{ мм}$;

тогда $\delta g_p = 0,5680 \text{ мкГал}$.

Таким образом, изменение атмосферного давления на 1 мм рт. ст. приводит к изменению ускорения силы тяжести в 0,5680 мкГал. Если учесть, что атмосферное давление изменяться в пределах 30 – 40 мм рт. ст., то поправка δg_p может достигать десятков мкГал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов А.А. Курс гравиметрии и теории фигуры Земли [Текст]: учебник / А.А. Михайлов. – М.: РЕДБЮРО ГУГК при СНК СССР, 1939. – 432 с.
2. Шимбирев Б.П. Теория фигуры Земли [Текст]: учебник / Б.П. Шимбирев – М.: Недра, 1975. 432 с.
3. IERS Technical Note 32. IERS Conventions (2003) [Electronic resource] / D.D.Mc/ Carthy and G. Petit (eds.) – Англ. – Режим доступа: <ftp://maia.usno.navy.mil/conv2000/>.

© Ю.В. Дементьев, 2009

УДК 528

А.Г. Малков

СГГА, Новосибирск

ОБ ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЙ НА СТАНЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

A.G. Malkov

SSGA, Novosibirsk

ACCURACY RANKING OF ELEVATION MEASUREMENT AT GEOMETRIC- LEVELING STATIONS

The paper presents existing methods for estimation of elevation measurements by the value of the mean square error per 1 km of the double run and that of the mean square error of elevation measurement at the geometric leveling station.

Согласно ГОСТ 10528-90 точность измерения превышений в геометрическом нивелировании характеризуется допустимой средней квадратической погрешностью на 1 км двойного хода. Для нивелиров с компенсатором её величина составляет 0.3 мм, для нивелиров с уровнем - 0.5 мм. Испытания нивелиров выполняются в соответствии с требованиями настоящего стандарта и ГОСТ 23543. Её значение определяется на полевом стенде, схема которого приведена в приложении 5 ГОСТа 10528-90 и вычисляется по следующей формуле:

$$\overline{m}_{\text{км}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (f_{\text{пр.}j}^2 + f_{\text{обр.}j}^2)}{4n}}, \quad (1)$$

где $f_{\text{пр.}j}$ и $f_{\text{обр.}j}$ - невязки в прямом и обратном ходах j -го двойного хода ($j = 1, 2, \dots, n$);

n - количество двойных ходов ($n \geq 10$).

Результаты испытаний считают удовлетворительными, если выполняется условие

$$\overline{m}_{\text{км}} \leq m_{\text{км доп.}} \quad (2)$$

Полевой стенд представляет из себя нивелирную сеть, образующую на местности фигуру в форме прямоугольника с размерами сторон $a = 100$ м и $b = 30$ м, вершины которого закреплены реперами. Измерения выполняют с пяти станций, расположенных на осевой линии, проходящей по середине стороны «b» прямоугольника. Со станций I, II, III и станций II, IV, V прокладывают два прямых замкнутых хода, длиной 1040 м.

По полученным значениям невязок прямого и обратного ходов замкнутых полигонов по формуле (2) вычисляют среднюю квадратическую погрешность

$\overline{m}$ км на $\overline{1}$ км двойного хода. Однако, следует заметить, что полученное значение $\overline{m}$ км не является достаточно достоверным, так как число двойных ходов $n = 2$ и не соответствует заданному значению $n \geq 10$.

Определение данной погрешности, согласно ранее действующего ГОСТа 10528-76, для нивелира с уровнем Н-05 выполнялось многократными ($n = 11$) измерениями превышений в прямых и обратных ходах длиной не менее 1 км и вычислялось по следующей формуле:

$$m_{\text{км}} = \sqrt{\frac{\sum f_h^2}{n[S]}}, \quad (3)$$

где f_h - отклонение измеренного превышения от теоретического значения, равного нулю;

$[S]$ - длина хода в км;

n - количество ходов.

По нашему мнению определение $m_{\text{км}}$ в данном случае является более надёжным и достоверным.

Кроме указанной погрешности точность измерения превышения может характеризоваться средней квадратической погрешностью « $\mu_{\text{ст.}}$ » на станции геометрического нивелирования. Данная оценка приводится в технических характеристиках изготовленного нивелира и в ранее действующем ГОСТе 10528-76.

Значение $\mu_{\text{ст.}}$ зависит от длины плеча нивелирования и составляет соответственно:

- Для 30 м, $\mu_{\text{ст.}} = 0.15 \text{ мм}$;
- Для 50 м, $\mu_{\text{ст.}} = 0.20 \text{ мм}$.

При вычислении средней квадратической ошибки отметки репера m_H по результатам геометрического нивелирования может быть использована известная формула:

$$m_H = \mu_{\text{ст.}} \sqrt{n}, \quad (4)$$

где $\mu_{\text{ст.}}$ - средняя квадратическая погрешность измерения превышения на станции;

n - число станций нивелирования.

Отсюда следует:

$$\mu_{\text{ст.}} = \frac{m_H}{\sqrt{2n}}, \quad (5)$$

Для средней длины плеча, равного 55 м, на 1 км хода необходимо выполнить измерения на 9 станциях.

В этом случае для $m_H = 1 \text{ мм}$ и $n = 9$ $\mu_{\text{ст.}} = 0.24 \text{ мм}$, что несколько больше заданного значения $\mu_{\text{ст.}}$ для нивелира Н-05.

Если же взять допустимую среднюю квадратическую погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода в соответствии с ГОСТ 10528-90, то по формуле (5) получим для нивелира Н-05 $\mu_{\text{ст.}} = 0.12 \text{ мм}$. Следовательно,

точность измерения превышения на станции для нивелира Н-05 должна быть выше в 2 раза, чтобы получить заданное значение погрешности на 1 км двойного хода, равную 0.5 мм.

В связи с этим повышение точности измерений возможно только при их выполнении в благоприятные периоды времени с 7 до 9 часов и с 17 до 19 часов при спокойных изображениях, пасмурной или облачной погоде.

Для получения реальной точности измерения превышений на станции геометрического нивелирования нами предлагается использовать специальный костыль с двумя головками, смещёнными на постоянную величину $C=25$ мм.

Среднюю квадратическую погрешность измерения превышения на станции следует определять при благоприятных условиях по формуле:

$$\mu_{\text{ст.}} = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (6)$$

где Δ - разность измеренного и истинного превышения;

n – число измерений.

Для получения достоверного результата целесообразно выполнять не менее 10 приёмов.

С целью подтверждения данной методики нами были произведены измерения превышений нивелиром Н-05 при неблагоприятных условиях (10-13 часов) для длины плеча, равной 40, 30 и 20 м по методике нивелирования II класса. Полученные значения $\mu_{\text{ст.}}$ соответственно составили 0.39, 0.35 и 0.31 мм.

По результатам исследований можно заключить, что для получения рекомендованной в ГОСТе 10528-90 точности измерения превышения на станции, необходимо выбрать более благоприятные условия наблюдений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М: Недра, 1990.
2. ГОСТ 10528-76. Нивелиры. Общие технические условия. – М: 1976.
3. ГОСТ-90. Нивелиры. Общие технические условия. – М: Госкомитет по управлению качеством продукции и стандартам. 1990.

© А.Г. Малков, 2009

УДК 528.21/22

А.В. Елагин

СГГА, Новосибирск

ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЫСОТ КВАЗИГЕОИДА ПО ГЛОБАЛЬНЫМ МОДЕЛЯМ ГЕОПОТЕНЦИАЛА

A.V. Yelagin

SSGA, Novosibirsk

COMPUTATION OF QUASIGEOID HEIGHTS BY GLOBAL GEOPOTENTIAL MODELS

The accuracy of modern global geopotential models suffices to compute quasigeoid heights with the error of 2 m, max. Heights anomalies, determined with such errors, may be used for reducing land measurements to ellipsoid. The paper presents the formulae for calculating quasigeoid heights by computer program GRAV. By means of GRAV program the global quasigeoid surface was developed using GEM10 model up to power 36, order 36.

Современные глобальные модели геопотенциала обычно представляются в виде набора коэффициентов сферических гармоник. Возникла необходимость разработать компьютерную программу, которая бы по заданным координатам точек и коэффициентам вычисляла бы высоты квазигеоида.

Высоты квазигеоида ζ определяются по формуле Брунса:

$$\zeta = \frac{T}{\gamma} - \frac{W_0 - U_0}{\gamma},$$

где T – возмущающий потенциал,

γ – нормальное ускорение силы тяжести на теллуриоиде,

W_0 – потенциал геоида,

U_0 – нормальный потенциал на эллипсоиде.

Значения возмущающего потенциала могут быть вычислены следующим образом:

$$T = V + Q - U,$$

где V – потенциал силы тяготения,

Q – потенциал центробежной силы,

U – нормальный потенциал эллипсоида.

Для определения нормального потенциала нашли применение формулы М.С. Молоденского [1], в которых используются эллипсоидальные параметры.

Эллипсоидальными параметрами будем называть следующие четыре величины:

c – удаление фокусов эллипсоида от центра;

$\tilde{b}$ – малая полуось софокусного эллипсоида, на котором расположена заданная точка P ;

$\tilde{u}$ – приведённая широта точки P на софокусном эллипсоиде;

L – геодезическая долгота точки.

Запишем формулы связи эллипсоидальных параметров с прямоугольными координатами:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= \tilde{a} \cos \tilde{u} \cos L, \\ \bar{y} &= \tilde{a} \cos \tilde{u} \sin L, \\ \bar{z} &= \tilde{b} \sin \tilde{u}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $\tilde{a} = \sqrt{\tilde{b}^2 + c^2}$,

$$c^2 = a^2 e^2,$$

a – большая полуось земного эллипсоида,

e – эксцентриситет.

Из соотношений (1) следуют выражения для обратного перехода от прямоугольных координат к эллипсоидальным параметрам:

$$\bar{r}^2 = \bar{x}^2 + \bar{y}^2 + \bar{z}^2,$$

$$c^2 = a^2 e^2,$$

$$\tilde{b}^2 = \frac{1}{2}(\bar{r}^2 - c^2) + \frac{1}{2}[(\bar{r}^2 - c^2)^2 + 4c^2 \bar{z}^2]^{\frac{1}{2}},$$

$$\tilde{u} = \arctg \left[\frac{\bar{z} \cdot \tilde{a}}{b \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2}} \right],$$

$$L = \arccos \left(\frac{\bar{x}}{\sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2}} \right), \quad \text{if } (\bar{y} < 0) \quad L = 2\pi - L.$$

По эллипсоидальным параметрам точки вычисляется потенциал силы тяжести:

$$U = \frac{fM}{c} \arctg \frac{c}{\tilde{b}} + \frac{1}{2} \omega^2 a^2 \frac{q}{q_0} \left(\sin^2 \tilde{u} - \frac{1}{3} \right) + \frac{1}{2} \omega^2 \tilde{a}^2 \cos^2 \tilde{u},$$

где ω – угловая скорость вращения Земли,

$$q = \frac{1}{2} \left[\left(1 + 3 \frac{\tilde{b}^2}{c^2} \right) \arctg \frac{c}{\tilde{b}} - 3 \frac{\tilde{b}}{c} \right], \quad q_0 = \frac{1}{2} \left[\left(1 + 3 \frac{b^2}{c^2} \right) \arctg \frac{c}{b} - 3 \frac{b}{c} \right].$$

Центробежный потенциала определяется из простого выражения

$$Q = \frac{\omega^2}{2} (\bar{x}^2 + \bar{y}^2).$$

В основе алгоритма для вычисления действительного потенциала силы тяготения лежат формулы С. Пайнза [2], модифицированные автором [3]

$$V = \sum_{n=0}^{\infty} \rho_n \sum_{m=0}^n \bar{A}_{nm}(u) D_{nm}(s, t),$$

где

$$\rho_n = \rho \rho_{n-1} \text{ для } n \geq 1, \quad \rho = \frac{a_e}{\bar{r}}, \quad \rho_0 = \frac{fM}{\bar{r}}$$

$$D_{nm}(s, t) = \bar{C}_{nm} r_m(s, t) + \bar{S}_{nm} i_m(s, t), \quad s = \frac{\bar{x}}{\bar{r}}, \quad t = \frac{\bar{y}}{\bar{r}}.$$

Функции $r_m(s, t)$, $i_m(s, t)$, $\bar{A}_{nm}(u)$, также как и ρ_n , могут быть вычислены по рекуррентным формулам:

$$r_{-1} = r_0 = 1, \quad i_{-1} = i_0 = 0, \quad \text{цикл } m = 1 \div n \quad r_m = sr_{m-1} - ti_{m-1}, \quad i_m = tr_{m-1} + si_{m-1};$$

$$\bar{A}_{00} = \sqrt{2}, \quad \text{цикл } n = 1 \div \infty \quad \bar{A}_{nn} = \sqrt{1 + \frac{1}{2n} \cdot \bar{A}_{n-1n-1}}, \quad \bar{A}_{nn-1} = \sqrt{2n} \cdot u \bar{A}_{nn};$$

$$\text{цикл } m = (n-2) \div 0 \quad \bar{A}_{nm} = \frac{2(m+1)u\bar{A}_{nm+1} + \sqrt{(n-m-1)(n+m+2)(u^2-1)}\bar{A}_{nm+2}}{\sqrt{(n-m)(n+m+1)}};$$

$$\bar{A}_{n0} = \frac{\bar{A}_{n0}}{\sqrt{2}}.$$

Представленные формулы реализованы в компьютерной программе GRAV.

Программа позволяет вычислять высоты квазигеоида в заданной прямоугольной области (B1, L1 – координаты юго-западного угла трапеции, B2, L2 – координаты северо-восточного угла трапеции) в узлах равномерной сетки пересечения долгот и широт с дискретностью dB и dL. Результаты вычисления программы записываются в файл на диск, отображаются в окне и могут быть визуализированы в виде карты высот квазигеоида (рис. 1) или в виде трехмерного изображения поверхности квазигеоида (рис. 2). Если во входных данных B1 = B2 и L1 = L2, то программа вычислит высоту квазигеоида заданной одной точки с геодезической высотой Н_{сп} = Н.

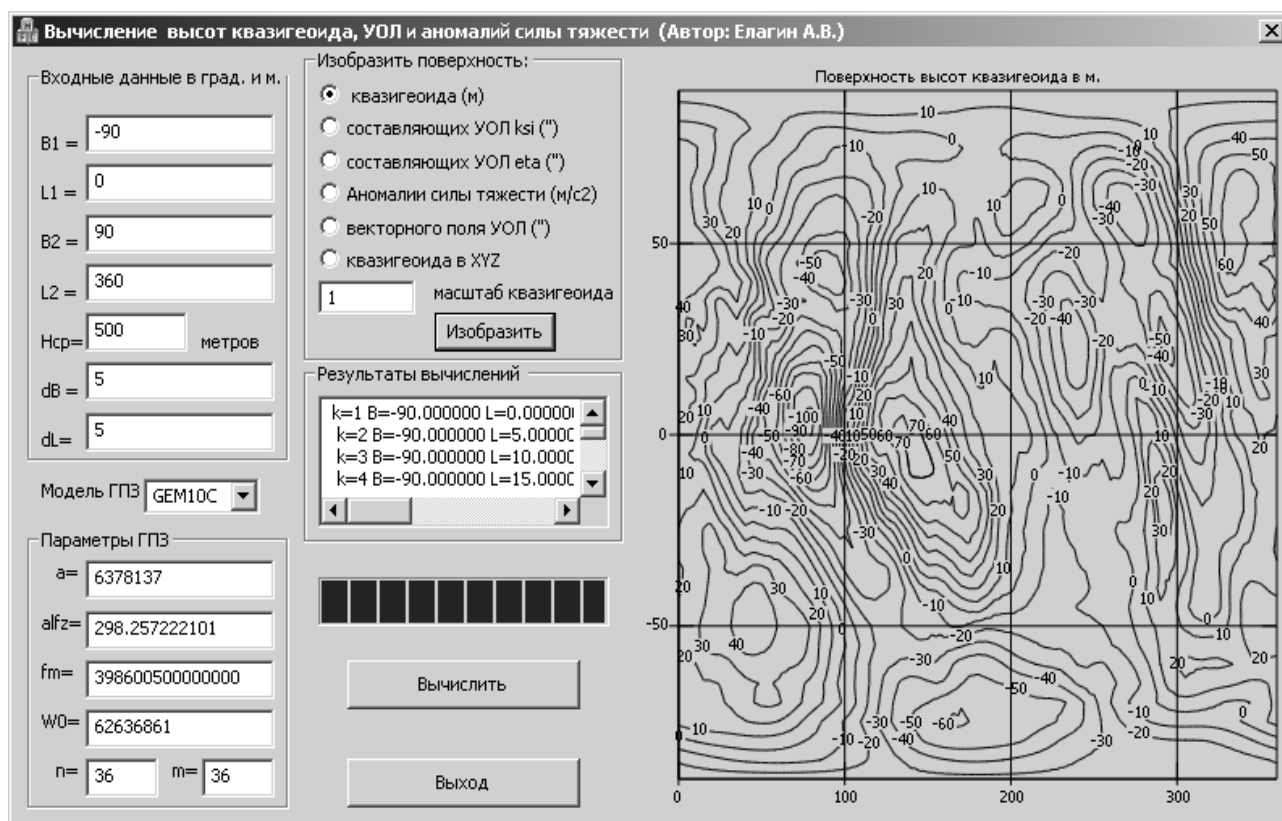


Рис. 1. Построение карты высот квазигеоида

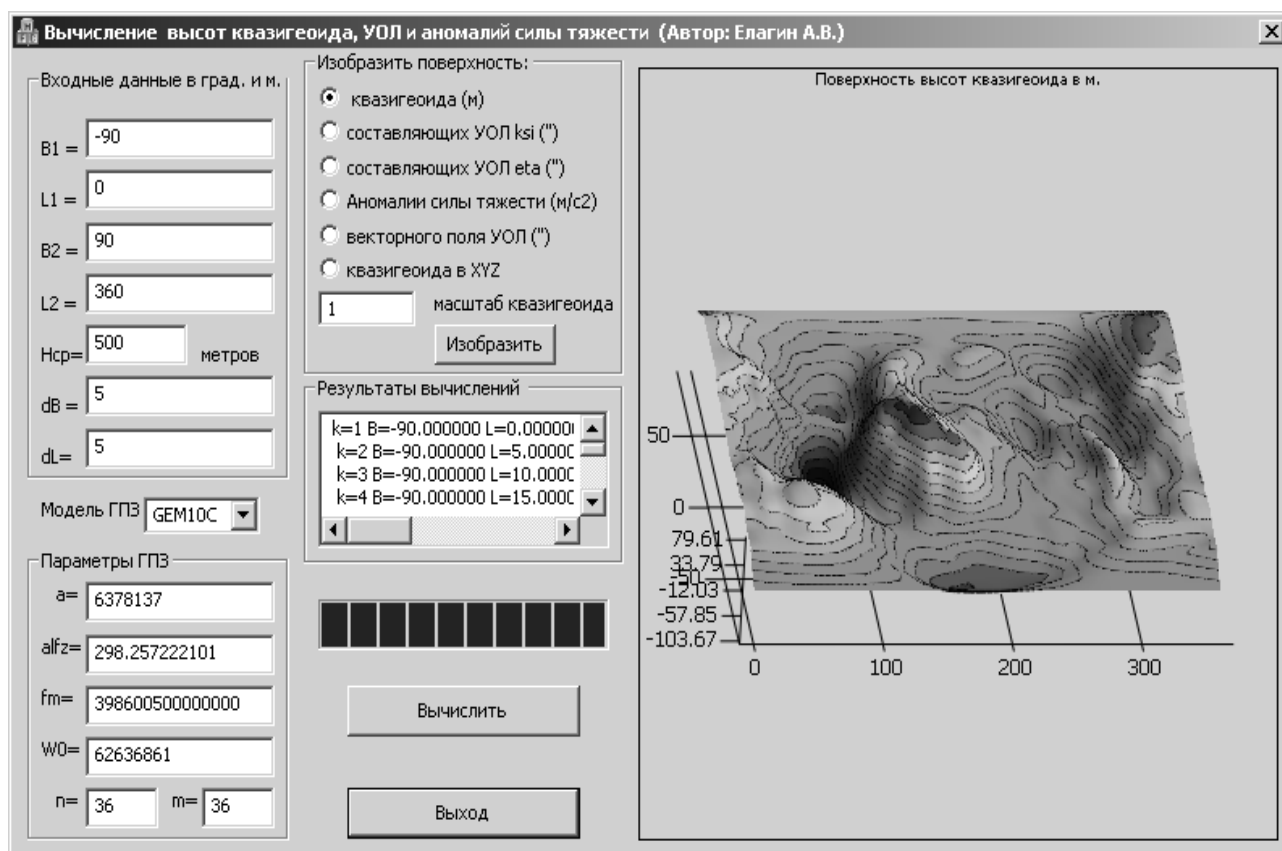


Рис. 2. Построение трехмерного изображения поверхности квазигеоида

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молоденский, М.С. Основные вопросы геодезической гравиметрии [Текст] / М.С. Молоденский // Тр. ЦНИИГАиК. – 1945. – Вып.42. – С. 3 – 107.
2. Пайнз, С. Представление потенциала поля тяготения и его производных, свободное от особых точек [Текст] / С. Пайнз // Ракетная техника и космонавтика. – 1973. – Т.2, №11. – С. 65 – 69.
3. Елагин, А. В. Компьютерная программа вычисления геопотенциала и его производных [Текст] / А. В. Елагин // Геомониторинг на основе современных технологий сбора и обработки информации. Научно-техн. конф., посвящ. 90-летию К.Л. Проворова, заслуженного работника геодезии и картографии, 14 – 17 дек. 1999 года: Тез. докл. / СГГА. – Новосибирск, 1999. – С. 27.

© А.В. Елагин, 2009

УДК 528

Г.В. Мухачев, Б.Н. Жуков

СГГА, Новосибирск

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

G.V. Mukhachev, B.N. Zhukov

SSGA, Novosibirsk

DIAGNOSTICS OF TECHNICAL STATE OF SAYANO-SHUSHENSKAYA HYDROELECTRIC POWER STATION STRUCTURES USING GEODETIC METHODS AND INSTRUMENTS

Technical diagnosis of the structures, buildings and equipment consists of determining their technical state, i.e. finding defects, measurements and technical control of the diagnostic character.

Special attention should be paid to the diagnosis of dangerous objects such as Sayano-Shushenskaya hydroelectric power station.

The paper describes the complex of the station (in operation) in-situ observations by geodetic methods. The data on the values and the character of the station deformations are given, which served as the basis for the conclusion on their technical state.

Техническое диагностирование конструкций зданий, сооружений и оборудования является процессом определения их технического состояния и включает в себя поиск дефектов, измерения и технический контроль диагностических признаков.

Вместе с диагностическими признаками, характеризующими физический, химический и моральный износ конструкций, большое место занимают признаки, характеризующие деформации конструкций, а также их пространственное и взаимное положение (геометрические параметры). Особое значение имеет диагностирование опасных объектов, к которым относится Саяно-Шушинская ГЭС.

В состав основных гидротехнических сооружений входят (рис. 1):

- Бетонная арочно-гравитационная плотина;
- Водобойный колодец;
- Здание гидроэлектростанции приплотинного типа с монтажной площадкой и трансформаторной мастерской;
- Служебно-технологические корпуса (СТК-А, СТК-Б).

Комплекс натурных наблюдений геодезическими методами в эксплуатационный период включает:

- Наблюдения относительно внешней опорной сети (абсолютные перемещения) перемещений плотины и вмещающих горных массивов;
- Наблюдения за изменением длин хорд на уровне гребня плотины и низлежащих горизонтов;
- Наблюдения арочных деформаций различными методами линейных измерений;
- Наблюдения за перемещениями низовой грани плотины относительно внешней опорной сети;
- Наблюдения за горизонтальными перемещениями плотины и основания по внутренней сети;
- Наблюдения за вертикальными перемещениями плотины и прилегающей территории;
- Наблюдения за наклонами секций и столбов плотины по показаниям гидростатических нивелиров и др.

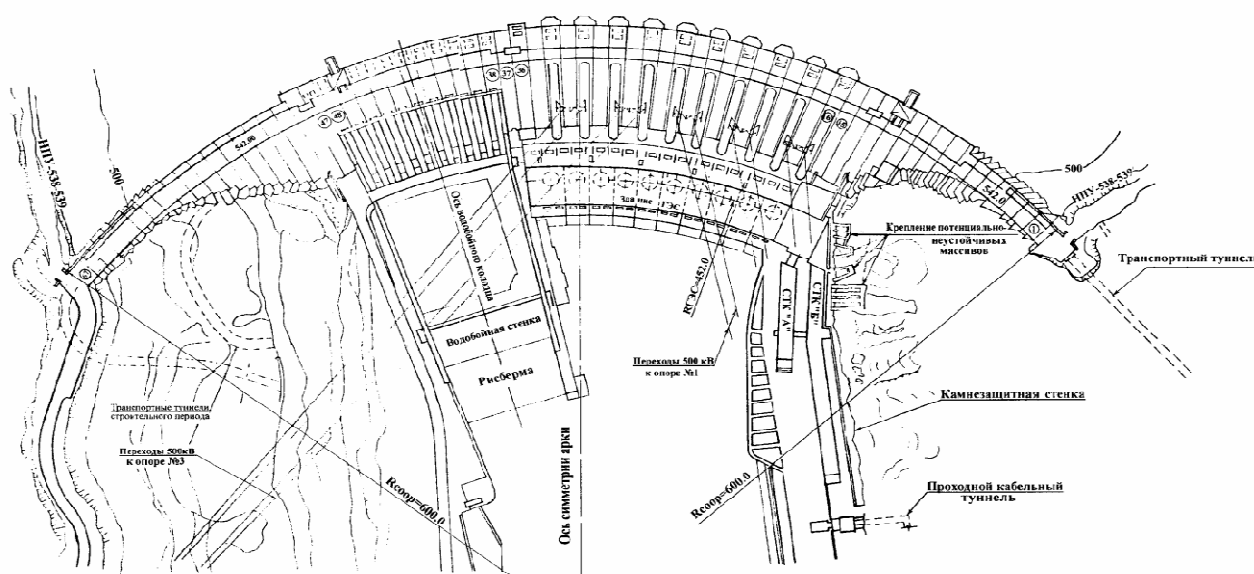


Рис. 1. Схема гидротехнических сооружений Саяно-Шушенской ГЭС

Геодезическая КИА состоит из опорных и рабочих планово-высотных сетей. Опорная высотная сеть состоит из кустов фундаментальных реперов, плановая сеть представлена гидротехнической спецтриангуляцией 1964-1972 гг. Обе сети ("внешние опорные сети") находятся вне зоны активных деформаций основания плотины, что подтверждается результатами измерений. На гребне плотины и на прилегающей территории развиты "рабочие" планово-высотные сети, представленные в виде поверхностных марок, скальных и грунтовых реперов и плановых знаков преимущественно трубчатого типа.

В плотине, для определения перемещений отдельных секций, столбов или горизонтов также развиты планово-высотные ("внутренние") измерительные сети (рис. 2).

Плановая сеть состоит из системы "прямых" и "обратных" отвесов. Оголовки прямых отвесов расположены на гребне плотины (что позволяет осуществлять связь с "внешней" сетью), а якоря обратных отвесов заглублены в основании плотины. Высотная сеть состоит из системы продольных и поперечных гидростатических нивелиров (далее по тексту гидронивелиров) и поверхностных марок, расположенных на различных горизонтах плотины. Передача отметок на гребень плотины и продольные гидронивелиры осуществляется посредством элеваторов высот.

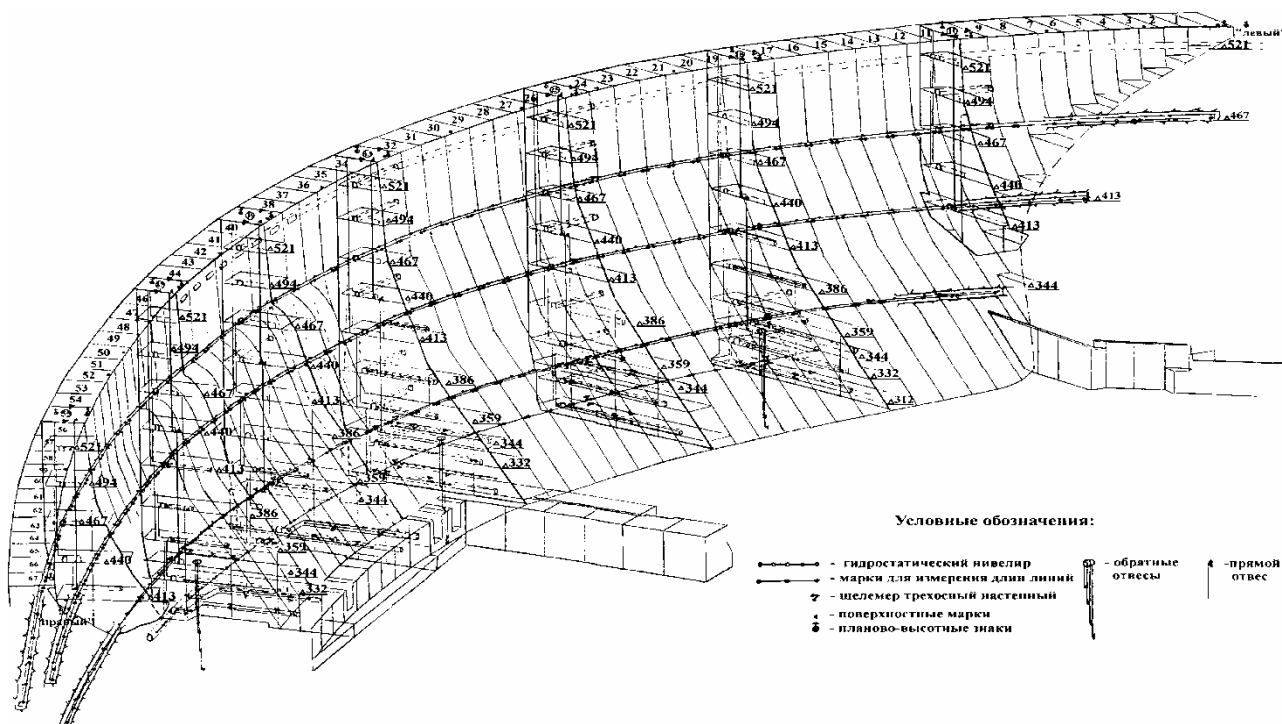


Рис. 2. Схема размещения геодезической КИА

Основными методами наблюдений за вертикальными перемещениями приняты методы высокоточного геометрического и гидростатического нивелирования.

Нивелирование выполняется прецизионным компенсаторным нивелиром НАК-2 по методике гидротехнического нивелирования 1 разряда.

Связь гидронивелиров и передача отметок на гребень плотины осуществляется посредством элеваторов высот, методом линейных светодальномерных измерений.

Наблюдения за горизонтальными перемещениями гребня плотины производятся методом трилатерации относительно исходной внешней сети, при помощи лазерной дальномерной насадки DI – 2002 и электронного тахеометра ТС 2003.

Внутренняя плановая сеть состоит из системы прямых и обратных отвесов, и используется для определения наклонов, смещений плотины и основания.

Оголовки семи прямых отвесов расположены на гребне плотины в одноименных секциях с определяемыми пунктами плановой сети. Два отвеса, расположенные в береговых секциях 10, 55, заканчиваются на горизонте

плотины 413 м, остальные, расположенные в секциях 18, 25, 33, 39, 45 - на отметке 344 м. На восьми горизонтах между отметками 344 м и гребнем плотины (отметка 542 м) производятся измерения положения струны отвеса оптическим координатомером системы Ленгидропроекта. Для определения послойных смещений основания применяется система кустов обратных отвесов называемая сдвигомером горизонтальных смещений (СГС).

Измерения деформаций береговых штолен производятся по 3-х метровому углепластиковому жезлу, цена деления отсчетного устройства по индикатору часового типа 0.01 мм.

Измерения раскрытий межсекционных, межстолбчатых швов плотины, швов на раздельном устое, здании ГЭС и температурного шва между зданием ГЭС и анкерными опорами осуществляются по трехосным щелемерам. Измерения выполняются микрометрами с ценой деления 0.01 мм.

Измерения вертикальных перемещений конструкции здания ГЭС проводятся при помощи:

- Системы гидростатических нивелиров (ГН), продольного и трех поперечных, установленных в галереях на отметке 306 м, и
- Поверхностных марок, установленных на отметке 327 м.

Контроль и исследования деформаций сооружений ГЭС за весь период ее строительства и эксплуатации очень обширны. Поэтому авторы ограничились видами основных работ и материалами исследований последних лет. На основании этих контрольных измерений и исследований можно сделать следующие выводы.

1. Основание здания ГЭС перемещается в соответствии с общими перемещениями плотины и скального основания, определяемыми, в первую очередь, изменениями гидростатической нагрузки на плотину в годовом цикле. Осадки здания ГЭС на отметке 306м при этом имеют некоторую неравномерность, до 1 мм в агрегатных блоках 4 и 5 относительно первой марки продольного ГН. Соответственно с этим, здание совершает наклон в сторону верхнего бьефа (в соответствии с образующейся воронкой оседания), размах наклонов достигает 4 секунд (в агрегатном блоке 5). Но, в других блоках (в блоках 2 и 10) изменения практически отсутствуют (находятся в пределах погрешности измерений). В целом осадки здания ГЭС стабильны, конструкция работает квазиупруго.

2. Перемещения здания ГЭС на отметке 327м не связаны с осадками самих агрегатных блоков, здесь существенны изменения размеров блоков, то есть их температурное расширение, неравномерное по причине несимметричности конструкции, и происходящее синхронно с изменениями температуры воды в спиральной камере.

3. Состояние межблочных швов в целом стабильное. Имеется постоянный рост смещений по межблочному шву между агрегатами 7 и 8. Это следует по данным щелемеров на отметке 306м, 315м, по данным продольного ГН. При этом величина взаимного радиального смещения соседних блоков 7 и 8 достигла 3 мм за последние 16 лет.

4. Радиальные перемещения плотины после наполнения водохранилища 2007 года, полученные по результатам измерений как во внутренней системе измерений (относительно якорей обратных отвесов), так и во внешней сети, не превысили значения предыдущих лет. Критериальные значения Декларации безопасности плотины СШГЭС не превышены.

5. Максимальные значения углов поворота 2007 года во всех измерительных точках меньше значения прошлых лет.

6. Остаточных смещений плотины в сторону нижнего бьефа не зафиксировано.

7. По данным продольных и поперечных гидронивелиров секция максимальных перемещений плотины смещена от центра арки и находится примерно в 29 секции. Максимальные вертикальные перемещения 2007 г. не превышают прошлогодние значения. Роста несимметричности работы плотины в цикле наполнения - сработки 2007-2008 гг. не обнаружено.

8. При сработке водохранилища в 2008 году подтвердилось влияние ремонтных работ по восстановлению цементационной завесы, отмеченное в 2007 году.

9. Величины приращений общих длин штолен в 2007 г. характеризуются наличием больших деформаций в левобережных штольнях относительно правобережных, как и в предыдущие годы. Величины максимальных деформаций при наполнении 2007 г. меньше значений 2006 г. и равны или больше значений 2005 г. на величину 0.4 мм. Величины минимальных деформаций при уровнях верхнего бьефа, близких к УМО, в 2008 году равно или меньше значений двух предыдущих лет. Остаточных деформаций не отмечено.

10. Сезонные изменения длин хорд не превышают величин 2006 г. Необратимых изменений не отмечено.

11. Внутренняя высотная сеть изменений не претерпела, и зависимость высотного положения исходных пунктов от УВБ остается прежней.

12. В условиях интенсивного строительства берегового водосброса, уничтожены ряд реперов и нивелирная тропа правого берега. Производство высокоточного гидротехнического нивелирования I разряда в 2007 году не производилось.

13. Внешняя плановая (каркасная) сеть остается устойчивой и обеспечивает определение смещения гребня плотины с точностью около 1 мм.

Необходимо отметить, что оперативность выпуска информационных и отчетных материалов стала возможной благодаря тому, что по инициативе эксплуатационной организации создана самостоятельная подсистема автоматизированного контроля САК ГТС, которая включает в себя четыре подсистемы контроля: геодезического (САК ГС); напряженно-деформированного состояния (САК НДС); фильтрационного (САК ФС); сейсмических событий (САК СС). Подобных автоматизированных систем контроля ГТС у нас в стране пока нет. Более того, приказом РАО "ЕЭС России" образована специальная комиссия экспертов по оценке состояния сооружений

С-Ш ГЭС, что дает все основания для оценки реальной безопасности электростанции.

Достоверная оценка технического состояния сооружений по геометрическим параметрам могла быть получена благодаря грамотной и слаженной работы геодезического отдела службы диагностики электростанции, внедряющей современные технологии и средства измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брызгалов В.И. Из опыта создания и освоения Красноярской и Саяно-Шушинской гидроэлектростанций. - Сибирский издательский дом "Суриков". – Красноярск, 1999. – 560 с.
2. Отчет об эксплуатации гидротехнических сооружений Саяно-Шушенской ГЭС в 2007 г, ЛГТС ОАО "СШГЭС имени П.С. Непорожного", п. Черемушки, 2007. – 166 с.
3. ОТЧЕТ о состоянии отдельных элементов ГТС СШГЭС за период эксплуатации до 2007 г, ЛГТС ОАО "СШГЭС имени П.С. Непорожного", п. Черемушки, 2007. – 157 с.

© Г.В. Мухачев, Б.Н. Жуков, 2009

УДК 528.48:004

В.Н. Полещенко

ОАО ПИ «Новосибгражданпроект», Новосибирск

Л.С. Любивая

СГГА, Новосибирск

К ВОПРОСУ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИХ ДЕКАРТОВЫХ КООРДИНАТ В ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ

V.N. Poleshchenkov

«Novosibgrazhdanproject», Novosibirsk

L.S. Lyubivaya

SSGA, Novosibirsk

THE PROBLEM OF CONVERTING GEOCENTRIC ORTHOGONAL COORDINATES INTO GEODETIC ONES

High precision determination of plane and vertical coordinates by GPS requires effective exact algorithm for converting geocentric orthogonal coordinates into geodetic ones. In the course of spheroid geodesy by V.P. Morozov the iterative method for this problem solution is given. In the present paper one more approach is considered, iterative solution and closed formula are presented. An example of computation is shown.

Для высокоточного определения планово-высотных координат по GPS измерениям требуется эффективный и высокоточный алгоритм перевычисления геоцентрических декартовых координат в геодезические. В курсе сфероидической геодезии В.П. Морозова [1] приводится итеративный метод решения этой задачи. Рассмотрим еще один подход и дадим итеративное решение и замкнутые формулы.

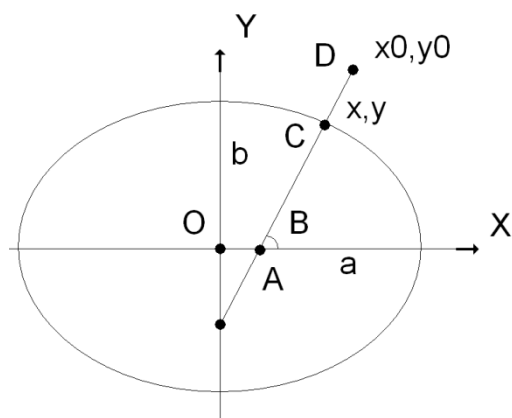


Рис. 1

Пусть дана точка в геоцентрической системе с известными декартовыми координатами $\{X_0, Y_0, Z_0\}$. Проведем через эту точку меридианальную плоскость, введем новые обозначения для системы координат, лежащей в этой плоскости, с началом в геоцентрической системе координат для исходной точки $\{x_0, y_0\}$ и определяемой точки $\{x, y\}$ (рис. 1). Опустим перпендикуляр из точки $\{x_0, y_0\}$ на эллипс с параметрами a, b и продлим его до пересечения с осями OX и OY . Тогда из построения можно записать:

координату точки $A\{e^2x, 0\}$, $\operatorname{tg} B = a^2y/(b^2x)$, $x_0 = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}$, $y_0 = Z_0$.

Обозначим соотношение длин векторов $\mathbf{AD}$ к $\mathbf{AC}$ через k . Из этого следует:

$$x = \frac{x_0}{\left(\frac{b^2}{a^2}k + e^2\right)}, y = \frac{y_0}{k}, k \geq 1.$$

Подставим x, y в уравнение эллипса

$$\frac{a^2x_0^2}{b^4\left(1 + \frac{e'^2}{k}\right)} + \frac{y_0^2}{b^2} = k^2. \quad (1)$$

Приведем формулу (1) к итеративному виду относительно k

$$k_{i+1} = \sqrt{f + g\left(1 + \frac{h}{k_i}\right)^2} - h, \quad (2)$$

$$\text{где } f = \frac{a^2x_0^2}{b^4}, g = \frac{y_0^2}{b^2}, h = e'^2 \text{ и } k_1 = \frac{a}{b}\sqrt{\frac{x_0^2}{b^2} + \frac{y_0^2}{a^2}}, (i = \overline{1, 2}).$$

После определения k вычисляем:

$$\operatorname{tg} B = \operatorname{tg} \Phi_0 \left(1 + \frac{e^2}{(1 - e^2)k}\right),$$

где $\operatorname{tg} \Phi_0 = y_0 / x_0$ геоцентрическая широта исходной точки. Итеративная часть алгоритма закончена.

Переходим к получению замкнутых формул. Для этого обозначим x_0 как g и y_0 как z . Раскроем уравнение (1) относительно k . После приведения подобных членов с учетом новых обозначений уравнение примет следующий вид:

$$k^4 + \tilde{a}k^3 + \tilde{b}k^2 + \tilde{c}k + \tilde{d} = 0, \quad (3)$$

$$\text{где } \tilde{a} = 2e'^2, \tilde{b} = -\left(\frac{a^2r^2}{b^4} + \frac{z^2}{b^2} - e'^4\right), \tilde{c} = -2e'^2\frac{z^2}{b^2}, \tilde{d} = -e'^4\frac{z^2}{b^2}.$$

Анализ и решение уравнения (3) выполним, строго следуя логике первооткрывателей Кардана и его ученика Феррари. Для этого необходимо проанализировать уравнение третьей степени вида

$$y^3 - \tilde{b}y^2 + (\tilde{a}\tilde{c} - 4\tilde{d})y - [\tilde{d}(\tilde{a}^2 - 4\tilde{b}) + \tilde{c}^2] = 0. \quad (4)$$

Учитывая, что $(\tilde{a}\tilde{c} - 4\tilde{d}) = 0$, уравнение приобретает более простой вид

$$y^3 - \tilde{b}y^2 - [\tilde{d}(\tilde{a}^2 - 4\tilde{b}) + \tilde{c}^2] = 0. \quad (5)$$

Пересчитаем коэффициенты уравнения (5) с учетом начальных значений $\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c}, \tilde{d}$:

$$y^3 + \left(\frac{a^2r^2}{b^4} + \frac{z^2}{b^2} - e'^4\right)y^2 + \frac{4e'^4z^2r^2a^2}{b^6} = 0 \quad (6)$$

или

$$y^3 + \hat{a}y^2 + \hat{c} = 0, \quad (7)$$

$$\text{где } \hat{a} = \frac{a^2r^2}{b^4} + \frac{z^2}{b^2} - e'^4, \hat{b} = 0, \hat{c} = \frac{4e'^4z^2r^2a^2}{b^6}.$$

Докажем, что уравнение (7) имеет один действительный корень. Для этого необходимо показать, что $\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} > 0$, где $p = -\frac{\hat{a}^2}{3}, q = \frac{2\hat{a}^3}{27} + \hat{c}$. Рассмотрим выражение $\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} = \frac{q^2}{4} - \frac{\hat{a}^6}{27^2} = \left(\frac{q}{2} + \frac{\hat{a}^3}{27}\right)\left(\frac{q}{2} - \frac{\hat{a}^3}{27}\right)$.

Легко подсчитать, что второй член выражения $\left(\frac{q}{2} + \frac{\hat{a}^3}{27}\right)\left(\frac{q}{2} - \frac{\hat{a}^3}{27}\right)$ равен $\frac{\hat{c}}{2} = \frac{2e'^4 z^2 r^2 a^2}{b^6} > 0$. Рассмотрим первый член выражения $\left(\frac{q}{2} + \frac{\hat{a}^3}{27}\right)\left(\frac{q}{2} - \frac{\hat{a}^3}{27}\right)$ $\frac{q}{2} + \frac{\hat{a}^3}{27} = \frac{2\hat{a}^3}{27} + \frac{\hat{c}}{2}$ и покажем, что $\hat{a} = \left(\frac{a^2 r^2}{b^4} + \frac{z^2}{b^2} - e'^4\right) > 0$ или $(a^2 r^2 + b^2 z^2 - b^4 e'^4) > 0$. Действительно

$$(a^2 r^2 + b^2 z^2 - b^4 e'^4) \geq (b^4 - b^4 e'^4) \geq b^4(1 - e'^4) > 0.$$

Итак, уравнение (7) третьей степени допускает один действительный корень

$$\tilde{y}_0 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} - \frac{1}{3}\left(\frac{a^2 r^2}{b^4} + \frac{z^2}{b^2} - e'^4\right).$$

С учетом $\tilde{y}_0$ переходим к вычислению всех корней исходного уравнения (3) четвертой степени. Для этого вычислим А и В:

$$\frac{\tilde{a}\tilde{y}_0}{2} - \tilde{c} = 2AB, \frac{\tilde{y}_0^2}{4} - \tilde{d} = B^2.$$

Заменяя $\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c}, \tilde{d}$ их выражениями, окончательно получим:

$$e'^2 \tilde{y}_0 + 2e'^2 \frac{z^2}{b^2} = 2AB, \frac{\tilde{y}_0^2}{4} + e'^4 \frac{z^2}{b^2} = B^2.$$

Для нахождения четырех корней k_1, k_2, k_3, k_4 решаем два квадратных уравнения $k^2 + (e'^2 - A)k + \frac{\tilde{y}_0}{2} - B = 0, k^2 + (e'^2 + A)k + \frac{\tilde{y}_0}{2} + B = 0$.

Отбор корня осуществим по следующим правилам:

1. Корень должен быть действительным положительным числом по определению.
2. Если точка находится на эллипсе, то $k = 1$ и сразу переходим к вычислению геодезической широты по формуле $\text{tg}B = \text{tg}\Phi_0 \left(\frac{1}{1-e^2}\right)$.
3. Если точка находится во внешней области эллипса, $k > 1$ и $k = \min(k_i)$.
4. Если точка находится во внутренней области эллипса, $k < 1$ и $k = \max(k_i)$

Для определения местоположения точки относительно эллипса решим простую задачу пересечения вектора **OD** с эллипсом. Обозначим координату этой точки, как $\{x_\varphi, y_\varphi\}$. Вычислим два расстояния s_0 и s_φ , как

$$s_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \text{ и } s_\varphi = \sqrt{x_\varphi^2 + y_\varphi^2}. \text{ Если } s_0 = s_\varphi, \text{ точка } \{x_0, y_0\} \text{ лежит на}$$

эллипсе, если $s_0 < s_\varphi$, - внутри эллипса и, если $s_0 > s_\varphi$, то вне эллипса. Формулы для вычисления координат $\{x_\varphi, y_\varphi\}$ имеют следующий вид

$$x_\varphi = \frac{abx_0}{\sqrt{b^2x_0^2 + a^2y_0^2}}, y_\varphi = \frac{aby_0}{\sqrt{b^2x_0^2 + a^2y_0^2}}.$$

Пример вычисления

$B = 45^\circ 09' 16''.43172$ или в радианах $B = 0.788095820502041$;

$L=45^{\circ}00'00''.00000$ или в радианах $L=0.785398163397448$;

$H=1558551.6345\text{м.}$

По этим данным подсчитаем геоцентрические координаты $\{X_0, Y_0, Z_0\}$. В результате получим:

$X_0= 3963042.88801243$, $Y_0= 3963042.88801243$, $Z_0= 5604589.00350952$.

Решим обратную задачу преобразования $\{X_0, Y_0, Z_0\}$ в $\{B, L, H\}$, сначала по итерационной формуле, приведенной в статье, при этом осуществим только две итерации. В результате получим:

$B=0.788095820522316$ или в градусной мере $B=45^{\circ}09'16''.43172$;

$H=1558551.6345\text{м.}$

По замкнутым формулам получены абсолютно точные (до 15 знаков) исходные данные.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозов, В.П. Курс сфероидической геодезии. – Москва: Недра-1979. – 191 с.

© *В.Н. Полещенков, Л.С. Любивая, 2009*

УДК 528.48

В.Н. Полещенко

ОАО ПИ «Новосибгражданпроект», Новосибирск

Л.С. Любивая

СГГА, Новосибирск

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ СНИМКОВ ЦИФРОВЫХ ФОТОАППАРАТОВ ПО ПРОГРАММЕ MAPPHOTO ПРИ ОБНОВЛЕНИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПЛАНОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

V.N. Poleshchenkov

«Novosibgrazhdanproyekt», Novosibirsk

L.S. Lyubivaya

SSGA, Novosibirsk

ACCURACY OF DIGITAL CAMERAS PICTURES PROCESSING BY MAPPHOTO PROGRAM WHEN REVISING LARGE-SCALE PLANS FOR DESIGNING AND CONSTRUCTION

When using non-special camera-devices under arbitrary photographing conditions the accuracy of pictures processing is ensured by mathematical methods and software to receive a final product of the preset accuracy. The requirement to the program is therefore the possibility of processing in the absence of the data on the inner orientation elements and systematic camera distortions.

These requirements are completely met by the program complex MapPhoto. The program was successfully used for processing the pictures of the mark with different vertical angles (up to 30 degrees) and the pictures of the real terrain taken by digital camera Canon EOS 1Ds MARK III, 21 megapixel. The results of all marks processed by MapPhoto showed that the maximal discrepancy between any point and its theoretical position does not exceed 0.8 mm, mean square error being 0.3 mm.

В настоящее время очень часто приходится решать задачу обновления городских территорий (от сотни до нескольких тысяч гектаров) на топографических планах для проектирования инженерных сетей, дорог, объемного проектирования, создания опорных планов и разработки генпланов различных уровней. При этом задачу приходится решать в кратчайшие сроки с минимальными экономическими затратами и точностью, соответствующей, как правило, точности топографических планов масштабов 1:5000-1:500. Участвуя в тендерах, выигрывает тот исполнитель, который заявляет минимальную цену при равенстве других условий. Выиграв, исполнителю приходится оптимизировать выполнение работ на всех этапах, начиная с получения обновленных топографических планов.

В условиях ограниченных средств необходимо применять современные технологии, так как наземная съемка для больших территорий очень затратна по деньгам и по времени. Такими технологиями является аэрофотосъемка с малых и средних летательных аппаратов с применением профессиональных цифровых фотоаппаратов высокого разрешения. Использование неспециализированной съемочной аппаратуры при произвольных условиях фотографирования перекладывает задачу обеспечения точности обработки таких снимков на математические методы и программное обеспечение с целью получения конечного продукта заданной точности.

Фирма АЭРО-СОЮЗ выполнила съемку с использованием вертолета Robinson R-44. Высота полета над уровнем моря составила $500\text{ м} \pm 30\text{ м}$. Высота над поверхностью с учетом рельефа в среднем 400 м . При проведении аэрофотосъемочных работ был использован комплекс PHTOLITE, в состав которого входит навигационный компьютер на базе КПК. В задачу навигационного компьютера входит визуализация полета и самого процесса фотографирования: границы кадров, трек и т.д., а также выдача сигнала фотографирования в зависимости от заданного перекрытия. S-поворотная платформа позволяет устранять угол сноса, другие углы не компенсируются. Для съемки использовался цифровой фотоаппарат Canon EOS 1Ds MARK III, 21 мегапиксель, с фокусным расстоянием 45 мм и матрицей 5616 на 3744 пикселей (24 на 36 мм) с неизвестными x_0, y_0 и картой систематических искажений. В результате были получены снимки с разрешением 1 пиксель на снимке или 6.9 см на местности.

Прежде, чем приступить к масштабной обработке всех снимков, необходимо было убедиться в том, как программа MapPhoto справится с систематическими ошибками камеры. Для этой цели были сфотографированы и обработаны марки с различными углами наклона (рис. 1, 6). Размер ячейки такой марки составил 3 см на 3 см. Одна марка (рис. 1, 2) была сфотографирована во фронт. Вторая марка (рис. 3, 4) была сфотографирована с малыми углами наклона. Третья марка (рис. 5, 6) сфотографирована с продольным углом наклона примерно в 30 градусов. Для всех случаев расположение теоретической опоры выбиралось одинаково, и на всех рисунках опорные точки выглядят как белые. Рисунки с нечетными номерами показывают степень начальных искажений, если их зарегистрировать MapInfo по теоретическим координатам. Рисунки с четными номерами демонстрируют, как выглядят марки после их обработки по программе MapPhoto и регистрации их в MapInfo. Результаты обработки всех марок по программе MapPhoto показали, что максимальное расхождение любой точки от ее теоретического положения не превышает 0.8 мм, а средняя квадратическая ошибка – 0.3 мм.

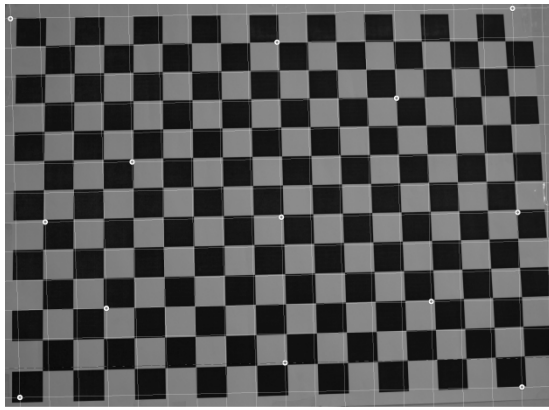


Рис. 1

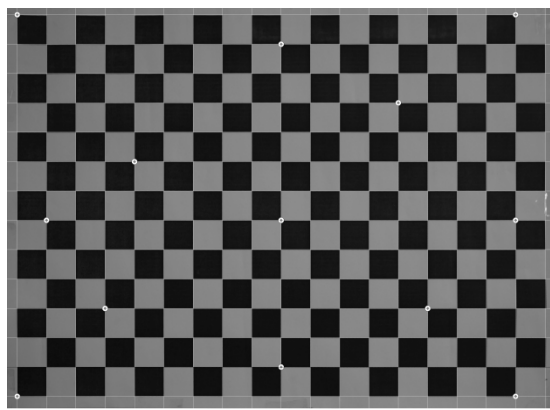


Рис. 2

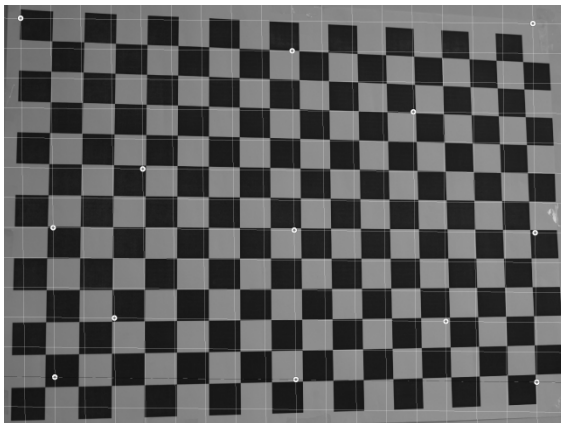


Рис. 3

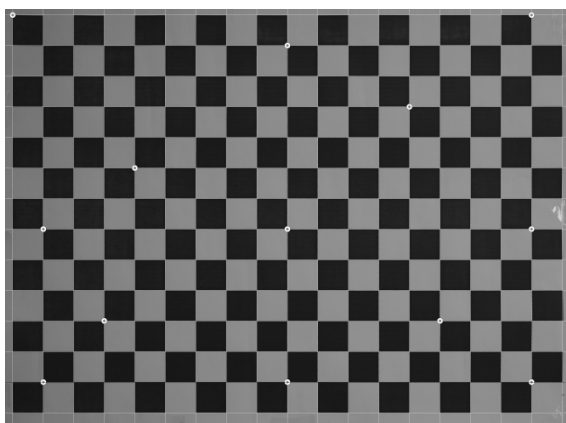


Рис. 4

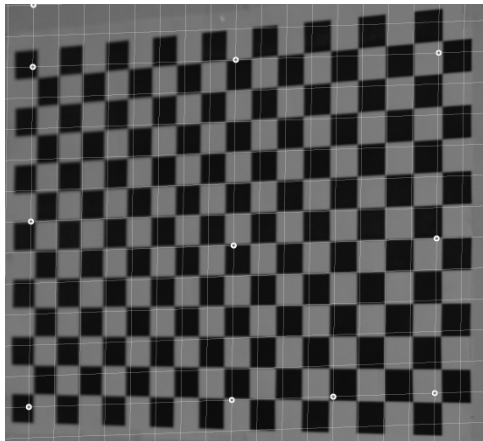


Рис. 5

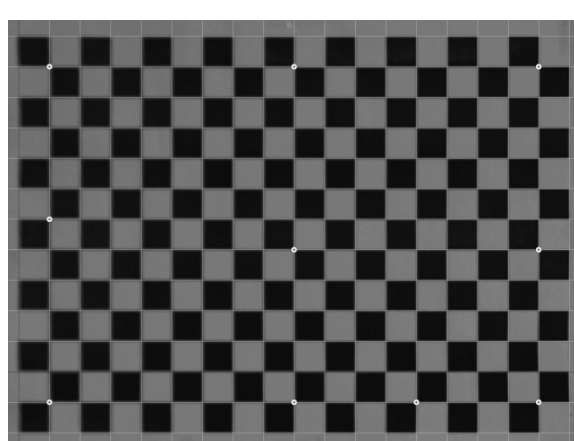


Рис. 6

Обработка реальных снимков показала, что абсолютно уверенный и точный результат при выше перечисленных условиях получается для масштабов не крупнее 1:1000, а для масштаба 1:500 - с некоторой натяжкой. Для того чтобы получать уверенный результат для масштаба 1:500, необходимо повышать разрешающую способность камеры или уменьшать высоту фотографирования.

УДК 528.42

В.Д. Астраханцев

СГУПС, Новосибирск

И.И. Золотарев

СГГА, Новосибирск

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

V.D. Astrakhansev

Siberian State University of Communications, Novosibirsk

I.I. Zolotaryov

SSGA, Novosibirsk

SELECTING OPTIMAL TECHNOLOGIES FOR GEODETIC WORKS

The paper describes modern methods of surveys using laser devices. Comparative analysis of their advantages and disadvantages allows to make an optimal choice of the most appropriate method in each particular situation.

Всякое новое техническое решение, позволяющее по-новому выполнять геодезические измерения (работы), вызывает 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 при случайном попадании луча в глаз, поэтому при работе с такими приборами необходимо применять все меры, исключая такую возможность. 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 разности этих фаз и вычисляется расстояние.

Технологические причины 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, измеряют 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 дальмеры 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 вдруг 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 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 дальмеры могут работать в режиме сканирования поверхности. В этом случае прибор сам автоматически производит съёмку определенного участка с заданным исполнителем шагом сканирования.

Всвязи 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 в условиях суровой сибирской зимы, некоторые модели пока еще громоздки, имеют большой вес. В сравнении с лазерными электронными тахеометрами они имеют ряд технологических преимуществ:

1. Очень высокая скорость сканирования (до 50000 точек в секунду).
2. Диапазон сканирования практически не ограничен по горизонтали и по вертикали.
3. Возможность работы при любом освещении.

4. Результаты съемки имеют высокую информативность, в последующем 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 за счет малого веса и небольших габаритов
2. Существующие модели адаптированы к работе в самых разных, в том числе экстремальных климатических условиях.
3. Значительно меньшая себестоимость работ на небольших объектах.
4. Некоторые модели дают возможность сканирования в ограниченных пределах.

Каждый метод измерений предназначен для решения конкретных задач и используется в различных приложениях. Приведенное описание каждого метода, сравнение их достоинств и недостатков позволяет обосновать выбор того метода, который наилучшим образом подойдет для работы в конкретных производственных и природных условиях.

© В.Д. Астраханцев, И.И. Золотарев, 2009

УДК 502.22 517:519.8

И.Г. Вовк

СГГА, Новосибирск

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

I.G. Vovk

SSGA, Novosibirsk

TECHNOGENIC SYSTEMS CONDITION ESTIMATION BY GEODETIC DATA

The paper is a continuation of that on the space-time condition of technogenic systems, presented in 2008. The algorithms are considered to be used for estimation of space-time characteristics of the system components relative to the environment and to each other. The examples are given.

Состояния техногенных систем по геодезическим данным характеризуются их пространственно-временными свойствами, которые проявляются в результате внутренних процессов в системах или их взаимодействия с внешней средой. При определении состояния системы из множества свойств необходимо выбрать лишь некоторое конечное их число, необходимое для достижения цели – оценки состояния системы. Оценка состояния системы по геодезическим данным необходима не только для изучения движений и деформаций системы, но и для ответа на вопрос является ли состояние системы опасным для людей, окружающей среды и техносферы.

Информационным базисом для определения состояния системы по геодезическим данным служит массив данных

$$\bar{r}_{ij} = \bar{\rho}(M_i, t_j) \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

о координатах n точек, отнесённых к m циклам повторных измерений.

Рассматривая отдельные геодезические точки или некоторые их множества, как элементарные объекты, на множестве элементарных объектов определим отношения между ними. В результате на множестве исходных геодезических данных могут быть определены геометрические объекты не обязательно состоящие из конечного множества точек. Например, прямая, проходящая через две заданные точки, плоскость, содержащая три заданные точки, многоугольник, составленный из отрезков прямых и т.д. Это позволяет, как свойства систем рассматривать:

- Внешнюю конфигурацию: точка, линия, полоса, оболочка, стержень, слой;
- Количество и размерность связей со смежными элементами, иерархию связей,

- Уравнения линий и поверхностей,
- Скалярные и векторные характеристики - длины, площади, объёмы, углы и расстояния между линиями и поверхностями.

В работе /1/ пространственно-временные свойства техногенной системы разделены на два класса: свойства присущие системе как целому, и свойства частей системы. Свойства первого класса характеризуют изменения положения системы относительно внешней среды в пространстве и времени. Алгоритмы их определения приведены в /1/. Будем считать, что изменения пространственно-временного состояния системы как целого определены и исключены из массива данных, содержащихся в (1), т. е. данные массива (1) содержат информацию об изменениях пространственно-временного состояния частей системы относительно внешней среды, относительно друг друга и случайных помехах в виде некоррелированного случайного процесса

$$\bar{\eta} = \bar{\eta}(t) \quad (2)$$

с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсией.

В данной работе рассматриваются алгоритмы определения свойств, отнесённых ко второму классу. Сначала предположим, что влияние случайных помех (2) отсутствует или пренебрегаемо мало. Такое предположение не имеет значения для определения свойств системы. Оно становится существенным при анализе результатов вычислений, так как невозможно ответить на вопрос о практической значимости результатов оценки свойств без статистического анализа влияния случайных помех на полученные результаты.

Все пространственно-временные свойства системы, отнесённые во второй класс, разделим на скалярные, векторные и многомерные свойства.

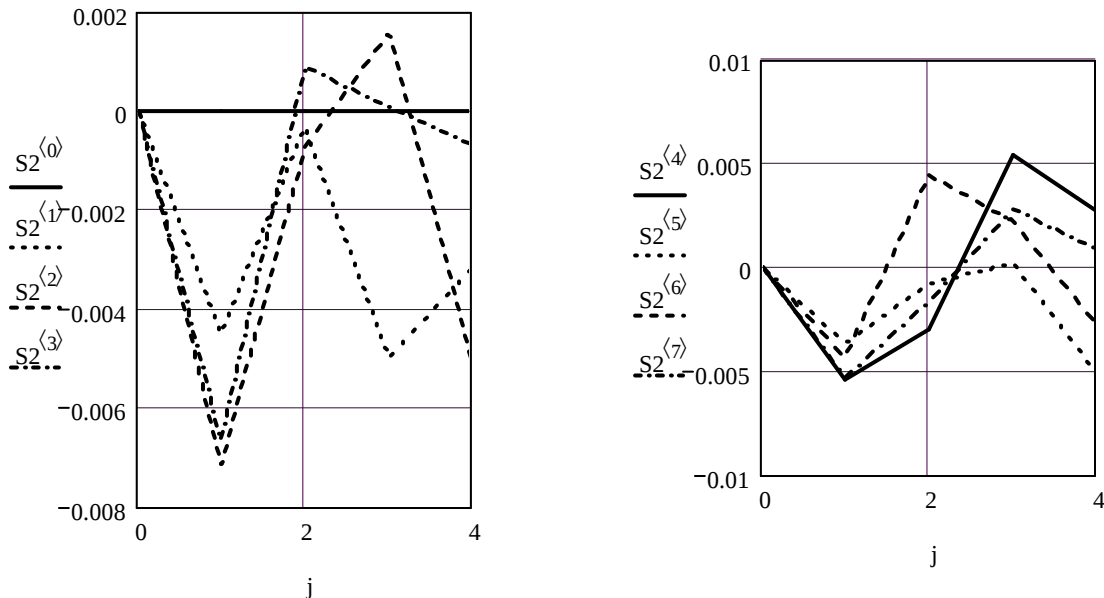
Скалярные свойства определяются одним числом. Например, площади и объёмы ячеек, длины векторов, построенных по данным информационного базиса (1) относятся к скалярным свойствам системы. Эти скалярные свойства определяют скалярные функции времени, характеризующие, линейное, поверхностное или объёмное расширение (сжатие) частей системы.

Векторные свойства, характеризующие состояния системы, определяются векторами. К ним относятся уравнения линии или поверхности, полученные по данным информационного базиса. Векторные свойства, характеризуют изменения пространственно-временного состояния частей системы. Например, углы и расстояния между плоскостями или/и линиями позволяют делать выводы об изменении положения частей системы относительно друг друга.

Многомерные свойства системы – это векторы или матрицы, элементами которых кроме скалярных величин могут быть векторы и/или матрицы. В данной статье такие свойства не рассматриваются.

Рассмотрим примеры определения пространственно-временных свойств техногенной системы по геодезическим данным. Предположим, что в нашем распоряжении имеется массив данных (1), в котором исключены изменения системы как целого. Значение $n = 8$, $m = 5$. Вычислим следующие скалярные характеристики состояния системы.

1. Расстояния от одной точки до всех остальных во всех пяти циклах измерений. При уменьшении расстояния система испытывает сжатие по данному направлению, а при увеличении - растяжение. Графики изменений (в метрах) значений расстояний по заданным направлениям приведены на рисунке.



Все графики размещены на двух чертежах (по четыре на каждом). Анализ графиков свидетельствует, что система по всем направлениям испытывает сжатие (расстояния уменьшаются) и растяжение (расстояния увеличиваются) различной величины.

2. В качестве векторной характеристики рассмотрим поведение орт векторов нормалей к плоскостям, проходящим через точки 1 – 4 – 7 и 2 - 4 - 6. Значения координат орт векторов нормалей для пяти циклов измерений получены следующие

$$n1^T = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} 0.76831 \\ -0.000006 \\ -0.640078 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0.76832 \\ 0.000043 \\ -0.640066 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0.768318 \\ 0.000113 \\ -0.640068 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0.76836 \\ -0.000146 \\ -0.640018 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0.768179 \\ -0.000007 \\ -0.640235 \end{pmatrix} \end{bmatrix}$$

$$n2^T = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} 0.000055 \\ 0.514447 \\ 0.857522 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0.000038 \\ 0.514406 \\ 0.857547 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0.000115 \\ 0.514314 \\ 0.857602 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} -0.000001 \\ 0.51445 \\ 0.85752 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} -0.000105 \\ 0.514276 \\ 0.857625 \end{pmatrix} \end{bmatrix}$$

Изменения направления нормали свидетельствует о повороте плоскости вокруг некоторого полюса или оси. Изменения угла между плоскостями характеризует деформации в системе. Значения угла между плоскостями, вычисленные по координатам орт векторов нормалей (в секундах дуги) следующие

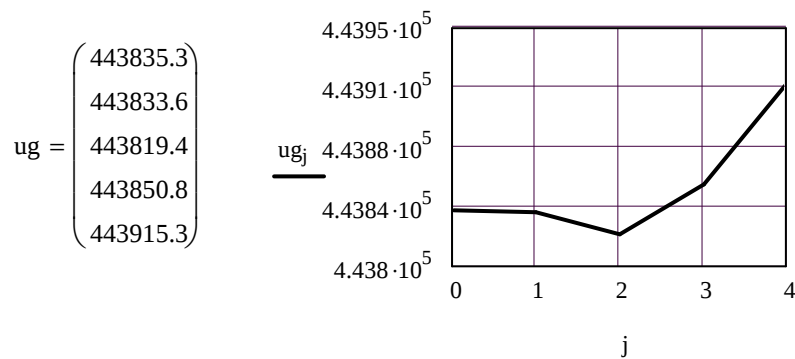
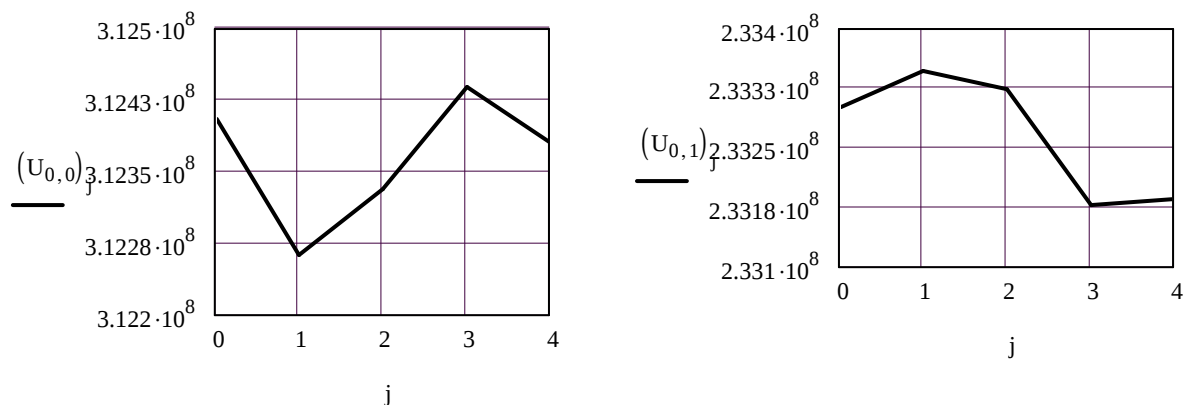


График иллюстрирует изменения угла между плоскостями, секущими систему по трём заданным точкам. Увеличение угла свидетельствует о растяжении в одной части системы и сжатии в другой.

Количественную меру растяжения или сжатия характеризует изменения площадей частей системы. В качестве примера вычислены площади параллелограммов, построенных на точках 1 – 4 – 7 и 2 – 4 – 6. Результаты приведены на графиках.



Очевидно, что характер изменения площадей различный, но качественно соответствует выводам об изменениях расстояний между точками системы.

Рассмотренные примеры не исчерпывают всех характеристик состояния системы, существуют и другие, которые здесь не рассматриваются.

Полученные результаты иллюстрируют возможность оценивания характеристик состояния системы по результатам геодезических измерений. Однако причины, вызывающие изменения состояния по этим данным установить невозможно. Ответить на вопрос о том, является ли изменение состояния системы опасным, пока не представляется возможным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вовк, И.Г. Системный анализ и моделирование пространственно-временного состояния технических систем / ГЕО-Сибирь-2008. Т.1 Ч.1 Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Спутниковые навигационные системы: сб. матер. IV Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2008», 22-24 апреля 2008 г., Новосибирск. - Новосибирск : СГГА, 2008. – с. 118 – 121.

УДК 528.4

Л.А. Максименко, Д.Е. Журавлев

СГГА, Новосибирск

О СОПОСТАВИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ ОСАДКИ ЗДАНИЯ С ТЕОРЕТИЧЕСКИМИ РАСЧЕТАМИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ

L.A. Maksimenko, D.E. Zhuravlev

Siberian State Geodesic Academy, Novosibirsk

State Architectural and Construction University, Novosibirsk

ON COMPARABILITY OF OBSERVATIONS OF BUILDING YIELDING WITH THEORETICAL CALCULATIONS OF SOIL FOUNDATION

The question of comparability of observations of settlement of structure with theoretical calculations of stressed-deformed condition emerges as a result of creation of monitoring systems for construction object control.

Вопрос о сопоставимости результатов наблюдения осадки здания с результатами теоретических расчетов напряженно-деформированного состояния возникает в связи с созданием мониторинговых систем наблюдения за строительным объектом. В процессе производства работ по устройству фундаментов и в начальный период эксплуатации зданий и сооружений в необходимых случаях следует выполнять натурные наблюдения (мониторинг) за поведением конструкций сооружений и их оснований (СП 50-102-2003). Как правило, мониторинг проводят при строительстве (реконструкции) уникальных зданий и сооружений и I уровня ответственности; при строительстве (реконструкции) зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях; для эксплуатируемых зданий и сооружений, попадающих в зону влияния нового строительства (реконструкции) в условиях существующей застройки, а также в других случаях, предусмотренных техническим заданием. Цели мониторинга - проведение наблюдений и своевременное выявление недопустимых отклонений в поведении вновь строящихся или реконструируемых сооружений и их оснований от проектных данных, разработка мероприятий по предупреждению и устранению возможных негативных последствий, обеспечение сохранности существующей застройки, находящейся в зоне влияния нового строительства, а также сохранение окружающей среды. Мониторинг включает следующие виды работ: обследование существующих зданий и сооружений, попадающих в зону влияния нового строительства (реконструкции); проведение натурных наблюдений; оценку результатов наблюдений и сравнение их с проектными данными.

В настоящее время единого методологического и инструментального подхода к разработке мониторинговых систем объектов капитального строительства нет, тем не менее, обоснованием для проведения геодезического мониторинга, т.е. наблюдения за осадками зданий (сооружений) высокоточным нивелированием, являются нормативные документы. Так, например, согласно действующим нормативным документам (СНиП 3.01.03-84, пункт 1.2), в состав геодезических работ, выполняемых на строительной площадке, входят геодезические измерения деформаций оснований, конструкций зданий (сооружений) и их частей, если это предусмотрено проектной документацией, установлено авторским надзором или органами государственного надзора. Методы и требования к точности геодезических измерений деформаций оснований зданий (сооружений) принимаются по ГОСТ 24846-84. Создание геодезической разбивочной основы для строительства и геодезические измерения деформаций оснований, конструкций зданий (сооружений) и их частей в процессе строительства являются обязанностью заказчика. Производство геодезических работ, в процессе строительства, геодезический контроль точности геометрических параметров зданий (сооружений) и исполнительные съемки входят в обязанности подрядчика. Такие исследования выполняются по техническому заданию, которое составляется проектной организацией. Измерения деформаций оснований фундаментов строящихся зданий и сооружений проводят в течение всего периода строительства и в период эксплуатации до достижения условной стабилизации деформаций, устанавливаемой проектной или эксплуатирующей организацией. Измерения деформаций оснований фундаментов зданий и сооружений, находящихся в эксплуатации проводят в случае появления недопустимых трещин, раскрытия швов, а также резкого изменения условий работы здания или сооружения. По ГОСТ 24846-84 погрешность измерений не должна превышать 2 мм, что соответствует второму классу точности измерений. Для обеспечения точности измерений должны быть установлены три глубинных репера, которые размещают вне зоны распространения давления от здания или сооружения. Деформационные марки для определения вертикальных перемещений устанавливаются в нижней части несущих конструкций по всему периметру здания (сооружения), внутри его, в том числе на углах, на стыках строительных блоков, по обе стороны осадочного или температурного шва, в местах примыкания продольных и поперечных стен, на поперечных стенах в местах пересечения их с продольной осью, на несущих колоннах, вокруг зон с большими динамическими нагрузками. Точки наблюдения (осадочные марки) закладываются в процессе строительства, и составляется программа измерения. Данные о результатах инструментальных наблюдений за осадками необходимы не только в период строительства, эксплуатации или переустройства зданий (сооружений).

На современном этапе компьютерное моделирование в расчетах грунтовых оснований представлено различными программными комплексами. На основе современных концепций информационных систем в программах реализованы многочисленные функции, позволяющие создавать расчетную схему

сооружения, выполнять анализ результатов расчета с использованием наглядной визуализации на всех этапах проектирования. В связи с большим количеством задач в расчетах грунтовых оснований, а также трудоемкостью их решения, требующего значительных затрат времени для анализа напряженно-деформированного состояния (н.д.с.) используется метод конечных элементов (МКЭ). Пример расчетной модели грунтового основания, сформированной на основе МКЭ представлен на рис. 1.

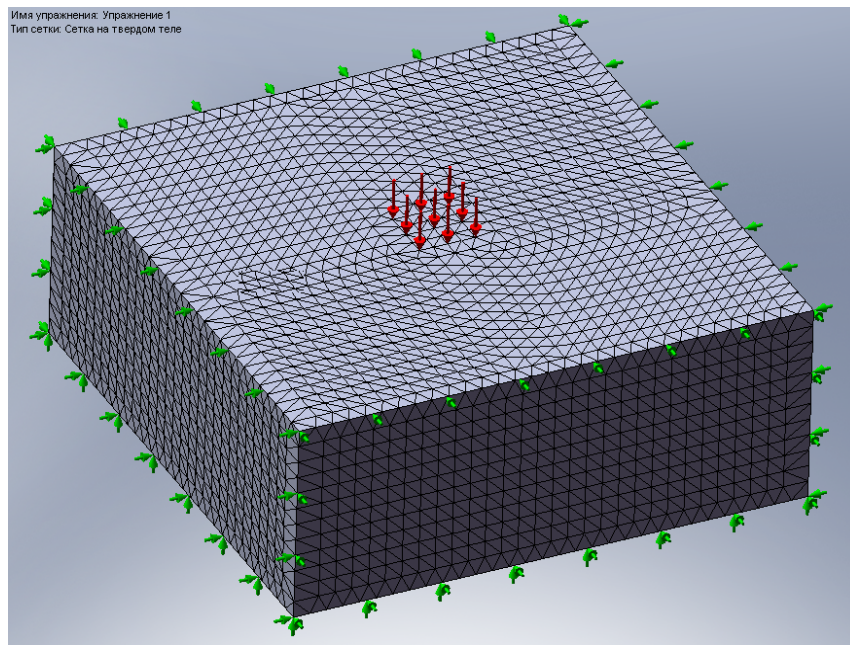


Рис. 1. Моделирование расчетов н.д.с. грунтового основания

На основе МКЭ разработаны и широко применяются вычислительные комплексы, такие как: «каскад», «лира», «мираж», «прочность», «scad», «cosmos», и др., которые реализуют многочисленные функции, встроенные в единую среду проектировщика, позволяющие своевременно выполнять анализ результатов расчета. Однако, эти программные комплексы, являясь в большинстве своем стандартными, зачастую мало приспособлены для решения специфических задач. В настоящее время, когда многие строительные объекты по тем или иным причинам находятся в аварийном состоянии и требуют, реконструкции или обновления, а также в результате надстройки здания и сооружений, их технического перевооружения, замены технологического оборудования, пристройки нового здания к существующему, аварийного замачивания, подтопления и других причин, особую актуальность приобретает совершенствование теории и создание методики расчета усиления оснований и фундаментов. Причины, по которым необходимо проводить усиление оснований и реконструкцию фундаментов объектов недвижимости можно разделить на четыре основных группы: ослабление свойств оснований в процессе эксплуатации зданий и сооружений; ухудшение свойств самого фундамента в процессе эксплуатации зданий и сооружений; появление необратимых деформаций при реконструкции с существенным увеличением массы здания; возникновение необратимых деформаций при возведении нового

здания около существующего. Все эти причины крайне обостряют проблему эксплуатации, реконструкции и обновления строительных объектов и напрямую связаны с созданием методики расчета, достоверно и более точно, учитывающей реальные свойства грунтов под нагрузкой, надежно прогнозирующей напряженно-деформированное состояние грунтовых оснований, позволяющей более полно использовать те возможности, которыми они обладают, т.е. получить наиболее экономичные и технически целесообразные варианты фундаментов и сооружений из грунта при обеспечении достаточной безопасности в процессе их эксплуатации.

Теоретические расчеты грунтового основания позволяют получить картины напряженно деформированного состояния грунтового основания, а также его перемещений (рис. 2).

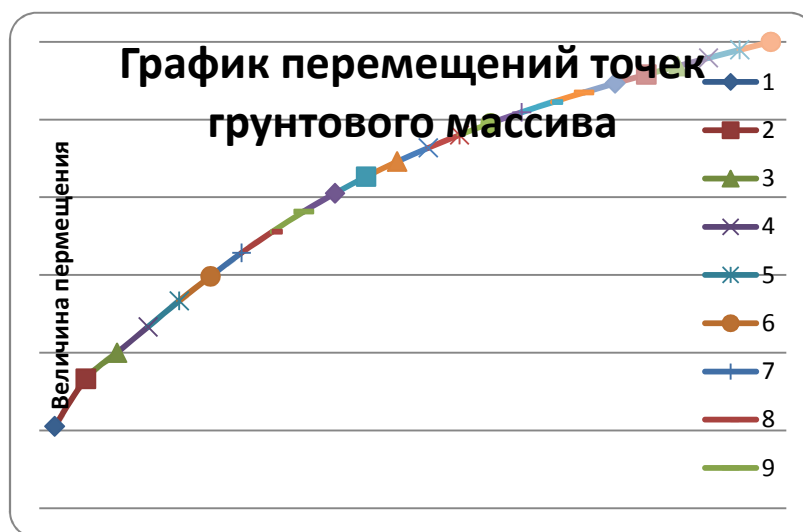


Рис. 2. График перемещений точек грунтового массива

При построении графика перемещений определяется абсолютное значение вертикального перемещения верхней точки грунтового массива соответствующее перемещению угловой марки фундамента при натурных геодезических наблюдениях.

Мониторинг зданий (сооружений) должен включать в себя комплексную систему наблюдений за состоянием объекта, оценку результатов наблюдений и разработку прогноза изменений состояния объекта и окружающих его строений как после завершения строительства, так и на весь последующий период его эксплуатации.

УДК 528.4
А.В. Виноградов
ОмГАУ, Омск

ОСОБЕННОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ УЧАСТКА НА ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

A.V. Vinogradov
Omsk state agrarian university (OmSAU).
Institutskia pl., Omsk, 644008, Russian Federation

FEATURES OF CALCULATION OF THE PLOT AREA IN THE BUILT UP TERRITORY

In the state land cadastre plot areas are calculated in the local coordinate systems in Gauss-Krüger map projection. The areas of the plots are deformed at removal from a central meridian. It is very impotent to know the areas of the plots, in the cities, with the maximum approach to the true sizes. So it is offered to calculate the plot area on an ellipsoid surface with the account of height of a plot above sea level.

При ведении кадастра недвижимости застроенной территории необходимо знать площадь участка на горизонтальной или уровенной поверхности. Для этого возможно вычислять площадь на поверхности эллипсоида. Но для приближения вычисленной площади к реальным размерам необходимо учитывать высоту участка над уровнем моря или над поверхностью начального эллипсоида. Увеличение площади за счёт высоты участка не большое, и составляет 0,003 13 % при высоте участка 100 м над уровнем моря [3, 4, 5]. Но так как это постоянное увеличение и высота часто бывает много больше, то при вычислении площади городских территорий это надо учитывать. Наиболее рационально – это выбор единой высоты для всего объекта, так как это упрощает вычисление площади при ведении кадастра недвижимости по всем объектам.

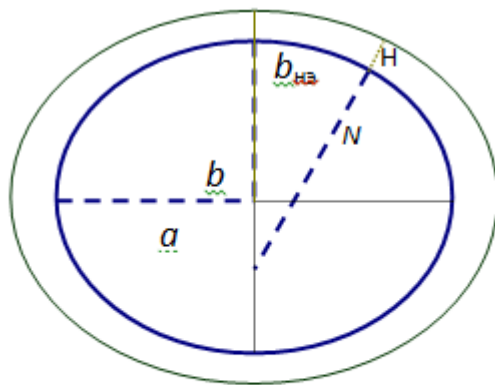


Рис. Уровенный эллипсоид
и эллипсоид на высоте H

В некоторых случаях, в холмистой местности, с большими перепадами высот, пытаются определять площади отдельных участков, в зависимости от высоты каждого участка. Если при этом пользоваться принятой системой прямоугольных координат, то возникает сложность сведения значений общих границ участков, когда они расположены на разных высотах. Эти расхождения возникают из-за разномасштабности изображений этих объектов. Но наиболее сложным препятствием к этому будет то, что на сравнительно небольшом объекте будет, фактически, несколько систем координат. Это всегда приводит к ошибкам при ведении единого кадастра недвижимости, а так же может привести к дополнительным сложностям правового характера. Тем более, расхождения в значениях площади, связанные с изменением высоты на территории населённого пункта, будут довольно малы, а расхождения в координатах общих точек по границе двух участков будут велики. Эти расхождения будут увеличиваться в соответствии с удалением участков от начала координат МСК. Можно допустить наличие в большом городе двух – трёх основных высот для целых районов.

Но это рационально, если они разделены естественными природными границами (например, река), и разница высот между районами достигает 100 м и более. Хотя разделение на отдельные координатные системы даже при расхождении в 100 м приведёт к определённой путанице и ошибкам при сведении отдельных элементов в единое целое.

Для ведения кадастра недвижимости на застроенных территориях при высотах больше 100 м наиболее рационально при вычислении площади участка вводить повышающий коэффициент или изменять на соответствующую величину малую полу ось эллипсоида, как это предложено в [1].

Для получения площади участка на какой-то высоте H изменим параметры начального эллипсоида. Для этого найдём соответствующее значение малой полуоси нового эллипсоида который проходит на принятой высоте H относительно уровня, а эксцентриситет оставим прежним (рисунок). Конечно, здесь делается некоторое отступление от точного положения нового

эллипсоида. Но, принимая во внимание небольшие размеры участка по сравнению с общим эллипсоидом и малое значение высоты H по сравнению с радиусом R , можно погрешностями вычисления площади пренебречь.

По средней широте B объекта определяют радиус первого вертикала

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}},$$

где a - большая полуось эллипсоида.

Находят новое значение малой полуоси с учетом H и высоты квазигеоида над эллипсоидом $-\zeta$,

$$b_{н.э.} = (N + H + \zeta) \sqrt{1 - e^2 (1 + \sin^2 B (1 + e^2))} \quad . \quad (1)$$

Площадь участка на высоте H вычисляем по формулам

$$P_{\mathcal{O}} = \frac{b^2}{2} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{(\sin B_{i+1} - \sin B_i)(1 + e^2 \sin B_i \sin B_{i+1})}{(1 - e^2 \sin^2 B_i)(1 - e^2 \sin^2 B_{i+1})} + \right. \\ \left. + \frac{1}{2e} \ln \frac{1 - e^2 \sin B_i \sin B_{i+1} + e(\sin B_{i+1} - \sin B_i)}{1 - e^2 \sin B_i \sin B_{i+1} - e(\sin B_{i+1} - \sin B_i)} \right\} \times \frac{L_i \cdot \cos B_{i+1} + L_{i+1} \cdot \cos B_i}{\cos B_i + \cos B_{i+1}}, \quad (2)$$

где $P_{\mathcal{O}}$ - площадь участка на поверхности эллипсоида,

b - малая полуось эллипсоида,

e - первый эксцентриситет,

n - число точек поворота вместе со створными взятыми для вычисления площади по границе участка,

B_i и L_i - геодезические широты и долготы граничных точек участка.

Подставим в формулу (2) вместо стандартного значения малой полуоси эллипсоида b его новое значение, вычисленное по формуле (1).

Для повышения точности вычисления площади участка необходимо применить способ итераций в соответствии с работой [2].

Применение этой методики позволяет получать площади участков любых размеров, расположенных в одной или в разных зонах, с одинаковой точностью. Возможно ведение учет земель для любого региона как на эллипсоиде, что более удобно в незастроенной территории, так и на произвольной поверхности с заданной высотой H - как это принято при работе с городскими землями. Эти разработки способствуют введению единой эллипсоидальной системы ведения государственного кадастра недвижимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов А. В. Способ определения площади участка на поверхности эллипсоида и на произвольной высоте H [Текст] / А.В. Виноградов // Бюл. изобретений и полезных моделей.-2003. - № 32. - С. 259.
2. Виноградов А.В. Вычисление площади участка на поверхности вращения путём решения определённого интеграла способом итерации [Текст] / А.В. Виноградов // Геодезия и картография. - 2006. - № 7. - С. 12-23.

3. Волков Н.М. Принципы и методы картометрии [Текст] / Н.М. Волков. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1950. – С. 328.

4. Маслов А.В. Способы и точность определения площадей [Текст] / А.В. Маслов. - М.: Изд-во геод. лит., 1955. – 228 с.

6. Самратов У.Д. Аналитический способ определения площадей землепользований [Текст] / У.Д. Самратов // Геодезия и картография. – 1981. - № 9. – С. 16-19.

© А.В. Виноградов, 2009

УДК 528.4

А.В. Виноградов

ОмГАУ, Омск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ УЧАСТКА ПО СПОСОБУ ИТЕРАЦИЙ

A.V. Vinogradov

Omsk state agrarian university (OmSAU).

Institutskia pl., Omsk, 644008, Russian Federation

DETERMINATION AREA TO PHYSICAL SURFACE OF THE AREA AFTER THE MANNER ITERATION

It is necessary to know the physical area of a surface of the plot to produce some geomorphological, geobotanical and geological works. This problem is known for some hundreds years, but it is also urgent. Modern computers allow to have a new problem solving. This article presents you some methods of calculation the physical area of a surface of the plot using new computer technologies and mathematical algorithms. As a result of applied workings was reducing errors of calculation of the area to 0,07 %.

В целом ряде работ рассматривается возможность определения площади физической поверхности участка для ведения кадастра. Это достаточно сложная, а главное трудоемкая задача. Так как рельеф любой поверхности очень разнообразен и при его съёмке всегда происходит генерализация. Поэтому определение этой площади всегда носит субъективный характер, и соответственно математический аппарат для решения этой задачи так же разработан недостаточно.

Для нахождения физической площади любого участка самый простой способ – это разбиение участка на элементарные фигуры, обычно треугольники. Разобьём на местности или на цифровой модели местности сплошную сеть треугольников, вершины которых будут находиться на основных точках рельефа или линиях перегиба, а затем определим все стороны этих треугольников. В результате, пользуясь известной формулой Герона, можно вычислить площадь каждого треугольника, а сумма этих площадей даст физическую площадь данного участка. (Вполне вероятно для этих целей и была получена эта формула). В зависимости от длины сторон треугольников получаем площадь с разной степенью точности. В работе [7] предлагается выдерживать стороны треугольников порядка 10 км. Это возможно только в плоскоравнинной местности, хотя в этой работе речь идёт об орошаемых участках самотечными каналами, и такие стороны вполне оправданы. Но в этом случае площадь на плоскости будет практически равна физической площади. Для повышения

точности результата площадь надо вычислять дважды и по независимым измерениям. Это предлагается в работах [5, 6]. По космическим снимкам строят небольшие треугольники, но большей частью это предназначено для сельскохозяйственных и лесных угодий. Все вычисления выполняют дважды, но так как первоначально берётся четырёхугольник (по девяти пикселям) и у него находят две диагонали, то получаемые результаты зависимы.

Определённый интерес может вызывать местность с достаточно расчленённым рельефом, при углах наклона более 4° . Но в такой местности поверхность имеет сложные формы, а главное она плохо описывается любыми элементарными фигурами. Для точного описания надо строить треугольники с короткими сторонами, порядка нескольких десятков метров. И всё равно часть треугольников будет рассекать поверхность земли и, соответственно, вычисленная площадь не будет соответствовать физической поверхности. Особенно это будет наблюдаться в местах закруглений рельефа. Кроме того, любая поверхность имеет микроформы рельефа, учёт которых очень трудоёмок, но они могут изменить значение площади в пределах 0,5 %.

В некоторых случаях физическую площадь вычисляют по углу наклона дневной поверхности к горизонтальной плоскости [2, 3, 4]. Для некоторого упрощения определения общего угла наклона местности предлагается определять его по построенной на карте сетке взаимно перпендикулярных профилей [2]. С некоторыми упрощениями аналогичный способ предложен в работе [4]. Различные способы определения угла наклона местности рассматриваются во многих работах и считаются достаточно трудоёмкими, требующими определённого внимания. И не смотря на это, получаем приближённые результаты, особенно при больших углах наклона [2].

Главным недостатком этих способов – это то, что в равнинной местности различие между площадью физической поверхности и на горизонтальной плоскости мало, и может быть в пределах точности измерений, а при выраженных формах рельефа трудно описать сложный рельеф элементарными плоскостями с требуемой подробностью.

Для упрощения решения таких задач воспользуемся разработанным способом вычисления интеграла способом итераций [1]. Ведь определение площади любого участка по отдельным элементам (фигурам), это и есть процесс интегрирования. Рассмотрим определения площади физической поверхности на примере вычисления площади полусферы.

Будем заменять полусферу пирамидами с постоянным увеличением числа пирамид и увеличением их боковых граней. Первая пирамида будет с четырьмя гранями и высотой, равной радиусу шара. Затем построим две восьмигранные пирамиды, нижняя будет усечённая, а верхняя полная. Боковые грани этих пирамид равны. Будем и далее увеличивать в два раза число пирамид и число их боковых граней. Такое деление наилучшим образом подходит к результатам набора точек на реальной поверхности. Вычислим пространственные координаты вершин пирамид. А далее, после каждого деления найдём суммы площадей боковых поверхностей пирамид. Окончательное значение площади

вычислим по способу итераций. В результате мы получаем достаточно точные значения даже после двух делений (табл. 1).

Отсюда следует, что при вычислении площади физической поверхности необходимо намечать линии с таким расчётом, что бы можно было применить в дальнейшем способ итераций. Для этого основные вершины фигур размещаем на точках и линиях перегибов местности, а в дальнейшем делим полученные между ними линии на четыре равные части.

Таблица 1. Относительные погрешности площади полусферы вычисленной по пирамидам

Число пирамид	Начальные результаты	Первая итерация	Вторая итерация	Третья итерация
1	1: 2			
2	1: 8	1: 65		
4	1: 30	1: 820	1: 3 500	
8	1:125	1:12 500	1: 217 000	1: 4 670 000

В местности со сложным рельефом проводить линии перегибов местности и затем делить расстояния между ними на равные части представляет собой сложную и трудоёмкую задачу. В этом случае для нахождения площади физической поверхности применим известные способы с некоторыми упрощениями и повышением точности получаемого результата.

В работе [2] рассмотрено несколько способов определения физической площади участка. Для эксперимента был взят объект, обработанный в программе ГИС «Карта 2005». По результатам измерений был создан топографический план в масштабе 1 : 1 000 и построена матрица высот. Из этого плана был выбран участок, (рис. 1) длиной 205 м, и шириной 145 м, сплошные горизонтالي проведены через 0,25 метра. Участок разделён на 16 частей по каждой оси, всего на 256 частей. Площадь физической поверхности вычислялась по трём вариантам:

- 1) По имеющейся в ГИС «Карта 2005» программе;
- 2) По длинам горизонталей;
- 3) По длинам отрезков прямоугольной сетки.

Вычисление площади объекта в ГИС «Карта 2005» производится по заданной матрице высот объекта. Погрешность вычисления зависит от заданного шага интерполяции - деления объекта на элементарные квадраты с заданной длиной стороны. Значение этого параметра устанавливается при вычислении площади. Минимальный размер шага интерполяции 1 м.

При вычислениях вначале был выбран минимальный шаг, и затем последующие шаги увеличивались в два раза. Результаты вычислений даны в табл. 2. В ней дано и примерное время вычислений по каждому интервалу. Для дополнительной проверки площади вычислялись по способу итерации.

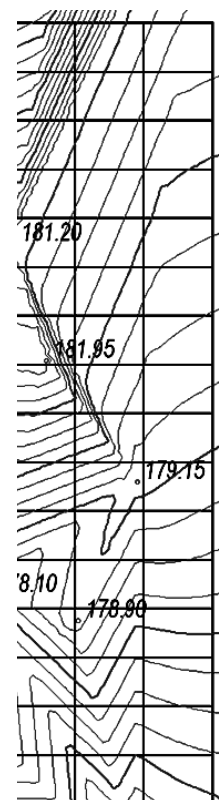


Рис. 1. Участок местности. Сплошные горизонтالي проведены через 0,25 метра

Таблица 2. Вычисление площади участка по ГИС «Карта 2005»

Шаг интерполяции (м)	Время вычислений (в секундах)	Площадь (м ²)		
		По матрице высот	Первая итерация	Вторая итерация
1	10	29 816,3		
2	7	29 810,6	29 818,2	
4	3	29 804,8	29 812,5	29 818,6
8	2	29 798,3	29 807,0	29 812,9
16	1	29 786,8	29 802,1	29 807,4
32	1	29 787,3	29 786,7	29 803,2

Из табл. 2 видно, что с увеличением шага интерполяции происходит уменьшение значения площади физической поверхности, которое происходит за счёт генерализации рельефа. Применение способы итерации повышает точность вычисления площади, когда берётся большой шаг интерполяции.

Другой способ вычисления физической площади участка, рассмотренный в [2], по длинам горизонталей. По полученной матрице высот были построены горизонталы с высотой сечения рельефа равной 0,25 м и были вычислены длины всех горизонталей на участке. Физическая площадь участка вычислялась по горизонталям с сечением рельефа 0,25 м, 0,5 м, 1,0 м, 2,0 м и 4,0 м (табл. 3).

Таблица 3. Вычисление площади участка по длинам горизонталей

Высота сечения (м)	Площадь (м ²)		
	По горизонталям	Первая итерация	Вторая итерация
0,25	29823,3		
0,50	29822,5	29823,6	
1,00	29824,8	29821,7	29823,7
2,00	29822,1	29825,6	29821,4
4,00	29799,2	29829,7	29825,4

Сходимость результатов полученных по различным высотам сечений рельефа хорошая, при условии, что горизонтالي достаточно полно охватывают территорию участка в высотном и плановом отношении. Максимальная разница высот на участке составляет 8,4 м, поэтому последний результат заметно отличается от остальных, хотя в относительной мере разница менее 0,001. Благодаря высокой плотности результатов применение способа итерации для данного случая практически не приводит к повышению точности. Однако это не значит, что в других случаях способ итерации так же будет не эффективен. Здесь требуются дополнительные исследования.

Следующий способ вычисления физической площади участка путём разбивки взаимно перпендикулярных профилей. Разделим каждую сторону участка на 16 равных интервалов и соединим их концы линиями. По ЦММ определим длины этих линий с учётом рельефа. По этим данным можно вычислить физическую площадь участка тремя способами. Первый - вычисление коэффициентов увеличения длин линий и в соответствии с ними вычислить коэффициент увеличения физической площади участка относительно площади на горизонтальной плоскости [2]. Второй способ – это вычисление физической площади, как произведение интервалов, длины которых берутся с учётом рельефа (табл. 4). Третий способ – это вычисление длины и ширины участка по полученным интервалам с применением формулы Симпсона. Во всех трёх способах вычисления площади по длинам отрезков получаем близкие результаты, расхождение между ними не более 6,4 м². Максимальное значение площади получаем по первому способу - 29 847,4 м², минимальное по способу Симпсона 29 841,0 м². Соответственно и средние квадратические погрешности вычислений в первом способе составляют 16 м², во втором 15 м² и третьем 9 м². Как видим, погрешности полученных результатов очень малы. Отсюда можно сделать вывод, что применение способа итераций позволяет при минимальных затратах получать значение площади физической поверхности с погрешностями, намного меньшими, чем применяемые в настоящее время.

Таблица 4. Вычисление площади участка по длинам отрезков

Число делений	Площадь (м ²)		
	По интервалам	Первая итерация	Вторая итерация
16	29 841,9		
8	29 844,5	29 841,0	
4	29 855,8	29 840,7	29 841,0
2	29 904,2	29 839,7	29 840,8
1	29 935,4	29 893,8	29 836,1

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов А.В. Вычисление площади участка на поверхности вращения путём решения определённого интеграла способом итерации [Текст] / А.В. Виноградов // Геодезия и картография. – 2006. - № 7. – С. 12-23.
2. Волков Н.М. Принципы и методы картометрии [Текст] / Н.М. Волков. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1950. – С. 328.
3. Маслов А.В. Способы и точность определения площадей [Текст] / А.В. Маслов. - М.: Изд-во геод. лит., 1955. – 228 с.
4. Патент 2166731, кл. G 01 C 1/00, 15/00, Способ определения физической площади земельного участка [Текст] / А. В. Никитин, 2001. – 4 с.
5. Патент RU 2 251 075 Способ определения площади рельефа [Текст] / В.Ф. Давыдов, О.Н. Новосёлов, А.В. Корольков и др. // С1 G 01 C 11/00., Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 7с.
6. Патент RU 2 253 089 Способ определения площади рельефа [Текст] / В.Ф. Давыдов, О.Н. Новосёлов, А.В. Корольков и др. // С1 G 01 C 11/00., Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. 8с.
7. Самратов У.Д. Аналитический способ определения площадей землепользований [Текст] / У.Д. Самратов // Геодезия и картография. – 1981. - № 9. – С. 16-19.

© А.В. Виноградов, 2009

УДК 528

Г.Н. Тетерин, М.Л. Тетерина

СГГА, Новосибирск

ДРЕВНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ДВА ПРИНЦИПА ВЛИЯНИЯ (ПВГ И П4Н)

G.N. Teterin, M.L. Teterina

SSGA, Novosibirsk

ANCIENT MEASURING SYSTEMS AND TWO PRINCIPLES THEY WERE BASED ON

The paper presents two principles of environment “effect” on geodetic technologies and formation of geodesy system theory fundamentals. One of these principles is “vertical line– horizontal line”, the second being that of “four directions”. The ancient geodetic instruments were based on these principles.

Авторами установлены два принципа «влияния» окружающего пространства на формирование геодезии и геодезических технологий. 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.

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. Прямой угол представляет собой своего рода мировой стандарт (феномен), имеющий место в разнообразных явлениях природы. Этот угол, характерный для обоих принципов, имел основополагающее значение для всей геодезии: в инструментах, методах, технологиях. На протяжении пяти тысячелетий использовавшиеся геодезические технологии являлись прямолинейно-прямоугольными.

Для их реализации необходимы были построения на местности и измерения прямых линий и прямых углов. В этих построениях использовался землемерный крест (рис. 2), реализовавший в своем устройстве принципы ПВГ и П4Н.

В пятом-третьем тысячелетиях до н.э. появилась необходимость деления земельных угодий на участки, а также создания систем орошения и планировки поселений. В решении возникавших задач использовались две главные геометрические фигуры – прямоугольный четырехугольник (квадрат) и прямоугольный треугольник. Поскольку в человека заложены оба принципа и к тому же он является «мерой всех вещей» (по Протагору), то он был самодостаточным в решении рассмотренных задач. Человек сам по себе является измерительной системой благодаря двум отмеченным принципам и использовавшимся им антропными единицами измерений (локоть, шаг и др.). Это обеспечивало ему реализацию принципа «самодостаточности»: построение указанных выше прямоугольных фигур на местности и их измерение с точностью на уровне 10^{-2} (до 1:100). На рис. 3 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.

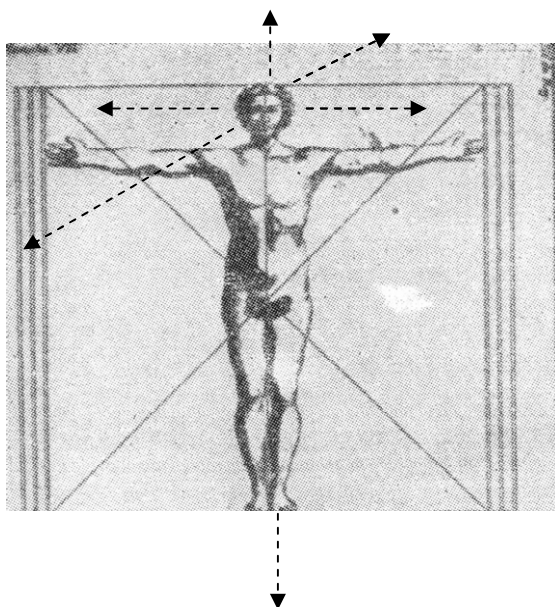


Рис. 1. П6Н

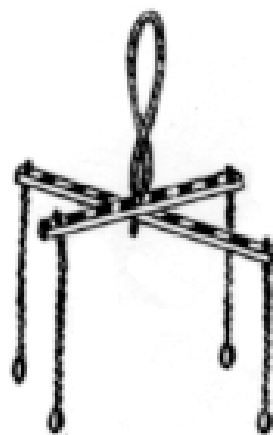


Рис. 2. Египетский землемерный крест

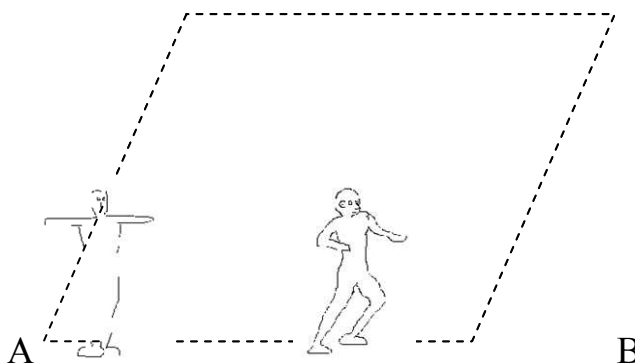


Рис. 3. Пример разбивки прямоугольного участка без использования инструментов

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.

© Г.Н. Тетерин, М.Л. Тетерина, 2009

УДК 528.475

Г.А. Гринь

«Возрождение», Сургут

П.П. Мурзинцев

СГГА, Новосибирск

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИНСПЕКЦИИ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОАО «ГАЗПРОМ»

G.A. Grin

«Vozrozhdeniye», Surgut

P.P. Murzintsev

SSGA, Novosibirsk

EXPERIENCE OF USING HYDROGRAPHIC EQUIPMENT FOR INSPECTING UNDERWATER PIPELINES PASSAGES OF «GASPROM» PUBLIC CORPORATION»

The paper presents the analysis of sonars application for inspecting underwater pipelines passages.

Приборно-водолазное обследование подводных переходов трубопроводов через водные преграды, или инспекция подводных трубопроводов, выполняется в нашей стране достаточно давно, но конкретные методические указания по производству данного вида работ отсутствуют.

Организации, выполняющие инспекцию, руководствуются документом: «Временными техническими требованиями к технологиям обследования подводных переходов ОАО «Газпром»», который ссылается на РД 51-3-96 «Регламент по техническому обслуживанию подводных переходов магистральных газопроводов через водные преграды».

Раздел 10 «Регламента» - «Методы и средства контроля технического состояния перехода» содержит достаточно общие рекомендации о технологии проведения диагностических работ в подводной части перехода, например пункт 10.4. гласит: «Для определения высотных отметок обнажённых или оголённых участков подводного трубопровода и дна водной преграды применяют эхолоты, обеспечивающие абсолютную погрешность измерений не более 0,1 м. При глубине водной преграды менее 5 м, и скорости течения менее 0,5 м/с допускается определение высотных отметок дна с помощью футштоков, намёток или речного лота с лот-линейкой» [1].

Подводными переходами трубопроводов являются как переходы через мелкие и средние ручьи и реки, так и морские многокилометровые трубопроводы. Правда, в последнее время, всё чаще подобные переходы

называют «подводными трубопроводами», но нормативно – техническая база по их диагностике пока остаётся без изменений.

Отечественная гидрография, в настоящее время, располагает следующими нормативными документами:

1. Правила Гидрографической службы №4, часть 2, ГУ Н и О МО, 1984 г.
2. «Технология промерных работ при производстве дноуглубительных работ и при контроле глубин для безопасности плавания судов в морских портах и на подходах к ним» (РДЗ 1.74.04-2002).
3. Инженерно-геодезические изыскания при строительстве: СП-11-104-97, Часть III, «Инженерно-гидрографические работы при инженерных изысканиях для строительства», 2004 г.

Перечисленные документы, также, не полностью отражают методы и технологии современной гидрографии, а также не в полной мере регламентируют точность выполнения работ [2].

Целью производства работ по эхолотированию подводного перехода является получение набора данных по подводной части перехода и данных по оголённым и провисающим участкам трубопровода, для последующего построения цифровой модели (рис. 1) и составления технического отчёта о состоянии трубопровода.

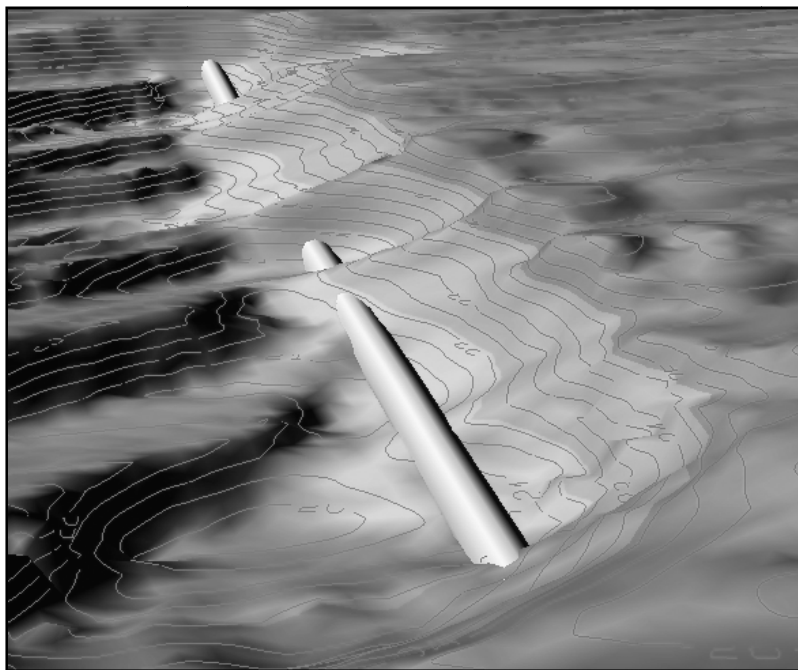


Рис. 1. Цифровая модель оголённого участка подводного трубопровода

Классически эта работа выполняется однолучевым промерным эхолотом. Промерное судно, двигаясь по сетке запроектированных галсов, производит съёмку рельефа дна. Шаг сетки галсов рассчитывается исходя из задач подробности съёмки. Например, при «специальной» подробности промера, при сложном рельефе съёмки, расстояние между галсами не должно превышать 5 м (СП 11-104-97) [3]. Планирование галсов осуществляется с помощью

специальных пакетов программ для гидрографических съёмок, выполняющих планирование, производство работ, редактирование и интерпретацию результатов.

Положение проектных галсов может задаваться различными способами, в том числе, генерироваться автоматически. При выполнении работ по диагностике подводных трубопроводов, на электронной карте с запланированными галсами должно быть нанесено положение обследуемого трубопровода, для выявления мест возможного размыва и оголения, или провиса.

Как средство дополнительного контроля при обнаружении оголённых участков трубопроводов и наличия посторонних предметов в зоне подводного перехода, используются гидролокаторы бокового обзора (ГБО), формирующие акустическую картину дна водоёма и предметов, находящихся на нём. Но ГБО даёт лишь изображение поверхности дна и не может напрямую участвовать в формировании ЦМР объекта.

Модель подводного рельефа в данном случае строится на основе данных однолучевого эхолота, прореженных путём специальных алгоритмов для корректного формирования поверхности и вычерчивания изолиний.

Для формирования модели могут быть использованы несколько методов, основными из которых являются: построение поверхности по нерегулярной сети треугольников на основе триангуляции Делоне, и построение по регулярной сети (grid).

Ни один из этих методов не предполагает построение поверхностей по «сырым» - первичным данным съёмки однолучевым эхолотом, так как набор полученных данных не способствует корректному построению поверхности, в связи с нерегулярным распределением данных в плановом положении - большая частота данных по линии галса и отсутствие данных между соседними галсами съёмки. Для корректного построения модели рельефа, собранные данные нуждаются в прореживании, которое выполняется по определённым алгоритмам – принципу приоритета наиболее больших глубин, наиболее малых глубин и т.д. Этот процесс, несмотря на сложные математические расчёты, всё же огрубляет и без того недостаточно полные данные съёмки.

Также, на достоверность полученной информации о подводном рельефе влияет ширина диаграммы направленности однолучевого эхолота – она может составлять от нескольких единиц до нескольких десятков градусов. При работах с широким лучом даже на относительно плоском рельефе, не говоря про расчленённый, в данные промеров входит ошибка измерения истинной глубины, в силу того, что отсчёт производится не от точки непосредственно под излучателем, а от ближайшей точки отражения сигнала (рис. 2).

Существует прямая зависимость между шириной диаграммы направленности и величиной трансдюсера – чем больше излучающая поверхность, тем уже угловая ширина луча и ниже частота.

В недорогих рыбопоисковых эхолотах за счёт малой величины излучателя, ширина диаграммы направленности достигает 60 градусов, в отличие от промерных эхолотов, где ширина луча около 2 – 6 градусов. Кроме этого

существуют ещё множество причин, не позволяющих использовать непрофессиональные эхолоты для решения инженерных задач – отсутствие функции детектирования дна, отсутствие возможностей тарирования и ввода значения скорости звука, отсутствие интерфейса для подключения необходимых внешних устройств и т.д.

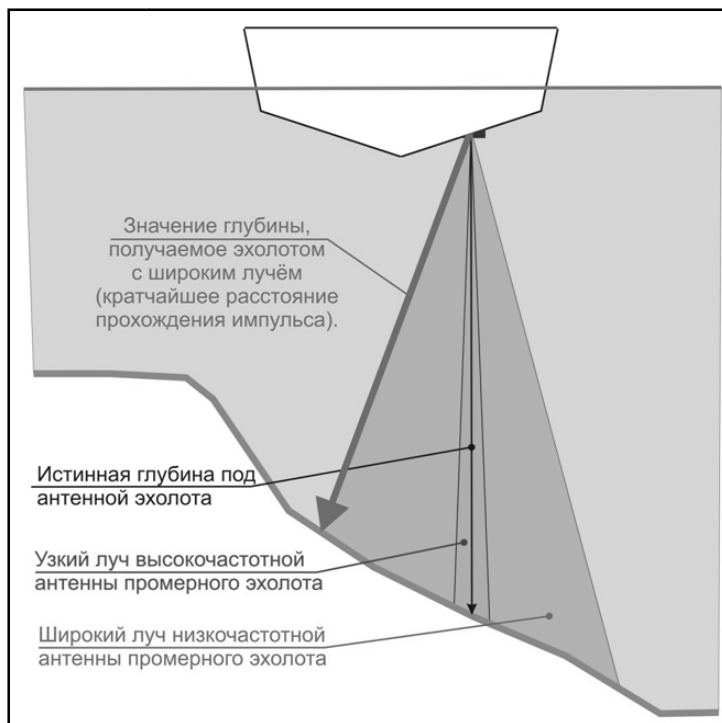


Рис. 2. Схема, демонстрирующая зависимость ширины диаграммы направленности эхолота от точности измерения истинной глубины

Но и у промерных узконаправленных эхолотов существует один большой недостаток – при работах в условиях ветра, волнения и других факторов, влияющих на стабильность судна, и непосредственно трансдюсера, узкий луч, отклоняясь от вертикали, измеряет отличную от вертикали дальность и даёт неверное значение глубины. Чем больше глубина и расчленённость рельефа, тем больше величина этой погрешности. Проблема решается лишь с помощью дополнительно подключаемого к системе, датчика динамических перемещений судна, который в режиме реального времени получает данные о крене, дифференте и вертикальных перемещениях судна и позволяет учитывать эти характеристики при записи данных или последующей обработке.

Для более полной информации о рельефе дна и объектов на нём, приближённая модель, построенная на основе данных однолучевого эхолота, может быть совмещена с гидролокационной «мозаикой» ГБО (рис. 3). Гидролокационная «мозаика» состоит из отдельных снимков, полученных в результате одного или нескольких съёмочных галсов, обработанных и трансформированных определённым образом. Снимки объединяются в общий растровый файл, имеющий геопространственную привязку, который в виде подложки накладывается на батиметрическую модель подводного перехода. Модель дополняется данными, не зафиксированными эхолотной съёмкой, или

продублированными и подтверждёнными другим источником информации - гидролокатором. Оголённые и провисающие участки трубопроводов, посторонние предметы на дне подводного перехода, характер и формы донного грунта и другая необходимая информация отражается в привязке к существующему проекту.

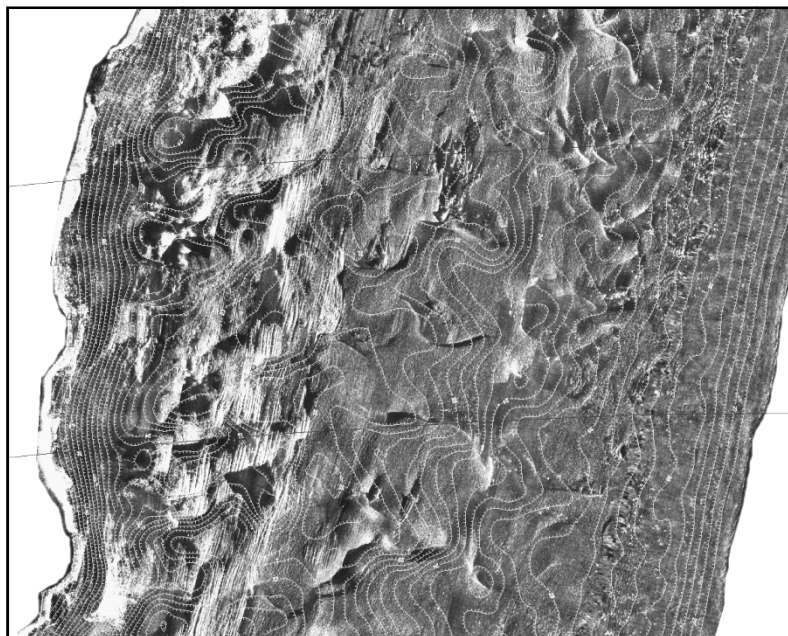


Рис. 3. Гидролокационная «мозаика» подводного перехода, совмещённая с цифровой моделью объекта, представленной в виде изолиний. В левой части снимка – дноукрепление в виде щебня

Для трубопроводов, имеющих протяжённые участки размыва с оголениями и провисами, и при условии пологого рельефа, данная методика, в целом, эффективна.

В случаях, когда трубопровод на дне оголён незначительно, оголение имеется на небольшом участке или в наличии сложный техногенный рельеф, построить полную модель размыва по данным однолучевого эхолота крайне затруднительно.

В 5-ой редакции Стандарта Международной Гидрографической организации S-44, опубликованной в 2008 году и пришедшей на замену 4-ой редакции, введён термин «полное обследование дна» (Full sea floor search), который подразумевает «сплошное исследование дна с целью обнаружения объектов на дне, а также использование соответствующих систем и процедур и персонала» [4].

Наиболее эффективно данную задачу решают многолучевые эхолоты, и интерферометрические гидролокаторы которые, в отличие от однолучевых эхолотов, дают полную картину подводного рельефа и ситуации (рис. 4).

Конструктивная особенность этих приборов позволяют получать несколько десятков значений глубины и их планового положения на дне за одну посылку и с разрешением, большим, чем у однолучевого эхолота.

Многолучевой эхолот является высокопроизводительным инструментом, который с большой частотой веерообразно испускает несколько десятков сигналов в направлении, перпендикулярном движению судна. Это позволяет получать большой объём данных, имеющих три координаты и необходимую плотность для решения задач по инспекции подводных трубопроводов и других подводных сооружений нефтегазового комплекса.

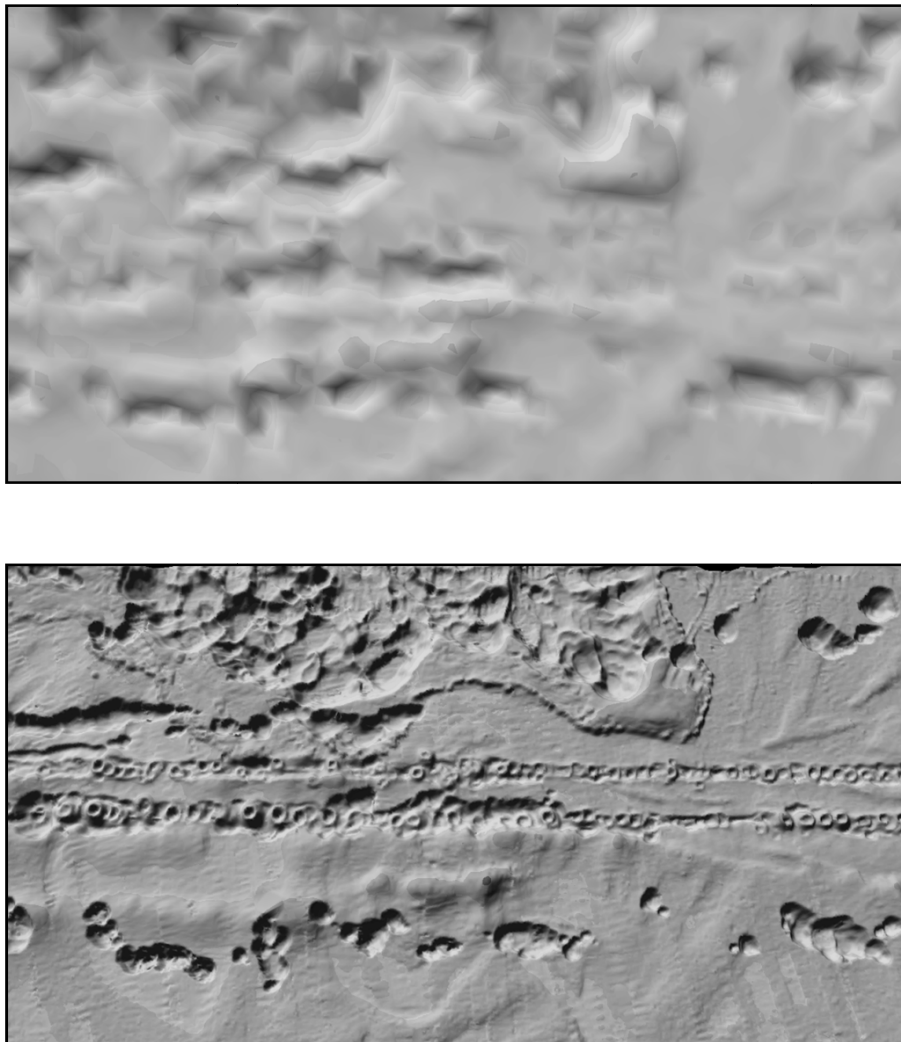


Рис. 4. Пример моделей участка подводного перехода, построенных по данным съёмки однолучевого эхолота с сеткой галсов 10 м (вверху) и данным многолучевого эхолота (внизу)

В отличие от первых громоздких образцов, современные многолучевые эхолоты достаточно компактны, трансдюсеры имеют небольшой вес и геометрические параметры, к примеру параметры гидроакустической антенны МЭ Kongsberg Simrad EM3002: диаметр - 332 мм, высота – 119 мм, вес в воздухе – 25 кг.

Это позволило устанавливать данную модель на небольшой катер, но работы следует выполнять с соблюдением всех необходимых условий по корректному функционированию промерного комплекса, к которым относятся, прежде всего:

1. Установка трансдюсера и датчика пространственной ориентации максимально близко друг к другу и к центру масс судна.
2. Использование RTK режима для системы GPS, как наиболее точного, обеспечивающего сантиметровый уровень привязки.
3. Тщательная калибровка системы с целью определения угловых поправок по крену (roll), дифференту (pitch) и курсу (heading) между координатными системами гидроакустической антенны, датчиком пространственной ориентации и диаметральной плоскостью судна (рис.5).
4. Методичное измерение профиля скорости звука в нескольких узловых точках акватории подводного перехода.
5. Обеспечение избыточного (до 50 %) перекрытия данных на соседних галсах.
6. Использование методик по обеспечению максимальной плотности данных на неисправных и подозрительных участках подводных трубопроводов.
8. Для получения постоянной погрешности за проседание судна, стараться выполнять съёмку на постоянной скорости, погрешность должна быть определена и учтена при обработке данных.

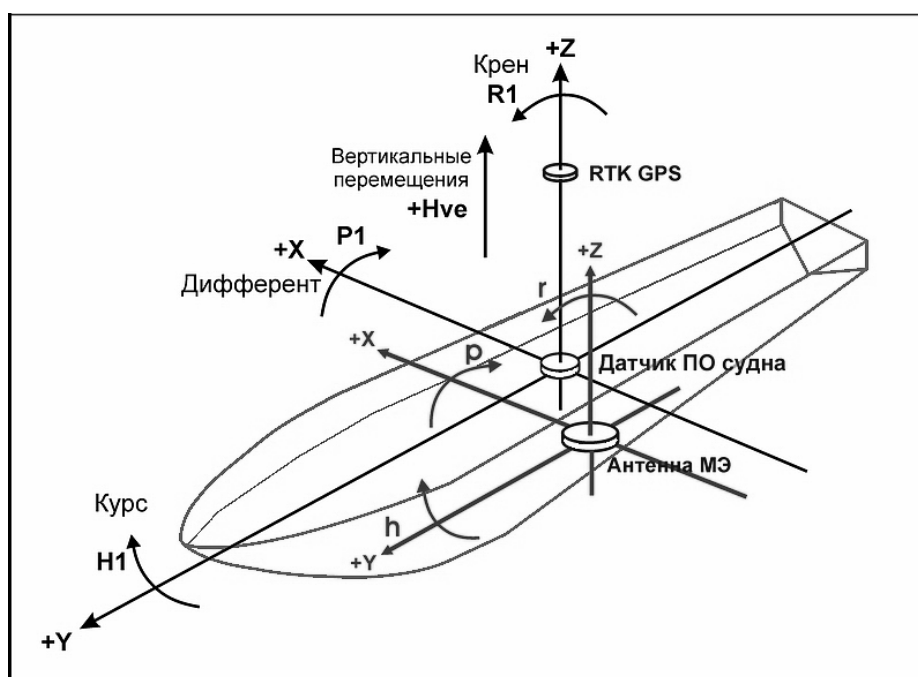


Рис. 5. Системы координат основных устройств промерного судна

Катер имеет следующие параметры: длина корпуса – 6,2 м, ширина корпуса – 2,28 м, высота борта – 1,08 м, осадка – 0,4 м, масса – 600 кг.

Гидроакустическая антенна устанавливается в специально изготовленную шахту, находящуюся вблизи плоскости мидель-шпангоута, фактически в центре масс судна. В непосредственной близости с шахтой установлен датчик пространственной ориентации судна, его система координат связана с системой координат судна и гидроакустической антенны МЭ. Офсеты между нолями осей координат тщательно измерены и введены в управляющее ПО. Угловые

калибровочные параметры системы вычислены и используются в ПО для ввода соответствующих поправок. В данном варианте установки гидроакустической антенны, калибровка выполняется один раз, полученные параметры при снятии и последующем монтаже остаются неизменными. Это обусловлено особенностью установки антенны на штатную крепёжную платформу. Суммарные значения крена (R), дифферента (P) и курса (H) могут быть представлены в виде:

$$R = R1 + r \quad (1.1)$$

$$P = P1 + p \quad (1.2)$$

$$H = H1 + h \quad (1.3)$$

где $R1$, $P1$, $H1$ - углы крена, дифферента и курса, измеренные датчиком пространственной ориентации (ДПО) судна, а r , p , h – поправки за крен, дифферент и курсовой угол антенны МЭ, вычисленные путём калибровки [5].

При съёмках акваторий подводных переходов многолучевым эхолотом необходимо придерживаться следующего порядка:

1. Выполнение общей съёмки – площадная съёмка всей поверхности акватории, с целью построения общей модели подводной части перехода и выявления мест размывов трубопроводов, наличия посторонних предметов на дне акватории. Может выполняться с параметрами настроек, обеспечивающими среднюю детализацию данных. При обработке могут применяться различные автоматизированные фильтры.

Прореживание данных для построения модели выполняется для облегчения объёма проекта, допускается прореживание до пределов сетки 1x1 или 2x2 м.

2. Детальная съёмка – площадная съёмка полос над трубопроводами, детализация мест оголений и провисов трубопроводов (рис. 6), подозрительных участков и посторонних предметов на дне (затопленные суда, металлические предметы и т.д.). Выполняется с максимальной детализацией, при обработке следует избегать автоматизированных фильтров на основе технологии CUBE, наиболее приемлемы фильтры на основе Surface Spline (сплайна поверхности) или ручная фильтрация [6]. Так как необходима полная картина интересующих участков, прореживание данных не производится.

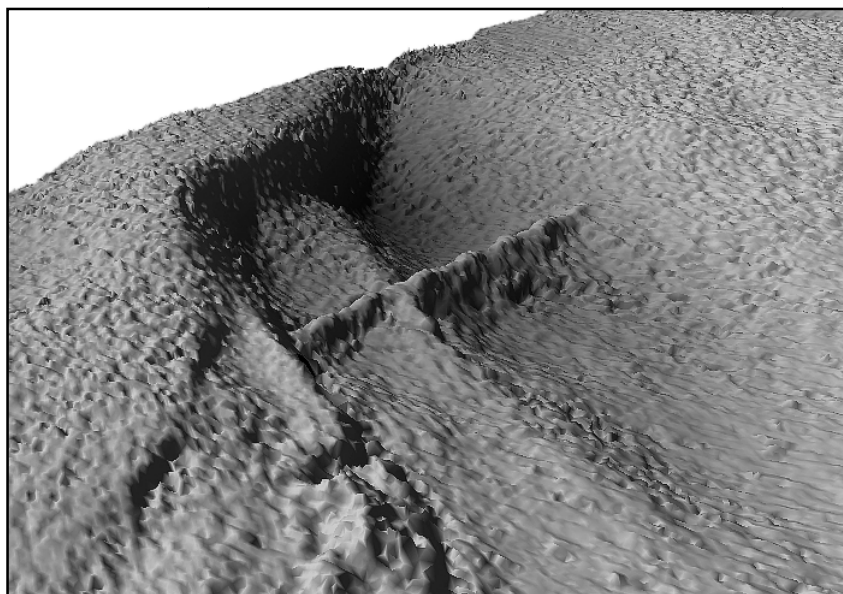


Рис. 6. 3-D модель детализированного участка размытого трубопровода $\varnothing$ 1020 мм на глубине 12 м, полученная МЭ Kongsberg Simrad EM3002

После обработки, детализированные фрагменты интересующих участков вырезаются и подгружаются в основной проект, где происходит комплексная обработка данных, полученных от всех источников информации, задействованных при производстве работ (ГБО, трассопоисковая система, акустический профилограф, результаты водолазных спусков). Завершающим этапом работ является составление технического отчёта в электронном виде и на бумажном носителе и передача материалов Заказчику.

Необходимость получения той или иной степени подробности информации зависит от задач выполнения работы, но бесспорно, что максимальная детализация при полном обследовании подводных переходов, способствует лучшему восприятию и принятию правильного инженерного и управленческого решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РД 51-3-96 «Регламент по техническому обслуживанию подводных переходов магистральных газопроводов через водные преграды». Москва 1996 г.
2. Фирсов, Ю.Г. «Стандарты современной гидрографии и российские нормативные документы на выполнение промерных работ». СПб, 2005 г.
3. Инженерно-геодезические изыскания при строительстве: СП-11-104-97, Часть III, «Инженерно-гидрографические работы при инженерных изысканиях для строительства», 2004 г.
4. Стандарты МГО на гидрографические съёмки (S-44). Итоговый проект 5-го издания. 2007 г.
5. Фирсов, Ю.Г. «Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров». 2009 г.

6. Гринь, Г.А., Мурзинцев П.П., Титов С.С. «Автоматическая обработка и фильтрация данных многолучевого эхолотирования в решении инженерных задач». Геодезия и картография 2008 г.

© Г.А. Гринь, П.П. Мурзинцев, 2009

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ЗЕРНА НА СКЛАДАХ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

V.A. Seredovich, A.V. Seredovich, A.V. Ivanov, A.V. Radchenko
SSGA, Novosibirsk

EXPERIENCE OF USING TERRESTRIAL LASER SCANNING FOR ESTIMATING THE VOLUME OF GRAIN AT AGRARIAN ENTERPRISES STOREHOUSES

In their day-to-day activities, making calculations, the agrarian complex enterprises have to estimate the grain stock at the storehouses and grain accepting centres. At present the problem is solved by weighing the grain at weigh-houses. The method is far from being ideal, giving inaccurate results. Moreover, the process is too labour intensive, as the grain is delivered by limited capacity cars. The most effective way of doing such works, as considered by the authors, is using laser scanning. The paper describes the works on estimating the grain volumes at the storehouses of one of the Novosibirsk region enterprises.

Перед предприятиями аграрного комплекса в процессе работы и товарных расчетов стоит задача определения запасов зерновой продукции скопившейся на складах или хлебоприемных пунктах. В настоящее время эта задача решается путем взвешивания продукции на весовых станциях. Данный способ характеризует низкая точность, так как состояние и возможности таких весовых станций далеки от идеальных. К тому же данный способ требует значительных трудозатрат, так как зерновая продукция возится автомобилями, имеющими ограниченную вместимость. Таким образом, способ, позволяющий в сжатые сроки и без перемещения продукции определить ее запасы на складах является актуальным. В данном случае наиболее эффективным средством выполнения таких работ является лазерное сканирование.

Региональным центром лазерного сканирования были выполнены работы по определению объемов зерна на складах одного из предприятий Новосибирской области. Для работы использовались наземные лазерные сканеры Riegl LMS-Z420i и Riegl LMS-Z210. Особенностью и основной сложностью данных работ явилось то, что зерно складывается в закрытых помещениях, соответственно отсутствовали прямой доступ и видимость. Выходом из данного положения служили два подхода:

1. Установка сканера на автомобиль (на не заполненных складах);

2. Установка сканера непосредственно на зерно;
3. Установка сканера на потолочный конвейер.

При установке сканера на поверхность зерна, основной сложностью являлось обеспечение его стабильности. Для этого, во время сканирования не выполнялось никаких перемещений в местах установки сканера и световозвращающих марок. Кроме того, для привязки зачастую использовался способ сканерных ходов.

Следующей сложностью явилось отсутствие прямой видимости в некоторых участках склада, например на нижнюю границу зерна на краю склада и вдоль стен. Для решения данной проблемы использовалась тахеометрическая съемка. Съемка выполнялась в объеме, достаточном для корректного и точного формирования цифровой модели поверхности зерна в теневых зонах.

Сложностью также являлось определение подстилающей поверхности. Для этого приходилось, помимо съемки по контуру склада выполнять промеры глубины зерна в нескольких точках по всей площади. Учитывая то, что подстилающая поверхность зерновых складов является достаточно ровной, без резко выраженных неровностей, данный подход являлся достаточным для точного определения объема.

Объем склада определялся путем определения разницы между триангуляционными моделями поверхности зерна и подстилающей поверхности в программном обеспечении (ПО) Leica Cyclone (рис. 1).

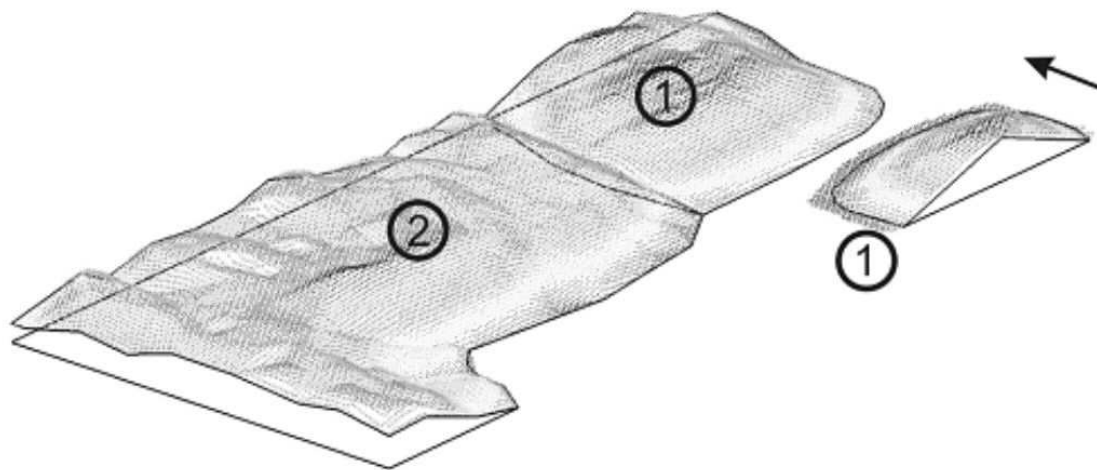


Рис. 1. Трехмерная модель поверхности зерна

В ходе работ, на момент съемки определялась также плотность зерна, путем взвешивания эталонного объема на точных весах. Пробы зерна брались из нескольких точек склада для получения наиболее объективной картины. На основании данных об объеме и плотности вычислялась масса зерна на каждом складе.

Всего за 10 рабочих дней были определены объемы зерна на 55 складах. В среднем в день, в зависимости от количества складов и их заполненности измерялись от 3 до 10 тыс. м³ зерна.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что наземное лазерное сканирование позволяет эффективно, точно и в сжатые сроки выполнять определение объемов зерна при любых, кроме вертикальной, формах складирования.

© В.А. Середович, А.В. Середович, А.В. Иванов, А.В. Радченко, 2009

УДК 528

*В.А. Середович, А.В. Середович, А.В. Комиссаров, А.В. Радченко,
О.А. Дементьева, Л.К. Радченко, А.В. Усиков*
СГГА, Новосибирск

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ СРЕДСТВАМИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

*V.A. Seredovich, A.V. Seredovich, A.V. Komissarov, A.V. Radchenko,
O.A. Dementyeva, L.K. Radchenko, A.V. Usikov*
SSGA, Novosibirsk

FEATURES OF CITY TERRITORIES DIGITAL MODEL DEVELOPMENT BY TERRESTRIAL LASER SCANNING

The techniques and experience of terrestrial laser scanning have been practiced time and again for developing digital terrain models and topographical plans on the oil and gas production units. As we know from the experience, the similar works on the built-on city territories have some peculiarities, which should be taken into account. They are described in the given paper. The conclusions are made on the basis of the engineering and topographical plans (1:500 scale) and digital terrain model developed for the central part of Tomsk.

В публикациях [1], [2], [3], [4] уже описывалась методика и опыт использования наземного лазерного сканирования для создания цифровых моделей местности и топографических планов на объектах нефтегазодобычи. Как показал опыт, выполнение аналогичных работ на застроенных городских территориях имеет некоторые особенности, которые необходимо учитывать, и которые хотелось бы представить в данной публикации.

Выводы сделаны на основе опыта создания инженерно-топографических планов масштаба 1:500 и цифровой модели местности на центральную часть г. Томска. В ходе работ, за период июль – октябрь 2008 г. тремя бригадами из 8 человек в полном объеме выполнена съемка на площади в 200 га. Для съемки использовались: наземные лазерные сканеры Riegl LMS-Z420i и Riegl LMS-Z210; электронные тахеометры Leica TCR4205 и TCR1205; комплект спутниковой аппаратуры Trimble 5700 с GSM-модемом. Количество точек планово-высотного обоснования (ПВО), закрепленных на местности знаками временного типа составило порядка 1,1 тысяч. Координирование ПВО осуществлено спутниковыми приемниками и электронными тахеометрами. Съемка выполнена с 1424 сканерных станций. Создание цифровой модели местности и топографического плана выполнено коллективом из 8 человек в период с сентября 2008 г. по февраль 2009 г.

Несмотря на то, что работы выполнялись по уже опробованной технологии [4], [2], [3] следует отметить их некоторые особенности, применительно к застроенным городским территориям:

1. Городские застроенные территории характеризуются высокой плотностью объектов. Например, на участке работ были сняты порядка 5,15 тысяч различных зданий и сооружений. Причем плотность этих объектов значительна на всей территории съемки, а не на локальных участках (рис. 1). В этой связи происходит увеличение необходимого количества сканерных станций и объемов дополнительной тахеометрической съемки. Так если вычислить среднюю площадь съемки с одной сканерной станции i , по формуле:

$$i = S_{\text{общ}} / n_{\text{станций}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{общ}}$ – общая площадь съемки;

$n_{\text{станций}}$ – количество сканерных станций.

получим $i = 200 \text{ га} / 1424 \text{ станции} = 0,14 \text{ га}$. Сравнение данного значения с [4], показывает, что трудозатраты на съемку застроенной городской территории сопоставимы с трудозатратами на съемку наиболее сложных локальных участков нефтяных перекачивающих станций.



Рис. 1. Фрагмент цифровой модели застроенной территории

2. Вследствие загруженности территории и затруднений с обеспечением прямой видимости на некоторые объекты, такие как люки колодцев инженерных коммуникаций, бордюрные камни, пешеходные дорожки, выходы кабелей, трубопроводы особенно остро стоит задача координирования данных объектов при помощи электронного тахеометра. Однако, следует отметить, что тахеометрические измерения выполняются в комплексе со сканерной съемкой и несмотря на увеличение трудозатрат дополнительного времени работ не требуют.

3. В городах, как правило, наблюдается значительное количество парковых зон и отдельно стоящих деревьев и кустарников, подлежащих подеревному отображению на топографических планах. В этом случае лазерное сканирование несомненно является эффективным, в сравнении с обычной

тахеометрической съемкой. Например, только на площади 200 га центральной части г. Томска были отображены порядка 8,5 тысяч отдельно стоящих деревьев и кустарников, т.е. в среднем 42,5 объекта на 1 гектар. Пример топографического плана парковой зоны представлен на рис. 2.



Рис. 2. Фрагмент топографического плана парковой территории с подеревным отображением объектов

4. Большим затруднением при выполнении съемочных работ в городе явился высокий транспортный поток, особенно на узких улицах с большим количеством офисных и общественных зданий. Припаркованные и стоящие в пробках автомобили создавали затруднения при выборе мест установки сканера, съемке окружающих объектов, обследовании подземных коммуникаций. Выходом из данной ситуации был перенос работ на время, когда дороги наименее загружены, т.е. ночное и раннее утреннее время.

5. При выполнении съемки сложности возникают также с территориями частной застройки. На таких территориях затруднен, а подчас и невозможен проход к объектам съемки, отсутствует прямая видимость на них. При выполнении работ в г. Томске лазерное сканирование показало свою высокую эффективность именно на таких объектах. Благодаря дистанционному методу съемки, а также установке сканера на автомобиль, удалось значительно повысить производительность работ. Съемка велась с высоты около 4,5 м, за счет чего глухие ограждения и надворные постройки не создавали помех для прямой видимости, и задача прохода на частные владения не стояла. На участке работ из 200 га частный сектор занимал порядка 60 га, т.е. порядка одной трети площади. Таким образом, сокращение времени работ по отношению к тахеометрической съемке было ощутимым.

6. Городские застроенные территории характеризуются высокой плотностью подземных коммуникаций (рис. 3).

К жилым и промышленным зданиям подведены: вода, тепло, электричество, связь, газ. Для отвода бытовых и ливневых стоков используется развитая сеть канализации. Все эти коммуникации располагаются преимущественно под землей. В ходе описываемых работ были обследованы, закоординированы и отображены на топографическом плане и цифровой модели местности порядка 4500 колодцев на коммуникациях, 113,6 км трубопроводов и 101,8 км кабельных линий. Обследование коммуникаций, в отличие от нефтегазовых площадок [4], заняло у отдельной бригады из 2 человек время, сопоставимое со временем сканерной съемки.

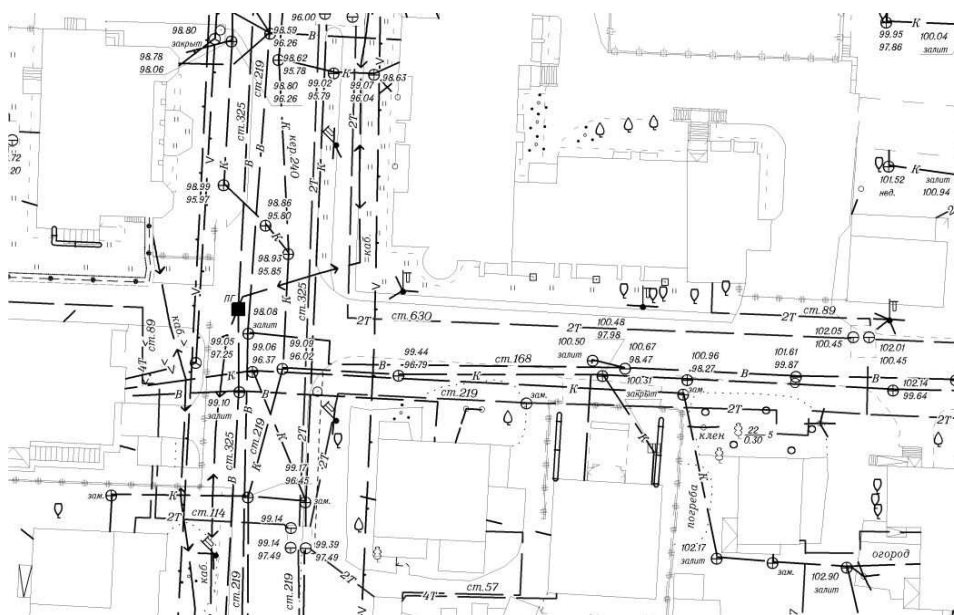


Рис. 3. Фрагмент топографического плана с подземными коммуникациями

Цифровая модель местности и топографический план в масштабе 1:500 создавались на основе данных съемки, обследования коммуникаций и абрисов в формате ГИС MapInfo. Структура таблиц MapInfo была выполнена в соответствии с утвержденным классификатором, что позволит осуществить экспорт модели в другие ГИС. Построение векторной части осуществлялось в специализированном программном продукте Leica Cyclone, затем данные импортировались в MapInfo, где осуществлялось редактирование объектов в соответствии с принятыми условными знаками [5] и наполнение объектов семантической информацией в соответствии с утвержденным классификатором. Общее время, затраченное на создание цифровой модели местности и топографического плана составило 6 месяцев при работе 8 человек.

На основе объемов и сроках выполнения работ были определены приближенные комплексные нормы времени на создание цифровых моделей местности и цифровых топографических планов на городские территории с плотной застройкой, которые составили значения, представленные в табл. 1.

Таким образом, из данных таблицы следует, что время, затрачиваемое на весь комплекс полевых работ по съемке 1 га застроенных городских территорий для бригады из 3 человек составляет 8,47 бр.-ч, что в 2,1 раза больше, чем для нефтегазовых объектов. Время на создание 1 га цифровой модели местности и

топографического плана в масштабе 1:500 для бригады из 3 человек составляет 11,2 бр.-ч, что в 3,5 раза больше, чем для нефтегазовых объектов.

Таблица 1. Сравнительные нормы времени на полевые и камеральные работы по созданию цифровых моделей местности и топографических планов в масштабе 1:500 городских застроенных территорий и территорий нефтегазовых объектов с применением наземного лазерного сканирования

Процесс	Норма времени на 1 га, бр.-ч	
	Городские застроенные территории	Нефтегазовые объекты
Создание ПВО	0,59	0,59*
Составление абрисов	1,00	0,63*
Выполнение сканерной съемки	3,44	2,85*
Обследование инженерных коммуникаций	3,44	0**
Создание ЦТП	11,2	3,18*

Примечание: * – получено из [4]; ** – входит в процесс составления абрисов.

Представленные особенности и сравнительные нормы времени в полной мере позволяют оценить сложность топографо-геодезических работ на городских территориях. Тем не менее, применение наземного лазерного сканирования в совокупности с отработанной методикой ведения полевых и камеральных работ позволили выполнить такие работы в сжатые сроки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Середович А.В. Методика топографической съемки застроенных территорий с применением наземного лазерного сканирования [Текст] / А.В. Середович // Изв. Вузов. Горн. Журнал. – Екатеринбург, 2004. – № 6. – С. 3-8.
2. Комиссаров Д.В., Середович А.В., Дементьева О.А. Технология топографической съемки промышленных объектов с применением наземного лазерного сканирования. – ГЕО-Сибирь-2005. Т. 5. Геодезия, картография, маркшейдерия: Сб. материалов научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», 25-29 апреля 2005 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2005.
3. Г.А. Уставич, В.А. Середович, Я.Г. Пошивайло, А.В. Середович, А.В. Иванов Комбинированный способ создания инженерно-топографических планов масштаба 1:500 промышленных территорий и отдельных промплощадок [Текст] // Геодезия и картография. – М., 2009. – № 1. – С. 31-27.
4. Середович, А.В. Методика создания цифровых моделей объектов нефтегазопромыслов средствами наземного лазерного сканирования // автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 25.00.32 - "Геодезия", Новосибирск: СГГА, 2007. – 25 с.
5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. «Недра», Москва, 1989 г.

© В.А. Середович, А.В. Середович, А.В. Комиссаров, А.В. Радченко, О.А. Дементьева, Л.К. Радченко, А.В. Усиков, 2009

УДК 528

В.А. Середович, А.В. Середович, А.В. Иванов, А.К. Карпов
СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ СЪЕМКИ РАЗРЕЗОВ И ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ РУДЫ

V.A. Seredovich, A.V. Seredovich, A.V. Ivanov, A.K. Karpov
SSGA, Novosibirsk

TERRESTRIAL LASER SCANNING APPLICATION FOR OPEN-CUT SURVEYING AND ORE RESERVES ESTIMATION

Mining enterprises constantly face the problem of estimating the volumes of ore, coal or other mineral resources. As the technological process is continuous, the problem is solved by prompt methods, which are often not accurate enough. In open-cut mining prompt survey and monitoring of pit edges may be very important. Taking the above said into account, it may be concluded that the terrestrial laser scanning is an effective tool for prompt solution of urgent problems. The paper presents practical experience of the works under discussion, implemented at mining enterprises by the Regional centre of laser scanning in 2008.

На горнодобывающих предприятиях постоянной является задача определения объемов руды, угля или других полезных ископаемых. В связи с тем, что технологический процесс является непрерывным, эта задача решается оперативными методами, которые зачастую не оказываются достаточно точными. Погрешности могут достигать значений нескольких процентов, что в масштабах предприятия или месторождения (карьера, разреза) приводит к существенным финансовым потерям, в связи с недостаточно точным учетом. Таким образом, задача точного и оперативного подсчета запасов извлекаемой и складированной руды и производных является актуальной. Также при разработке месторождений открытым способом актуальной является задача оперативной съемки и мониторинга бортов разрезов. С учетом обозначенных требований, можно сделать вывод о том, что наземное лазерное сканирование может оказаться эффективным инструментом, позволяющим оперативно решать поставленные задачи. В данной статье представлен опыт выполнения данных работ на горнодобывающих предприятиях, выполненных Региональным центром лазерного сканирования в 2008 г.

Первой задачей стояло определение объемов складов руды и концентрата на горно-обогательном комбинате. Особенностью работ являлась территориальная разнесенность складов. Измерения выполнены наземным лазерным сканером Riegl LMS Z-420i. Для сшивки сканов на складах был создана сеть пунктов планово-высотного обоснования (ПВО), закрепленных

при помощи знаков временного типа. Сканирование каждого склада выполнено минимум с 3-х сканерных станций. Для сшивки сканов использованы специальные световозвращающие сканерные марки (минимум 6 марок на каждую сканерную станцию). Привязка марок выполнена с пунктов ПВО тахеометрическим методом. В ходе предварительной обработки данных, при помощи программного обеспечения RiSCAN PRO на основе тахеометрических и сканерных данных, была выполнена привязка. Таким образом были получены модели поверхности каждого склада в виде точечной и триангуляционной моделей (рис. 1).

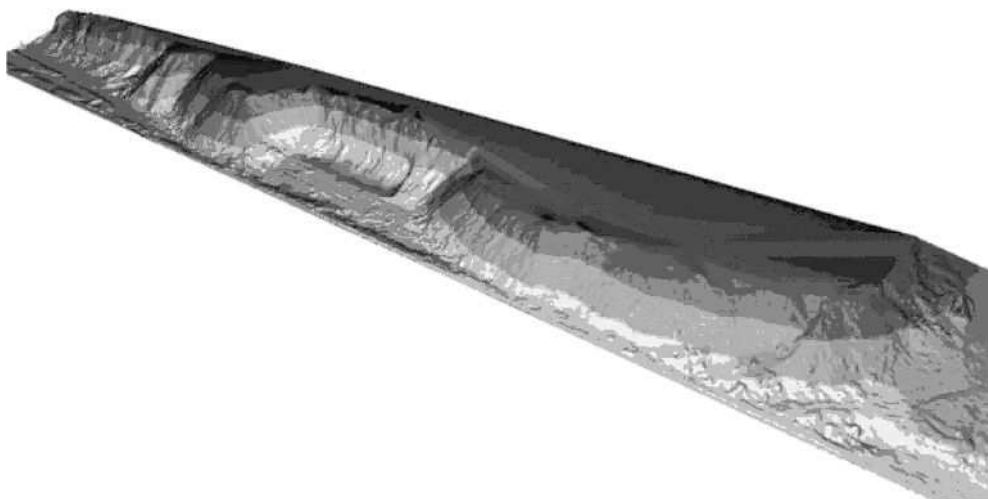


Рис. 1. Триангуляционная модель склада руды

Вычисление объемов выполнено в программном обеспечении (ПО) Leica Cyclone на основе данных полевых измерений и результатов съемки подстилающей поверхности склада, выполненной ранее. Следует отметить, что эти работы выполнены с одних пунктов ПВО и обе модели получены в единой системе координат. Это позволило избежать дополнительных погрешностей в вычислениях. Объем вычислялся как разница между двумя триангуляционными поверхностями (до заполнения склада и на момент съемки). Для этого использовалась соответствующая функция ПО Leica Cyclone. По данной технологии выполнена съемка всех складов, в количестве 9 штук. На данные работы было затрачено с учетом переездов бригады и выходных 11 дней, из них непосредственно на выполнение измерений 5 дней. Общий объем руды составил порядка 220 тыс. м³ (массой 540 тыс. тонн).

Актуальной задачей на угольных месторождениях, разрабатываемых открытым способом, является съемка разрезов. В настоящее время эта задача решается способом аэрофотосъемки. Это несомненно оправдано, учитывая высокую площадь месторождений. Однако, в связи с высокой трудоемкостью метода затруднено получение оперативной информации по конкретным разрезам. Традиционными наземными методами выполнить такую съемку очень затруднительно в связи с большими размерами угольных разрезов, в диаметре достигающих до нескольких километров. В этом случае наземное лазерное сканирование может явиться незаменимым инструментом. Благодаря

дистанционным измерениям и большой дальности съемки решение данной задачи занимает от одного до нескольких дней. Региональным центром лазерного сканирования была выполнена съемка одного из угольных разрезов в Кемеровской области. Данные полученные с 2-х сканерных станций позволили создать полную модель разреза диаметром порядка 700 м (рис. 2).

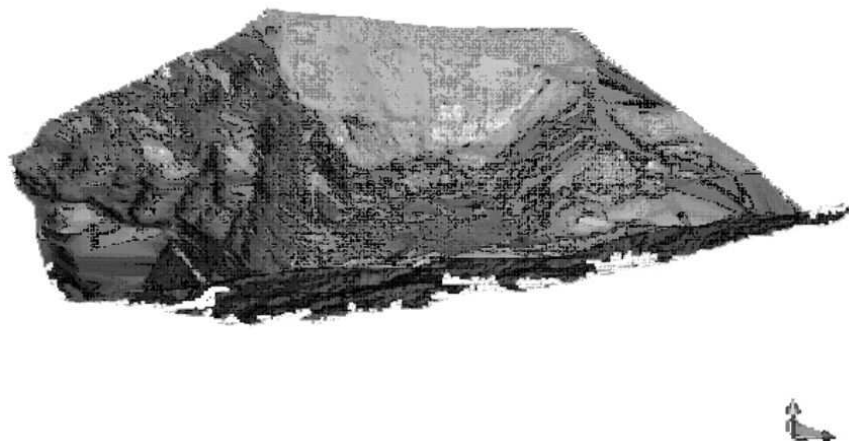


Рис. 2. Трехмерная модель угольного разреза

Данная модель может служить для мониторинга бортов разреза. Для этого существует возможность построения линий и формирования контура борта в заданном сечении. Таким образом, сравнивая сечения, полученные в разные периоды времени решается задача отслеживания динамики выбора породы и смещений бортов. Кроме того, такая модель может служить для автоматизированного построения планов разреза. Используя определенные алгоритмы, можно автоматически создавать горно-графическую документацию установленного образца. Для создания планов необходимо реализовать механизм распознавания форм рельефа (бровка и подошва откоса), что в данном случае (вследствие механического характера происхождения) является несложной задачей.

Таким образом, на горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях наземное лазерное сканирование позволяет решать следующие задачи:

1. Оперативное определение объемов руды;
2. Мониторинг бортов разрезов;
3. Создание планов разрезов.

© В.А. Середович, А.В. Середович, А.В. Иванов, А.К. Карпов, 2009

УДК 528

О.А. Дементьева, А.В. Середович

СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В КОМПЛЕКСЕ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

O.A. Dementyeva, A.V. Seredovich

SSGA, Novosibirsk

TERRESTRIAL LASER SCANNING APPLICATION IN THE COMPLEX OF SURVEY WORKS ON TECHNOLOGICAL OBJECTS RECONSTRUCTION

Oil and gas production units have to be regularly reconstructed or some of their elements are to be replaced. To meet this need designing companies use 3D models of already existing objects which are developed (among other means) on the basis of the terrestrial laser scanning. By the example of Van-Yegan deposit (central assembly point), with the area of 2 hectares, the main stages of 3D model development are considered, beginning with field works up to the final results.

Как известно, объекты нефтегазодобывающей отрасли регулярно нуждаются в реконструкции или замене отдельных элементов. Для решения этих задач проектные организации все чаще применяют цифровые трехмерные модели уже существующих объектов, которые создаются, в том числе и по данным наземного лазерного сканирования.

В качестве примера рассмотрим работы, выполненные сотрудниками Регионального центра лазерного сканирования для разработки рабочего проекта по замене печей нефтеперекачивающей станции. С целью получения топографо-геодезических материалов и трехмерной модели ситуации и рельефа местности, выполнено наземное лазерное сканирование участка ЦПС Ван-Еганского месторождения площадью 2 гектара. На рис. 1 показан фрагмент участка съемки.



Рис. 1. Фрагмент участка съемки

Особенности работы – на первом этапе необходимо создать цифровой топографический план, а затем трехмерную модель, при этом построение трубопроводов выполнить по внешнему контуру изоляции и с дополнительным моделированием реальных диаметров.

Съемка выполнялась с применением электронного тахеометра Leica TCR405 и наземного лазерного сканера Riegl LMS-Z420i по сложившейся методике [1]. Сканирование участка выполнено с 35 сканерных станций. Для облегчения дешифрирования на каждой станции сделан ряд фотоснимков местности, составлены абриса с указанием требуемой семантической информацией.

Камеральные работы по созданию цифровых топографического плана и трехмерной модели на основе данных наземного лазерного сканирования выполнены в следующей последовательности:

а) Ориентирование сканов в проектной системе координат и экспорт результатов в программное обеспечение (ПО) Leica Cyclone.

б) Создание цифрового топографического плана. Выполнялось в ПО Leica Cyclone с использованием технологии [1], в основе которой лежит рисовка объектов на плоскости аналогично тому, как это производится по растровым изображениям. Для наполнения объектов топографического плана семантикой использовался абрис, составленный на основе результатов наземного лазерного сканирования. На абрисе обозначены неметрические характеристики объектов (назначение и характеристики трубопроводов и кабельных линий). Метрические характеристики были получены непосредственно по сканам в ходе обработки.

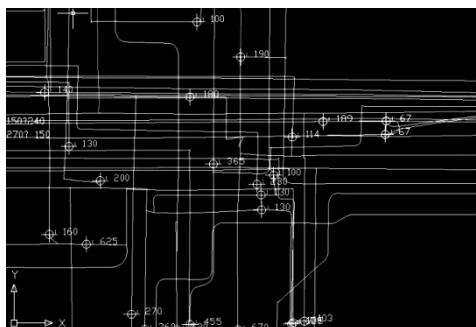
В итоге составлен цифровой топографический план в форматах ПО AutoCAD и MapInfo с соблюдением требований [2]. На рис. 2 представлен фрагмент цифрового топографического плана.

в) Следующий этап работы – построение цифровой трехмерной модели данной территории, большая часть которого выполнялась в ПО Leica Cyclone.

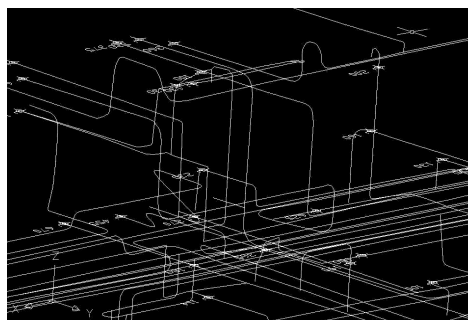
соответствующую высоте здания по данным наземного лазерного сканирования.

Технологические площадки показывались условно. Аналогично зданиям, плоскости из контуров площадок «выдавливались» на нужное расстояние и вписывались по высоте в соответствующий массив точек. Лестницы и опоры у площадок моделировались в полуавтоматическом или интерактивном режиме такими примитивами как цилиндр и «выдавленная» плоскость. Перила и ограждения площадок показывались условно 3D полилиниями, отображая при этом их конфигурацию и высоту.

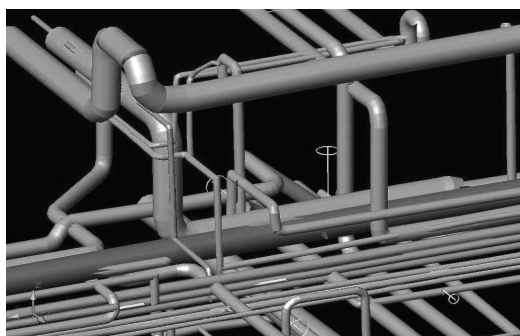
Важная часть для реконструкции это опоры под трубопроводы и кабельные линии. Они моделировалось в автоматическом или полуавтоматическом режиме условно с сохранением габаритов. Такая деталь эстакады, как полки для кабелей, моделировались набором «выдавленных» плоскостей, затем копировались и вписывались в соответствующий массив точек. На рис. 4 показан фрагмент трехмерной модели с технологической площадкой, опорами под трубопроводы и кабельной эстакадой.



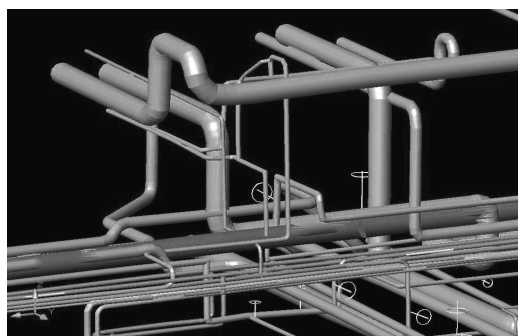
Исходные 2D полилинии для топографического плана с указанием диаметра внешней изоляции



Отредактированные 2D полилинии в 3D полилинии с отображением реального положения в пространстве оси каждого трубопровода



Фрагмент трехмерной модели трубопроводов с диаметрами по изоляции.



Фрагмент трехмерной модели трубопроводов с реальными диаметрами.

Рис. 3. Схема построения трехмерной модели трубопроводов

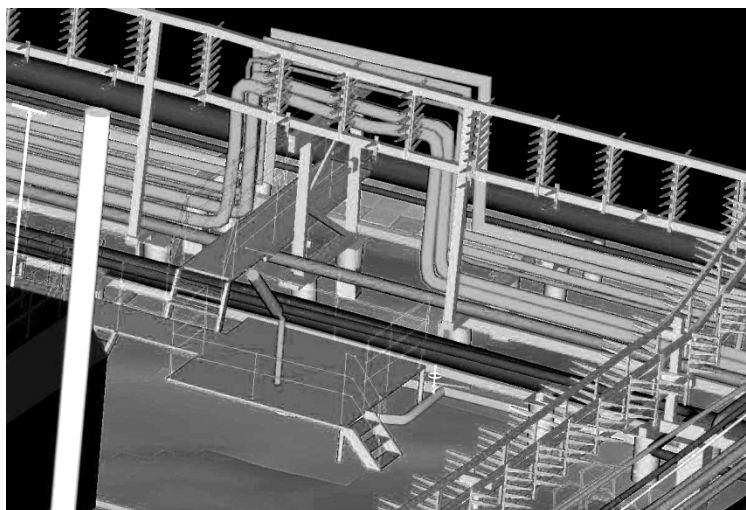


Рис. 4. Фрагмент трехмерной модели с технологической площадкой, опорами под трубопроводы и кабельной эстакадой

Задвижки на трубопроводах показывались условно с использованием примитива ПО Leica Cyclone «Valve», осветительные мачты, ограждения, оборудование, металлические шкафы и т.д. моделировались условно, с сохранением габаритов. Кабельные линии на полках не моделировались.

На последнем этапе была построена цифровая модель рельефа по методике, описанной в работе [4].

Камеральные работы проводились 1 месяц двумя исполнителями. На рисунке 5 показан общий вид созданной цифровой трехмерной модели.

Выполненная работа показала, что продукция, полученная с применением технологии наземного лазерного сканирования, в скором будущем будет очень востребована у проектировщиков, т.к. они все более опираются в своей работе на трехмерные модели объектов. Этот вывод можно отнести не только к объектам нефтегазодобывающей отрасли, а также к энергетической, строительной и прочим отраслям народного хозяйства.

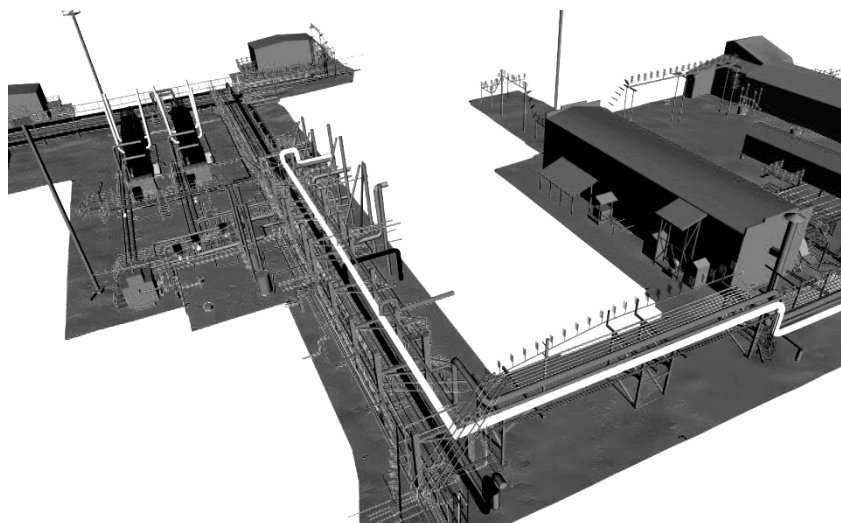


Рис. 5. Общий вид построенной цифровой трехмерной модели

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комиссаров Д.В., Середович А.В., Дементьева О.А. Технология топографической съемки промышленных объектов с применением наземного лазерного сканирования. – ГЕО-Сибирь-2005. Т. 5. Геодезия, картография, маркшейдерия: Сб. материалов научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2005», 25-29 апреля 2005 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2005.
2. Условные знаки для топографических планов масштабов 1: 5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. «Недра», Москва, 1989 г.
3. Комиссаров Д.В. Опыт применения технологии лазерного сканирования при проектировании и контроле монтажа фасадов зданий [Текст] / Комиссаров Д.В., Дементьева О.А. // ГЕО-Сибирь-2007. Том 1, Ч.2. Сб. материалов межд. науч. конгр. - Новосибирск: СГГА, 2007. – С. 126-128.
4. Комиссаров А.В. Исследование точности построения цифровой модели рельефа по данным наземного лазерного сканирования [Текст] / А.В. Комиссаров //ГЕО-Сибирь-2006. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 2: сб. материалов междунар. науч. конгресса. «ГЕО-Сибирь», 24 – 28 апр. 2006г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2006. – С. 150 – 153.

© О.А. Дементьева, А.В. Середович, 2009

УДК 528.5

П.А. Карев, В.А. Калюжин, А.И. Павлова

СГГА, Новосибирск

О ТОЧНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПРОЛОЖЕНИЙ НАКЛОННЫХ РАССТОЯНИЙ, ИЗМЕРЯЕМЫХ СОВРЕМЕННЫМИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

P.A. Karev, W.A. Kalygin, A.I. Pavlova

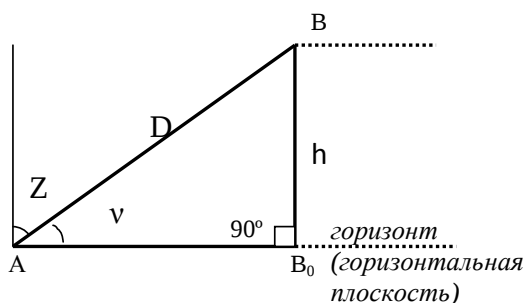
Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

ABOUT ACCURACY OF THE HORIZONTAL LAYING, THE TILTED DISTANCES, MEASURED MODERN GEODETIC INSTRUMENT

The article deals with the variants of schemes concerning determination of laying slopes horizontal distances and calculation of slope corrections. It presents the analysis of slope angle measurement correction effect on horizontal distances accuracy, when measuring inclined lines by electronic range-finders. The recommendations are given for bringing the accuracy of horizontal distances to conformity with that of the measured slope distances.

Измерение на местности линий является одним из самых распространенных видов геодезических измерений. При измерениях линий любыми мерными приборами на местности фактически определяются значения наклонных расстояний между конечными точками линий. Для решения земельно-кадастровых и других инженерно-технических задач наклонные расстояния приводятся к горизонту – проектируются на горизонтальную плоскость (рис.).



Обозначения:

D – измеренное значение наклонной линии AB ;

v – угол наклона линии AB ;

Z – зенитное расстояние линии AB ;

h – превышение между конечными точками линии AB ;

$S = AB_0$ горизонтальное проложение (горизонтальная проекция) линии AB

Рис. Схема приведения измеренного наклонного расстояния к горизонту

Проекцию наклонного расстояния на горизонтальную плоскость называют горизонтальным проложением измеренной линии. Значение горизонтального проложения вычисляется по формуле

$$S = D \cdot \cos \nu = D \cdot \sin Z, \quad (1)$$

или

$$S = \sqrt{D^2 - h^2}. \quad (2)$$

На практике во многих случаях значение горизонтального проложения вычисляется по формуле

$$S = D - \Delta D, \quad (3)$$

где ΔD – поправка за приведение наклонной линии D к горизонту.

Поправки ΔD за уклон линии вычисляются по формулам

$$\Delta D_\nu = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}, \quad (4)$$

или

$$\Delta D_h = \frac{h^2}{2D} + \frac{h^4}{8D^3}. \quad (5)$$

При измерении линий светодальномерами, электронными тахеометрами в формуле (5) превышение h определяют из выражения

$$h = (H_0 - H_h) + v - i,$$

где $H_{\text{пр}}$ и H_0 – высоты над уровнем моря точек (пунктов) установки соответственно прибора и отражателя;

i , v – соответственно высота прибора, отражателя над центром пункта.

По приведенным формулам (4) и (5) поправки за приведение к горизонту измеренных расстояний вычисляются с точностью до 1 мм. При углах наклона измеряемой линии менее 3° в формуле (5) второй член не учитывается [2].

Для измеренной линии величина и точность поправки за наклон зависит от величины и точности измерения превышения между дальномером и отражателем (5) или от величины угла наклона и точности его измерения (4).

В отечественной практике в зависимости от углов наклона рельеф местности подразделяется: равнинный рельеф с углами наклона до 2° ; всхолмленный – при углах наклона до 4° ; пересеченный – с углами наклона до 6° ; предгорный и горный с углами наклона более 6° .

На равнинной местности при измерении линий с точностью 1:1000, 1:2000, 1:3000 поправки за наклон не учитываются при углах наклона до $1,5^\circ$ ввиду их малой величины [1], горизонтальное проложение линии принимается равным измеренному значению наклонного расстояния. Так, при угле наклона линии $\nu = 1^\circ$ величина поправки за наклон равна 1:6500 от длины измеряемой линии, что значительно меньше ошибки измерения 1:1000 – 1:3000.

Во всех иных случаях для получения горизонтального проложения в измеренные наклонные расстояния вводятся поправки за наклон линии.

Точность вычисленного горизонтального проложения априори принимается равной точности измеренного наклонного расстояния, что

адекватно равенству средних квадратических ошибок значений наклонного расстояния и горизонтального проложения m_D и m_s , т.е. считается $m_s = m_D$.

Теоретически на основании формулы (3) для ско горизонтального проложения имеем формулу

$$m_s^2 = m_D^2 + m_{\Delta D}^2, \quad (6)$$

из чего следует, что равенство $m_s = m_D$ возможно только при пренебрегаемо малой величине ско поправки за наклон ($m_{\Delta D}$).

На основании принципа ничтожно малого влияния соответствующее значение ско $m_{\Delta D}$ находим из выражения

$$m_{\Delta D}^2 = \frac{1}{10} m_D^2, \quad (7)$$

или

$$m_{\Delta D} = \sqrt{0,1} \cdot m_D = 0,3 \cdot m_D, \quad (8)$$

при этом

$$m_s^2 = 1,1 m_D^2,$$

или

$$m_s = 1,05 m_D. \quad (9)$$

В настоящее время линейные измерения на местности производятся в основном с помощью электронных тахеометров (ЭТ). При применении ЭТ для измерения расстояний горизонтальные проложения определяются в автоматизированном режиме по формуле (1).

Автоматически полученным значениям v , D , S соответствует для данной линии поправка за наклон

$$\Delta D_v = D - S = D - D \cos v = 2D \sin^2 \frac{v}{2}, \quad (4)$$

Для определения влияния точности измерения вертикального угла наклона v на точность поправки за наклон (точность горизонтального проложения) после дифференцирования выражения (4) имеем

$$m_{\Delta D_v} = D \sin v \frac{m_v''}{\rho''}. \quad (10)$$

Для соблюдения равенства $m_s = m_D$ в выражении (6) согласно (8) примем

$$m_{\Delta D_v} = 0,3 m_D = D \sin v \frac{m_v''}{\rho''}, \quad (11)$$

Откуда необходимая точность измерения угла наклона должна быть равна

$$m_v'' = \frac{0,3}{\sin v} \cdot \frac{m_D}{D} \rho''. \quad (12)$$

При измерении углов наклона линии с ско m_v более расчетной (12) для характеристики точности вычисленного горизонтального проложения значение ско m_s определяется по формуле (6) - $m_s^2 = m_D^2 + m_{\Delta D_v}^2$.

Для исключения влияния погрешностей измерения углов наклона на вычисляемые горизонтальные проложения сторон полигонометрических ходов,

измеряемых электронными дальномерами в геодезических сетях сгущения и других случаях, в дополнение к существующим нормативным документам ([1] и др.) произведен расчет допустимых значений ско углов наклона m_v , результаты расчетов приводятся в табл. 1.

Таблица 1. Предельные средние квадратические ошибки измерения углов наклона сторон полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разряда

Формулы	4 класс	1 разряд	2 разряд
ско угла наклона m_v : $0,3\rho''$	61880	61880	61880
$\frac{m_D}{D}$	1:25000	1:10000	1:5000
m_v'' (при $v = 2^\circ$ равнинный рельеф)	70,9''	177,3''	354,6''
m_v'' (при $v = 4^\circ$ всхолмленный рельеф)	35,5	88,7	177,3
m_v'' (при $v = 6^\circ$ пересеченный рельеф)	23,7	59,2	118,4
m_v'' (при $v = 10^\circ$ предгорный и горный рельеф)	14,3	35,6	71,3
m_v'' (при $v = 20^\circ$ предгорный и горный рельеф)	7,2	18,1	36,2
m_v'' (при $v = 30^\circ$ горный рельеф)	5,0	12,4	24,8
m_v'' (при $v = 45^\circ$ горный рельеф)	3,5	8,8	17,5

Для анализа влияния погрешностей измерения вертикальных углов на точность горизонтальных проложений при измерениях современными ЭТ наклонных расстояний произведен расчет ско поправок за наклон для отечественных тахеометров 3Та5Р и 5Та5. При вычислениях использованы следующие показатели:

ЭТ 3Та5Р - измерены предельные наклонные расстояния D : по одной призме – 1000,000 м; по шести призмам – 2000,000 м; ско наклонного расстояния – $m_D = 5 + 3 \cdot D \cdot 10^{-6}$; ско измерения вертикального угла (v или Z) $m_v = 7''$.

ЭТ 5Та5 – измерены предельные наклонные расстояния: по одной призме – 3000,000 м; по трем призмам – 5000,000 м; ско измерения наклонного расстояния – $m_D = 5 + 3 \cdot D \cdot 10^{-6}$, ско измерения вертикального угла) $m_v = 5''$ (табл. 2).

Таблица 2

Измеренное наклонное расстояние D м	Угол наклона v°	Горизонтальное проложение $S = D \cdot \cos v$, м	Поправка за наклон ΔD_v , м	Горизонтальное проложение $S = D - \Delta D_v$, м	ско поправки за наклон $m_{\Delta D_v}$, мм	Относительная ошибка $\frac{m_{\Delta D_v}}{D}$
электронный тахеометр 3Та5Р						
1000,000	2°	999,391	0,609	999,391	1,2	1/833 000
2000,000		1998,782	1,218	1998,782	2,4	
1000,000	4°	997,564	2,436	997,564	2,4	

2000,000		1995,128	4,872	1995,128	4,7	1/416 000
1000,000	6°	994,522	5,478	994,522	3,5	1/285 000
2000,000		1989,044	10,956	1989,044	7,1	
1000,000	10°	984,808	15,192	984,808	5,9	1/169 000
2000,000		1969,616	30,384	1969,616	11,8	
1000,000	20°	939,693	60,307	939,693	11,6	1/86 200
2000,000		1879,385	120,615	1879,385	23,2	
1000,000	30°	866,025	133,975	866,025	17,0	1/58 800
2000,000		1732,051	267,949	1732,051	33,9	
1000,000	45°	707,107	292,893	707,107	24,0	1/41 600
2000,000		1414,214	585,786	1414,214	48,0	
электронный тахеометр 5Та5						
3000,000	2°	2998,172	1,828	2998,172	2,5	1:1200 000
5000,000		4996,954	3,046	4996,954	4,2	
3000,000	4°	2992,692	7,308	2992,692	5,1	1:595 000
5000,000		4987,820	12,180	4987,820	8,4	
3000,000	6°	2983,566	16,434	2983,566	7,6	1:395 000
5000,000		4972,610	27,390	4972,610	12,7	
3000,000	10°	2954,423	45,577	2954,423	12,6	1:238 000
5000,000		4924,039	75,961	4924,039	21,0	
3000,000	20°	2819,078	180,922	2819,078	24,9	1:120 000
5000,000		4698,463	301,537	4698,463	41,5	
3000,000	30°	2598,076	401,924	2598,076	36,4	1:82 500
5000,000		4330,127	669,873	4330,127	60,6	
3000,000	45°	2121,320	878,680	2121,320	51,4	1:58 300
5000,000		3535,534	1464,466	3535,534	85,7	

Из анализа табл. 1 видно, что при измерении расстояний на местности с различным рельефом при определенной нормативной точности (1:25 000) для получения значения горизонтального проложения с точностью измерения наклонной линии с увеличением углов наклона должна повышаться точность их измерения. По данным этой таблицы при линейных измерениях на местности с углами наклона до 6° достаточно иметь значения вертикальных углов со ско порядка 30". В горных районах с углами наклона до 45 ° ско их измерения должна быть на уровне 3-5".

Данные вычислений в табл.2 позволяют считать, что метрологические характеристики отечественных ЭТ ЗТа5Р и 5Та5 обеспечивают при измерениях одинаковую точность наклонных расстояний и их горизонтальных проложений на местности с углами наклона соответственно до 10 ° и 20°. В горной местности с углами наклона более 20° при точных измерениях этими тахеометрами точность определяемого горизонтального проложения понижается и будет характеризоваться формулой

$$m_s^2 = m_D^2 + m_{\Delta D_V}^2.$$

Полученные результаты исследований позволяют выбрать электронные тахеометры с необходимыми метрологическими характеристиками, обеспечивающими одинаковую точность измеряемого наклонного расстояния и получаемого горизонтального проложения на местности с любым рельефом при углах наклона в диапазоне $\pm 45^\circ$. При заданной точности измерения

вертикальных углов электронным тахеометром уменьшение абсолютных значений средних квадратических ошибок поправок за наклон (горизонтальных проложений) возможно за счет изменения (уменьшения) предельных дальностей измеряемых расстояний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по топографической съемке в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1985.– 160 с.
2. Наставление по предварительной обработке полигонометрии.- М.: ЦНИГАиК, 1967.-110 с.
3. Карев, П.А. Привязка полигонометрических ходов к исходным пунктам на зданиях с применением современных электронных дальномеров / П.А. Карев, А. Доржготов // Вестник СГГА.-1996.- №1.- С.30-37.

© П.А. Карев, В.А. Калюжин, А.И. Павлова, 2009

УДК 528.236.3

К.Ф. Афонин

СГГА, Новосибирск

О ВЫБОРЕ РАЗМЕРОВ ЗОН В ПРОЕКЦИИ ГАУССА-КРЮГЕРА

K.F. Afonin

SSGA, Novosibirsk

CHOOSING ZONES DIMENSIONS IN GAUSS-KRUGER PROJECTION

It was impossible to make up the uniform system of planimetric rectangular coordinates in Gauss-Kruger projection (as in any other projection). That caused the necessity of dividing the surface of the ellipsoid of revolution into some longitudinal zones and introducing proper systems of planimetric rectangular coordinates for each of them. To determine the zone dimensions one had to compromise between the contradictory conditions.

Nowadays, with state-of-the art total stations, digital terrain models and electronic maps being available for all the users of topographical and geodetic information, we think, the problem of choosing zones dimensions in Gauss-Kruger projection should be revised and the dimensions significantly enlarged.

Проекция и система координат Гаусса-Крюгера были введены в СССР в 1930 году [2]. Так как в этой проекции (как и в любой другой) нельзя было установить единую систему плоских прямоугольных координат, то возникала необходимость разделения поверхности эллипсоида вращения на какое-то количество долготных зон, в каждой из которых была введена своя система плоских прямоугольных координат. При определении размеров зон приходилось искать компромисс между противоречивыми требованиями и руководствоваться следующими соображениями.

Во-первых, количество зон на территории государства должно быть минимально. Минимизация числа зон позволяла в свою очередь уменьшить объем вычислительных работ по преобразованию координат Гаусса-Крюгера из одной зоны в другую. При математической обработке результатов высокоточных геодезических измерений на компьютере размеры зон могут быть практически любыми. Впервые об этом сказал В.П. Морозов в [3]. Необходимо лишь использовать рабочие формулы позволяющие решать задачи по преобразованию координат и редуцированию результатов измерений с поверхности эллипсоида на плоскость в проекции Гаусса-Крюгера с необходимой точностью. Такие формулы приведены в учебниках [1,3]. Конечно, при увеличении размеров зон должна возрастать точность, с которой необходимо знать приближенные координаты определяемых пунктов для редуцирования измеренных величин, и возможно усложняться технология

решения этой задачи в плане увеличения количества итераций в системе «приближенные координаты - поправки в измеренные величины».

По-иному обстояло дело в топографии. Геодезисты стремились к тому, чтобы при создании съемочного обоснования на объекте, размеры которого по ординате не превышали десяти километров ($\Delta y = 10$ км), масштаб изображения оставался практически постоянным [2]. Это значительно упрощало технологию редуцирования расстояний с поверхности эллипсоида на плоскость. Дифференцирование формулы масштаба изображения по ординате дает

$$dm = \frac{y dy}{R^2}. \quad (1)$$

Отсюда средняя ордината y объекта не должна превышать величины, вычисляемой по формуле

$$y = \frac{\Delta m R^2}{\Delta y}. \quad (2)$$

Теодолитные ходы могут прокладываться с предельными относительными погрешностями $1/3000$ [5], поэтому логично потребовать, чтобы изменение масштаба Δm было хотя бы в 5 раз меньше. Принимая, что $R = 6400$ км величина максимального удаления объекта от осевого меридиана зоны будет равна 273 км. Поэтому максимальный размер зоны вдоль параллели не должен превышать 546 км, что для южных границ России (на широте в $41^\circ 08'$) составит $6,5^\circ$.

Третье соображение связано с выполнением топографических съемок. Размер зоны должен быть таким, чтобы при съемке рельефа и ситуации не учитывать поправки за редуцирование расстояний на плоскость проекции Гаусса-Крюгера. Относительные линейные искажения на краю 6° зон для южных регионов России могут достигать величины порядка $1/1280$. Такими искажениями можно пренебрегать при выполнении топосъемки $1:10000$ и мельче. При производстве съемок более крупных масштабов приходится уменьшать размеры зон до 3° (при этом искажения будут уменьшаться до $1/5120$), а в особых случаях делать их еще уже.

Четвертый способ обоснования размеров зон опирался на существующие требования по выполнению картометрических работ [1,3,4]. Это требование заключается в том, чтобы расстояние, измеренное по топографической карте на бумажной основе и умноженное на знаменатель масштаба этой карты, было бы практически равно расстоянию на местности.

Применение в геодезическом производстве современных электронных тахеометров, а также использование цифровых моделей местности и электронных карт всеми пользователями топогеодезической информации позволяет, на наш взгляд, по-иному решать вопрос о выборе размеров зон в проекции Гаусса-Крюгера и значительно их увеличить. Так модернизация программного обеспечения тахеометров даст возможность без существенного увеличения временных затрат учитывать необходимые поправки в измерения даже на каждый пикет топосъемки.

Расширение зон до 18° приведет к увеличению поправок в горизонтальные направления до одной секунды и ими, по-прежнему, можно будет пренебрегать.

Поправки в измеренные расстояния до пикетов возрастут до нескольких метров, поэтому для их вычисления можно будет использовать стандартные технологии, апробированные в геодезических сетях. Трехкратное увеличение размеров зон позволит уменьшить объем работ по преобразованию координат Гаусса-Крюгера. Кроме этого возможность расширения зон позволит по другому решать задачу ввода региональных систем плоских прямоугольных координат на территории субъектов РФ. В Новосибирской области, например, можно будет обойтись одной зоной [6].

При выполнении картометрических работ по электронным картам в случае применения 18⁰ зон необходимо будет учитывать различия в расстояниях на плоскости и на поверхности эллипсоида. Эти различия на краю зон могут достигать величины 1/140. Максимальные расстояния S , которые можно измерить на карте, и разности расстояний ΔS для карт разных масштабов приведены в таблице (табл. 1).

Таблица 1

Масштаб карты	S (км)	ΔS (м)
1:2000	1,2	8,6
1:5000	3,5	25
1:10000	7	50
1:25000	14	101
1:50000	28	202
1:100000	56	403

Таковыми поправками конечно нельзя пренебрегать при выполнении картометрических работ, их нужно будет учитывать. При вычислении поправок за переход на поверхность эллипсоида ΔS в измеренные по карте расстояния понадобятся приближенные значения плоских прямоугольных координат (ординат) его концов. Погрешности m_y , с которыми должны быть известны эти ординаты, можно оценить по формуле

$$m_y = \left(\frac{m_{\Delta S}}{S} \right) \frac{R^2}{y}, \quad (3)$$

где $(m_{\Delta S}/S)$ – относительная погрешность редуцирования расстояний.

Точность, с которой можно измерить расстояние любой длины между двумя точками на электронной карте, характеризуется погрешностью порядка 0,3 мм в масштабе карты. Желательно, чтобы погрешность редуцирования $m_{\Delta S}$ была в 10 раз меньше и равнялась 0,03 мм. Вычисленные по формуле (3) погрешности m_y для карт разных масштабов составляют 2-3 км. С такой точностью координаты точечных объектов можно определять по карте. Учитывая, что цифровые модели местности и электронные карты находят применение в различных автоматизированных системах, вычисление и учет соответствующих поправок не будет вызывать никаких сложностей. Таким образом, и при выполнении картометрических работ на электронных картах

можно в проекции Гаусса-Крюгера использовать зоны гораздо большей ширины, например 18° .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойко, Е.Г. Высшая геодезия. Часть II. Сфероидическая геодезия: Учебник для вузов [Текст] / Е.Г. Бойко. - М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2002.- 144 с.
2. Закатов, П.С. Курс высшей геодезии: Учебник для вузов [Текст] / П.С. Закатов. - М.: Недра, 1976. – 511 с.
3. Морозов, В.П. Курс сфероидической геодезии: Учебник для вузов [Текст] / В.П. Морозов. – М.: Недра, 1979. – 296 с.
4. Телеганов, Н.А. Решение геодезических задач на эллипсоиде и конформное отображение эллипсоида на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера: Учебное пособие [Текст]/ Н.А. Телеганов. – Новосибирск: СГГА, 1996. – 88 с.
5. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 [Текст] – М.: Недра, 1985. – 151 с.
6. Карпик, А.П. Система региональных плоских прямоугольных координат Новосибирской области [Текст] / А.П. Карпик, К.Ф. Афонин, Н.А. Телеганов, П.К. Шитиков, Д.Н. Ветошкин, С.В. Кужелев, В.А. Тимонов // «ГЕО-Сибирь»: сб. науч. тр. IV междунар. науч. конгр. – Новосибирск, 2008. – С. 20-31.

© К.Ф. Афонин, 2009

УДК 624.21:528.489

Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Д.О. Нагаев

СибАДИ, Омск

РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВКИ И КОНТРОЛЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТМЕТОК ПОВЕРХНОСТЕЙ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Yu.V. Stolbov, S.Yu. Stolbova, D.O. Nagaev

Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

5 Mira PR, Omsk, 644080, Russian Federation

CALCULATION OF ACCURACY OF THE GEODETIC BREAKDOWN AND CONTROL THE VERTICAL INDICATING THE SURFACES OF THE BASES AND COVERING THE HIGHWAY

In article is considered motivation and provision of accuracy of the geodetic breakdown and checking the high-altitude position of the surface of the bases and covering when raising the car roads, with provision for accuracy of the technological process construction. The recommendations are given on standartization of the distances from level before rod when splitting and checking the high-altitude mark.

Одним из основных показателей качества возводимых сооружений является точность геометрических параметров строительных конструкций, которая зависит от погрешностей, появляющихся при геодезических и строительных работах.

Требования к качеству строительной продукции находят свое выражение в стандартах (ГОСТах), СНиП и проектно-конструкторской документации.

Относительно автомобильных дорог, как сооружений, показатели точности геометрических параметров изложены в СНиП 3.06.03-85 [1]. В этом нормативном документе показатели точности геодезических работ отсутствуют. В СНиПе определение вертикальных абсолютных или относительных отметок рекомендовано выполнять при приемке законченных работ нивелированием с шагом 5м, а в тоже время, при устройстве оснований и покрытий приведены значения амплитуд вертикальных отметок верха слоев оснований и покрытий дорог при использовании комплекта машин без автоматической системы задания вертикальных отметок и с автоматической системой задания вертикальных отметок с шагом 5, 10 и 20 м.

Поэтому для обоснования точности геодезических работ связанных с вынесением вертикальных отметок примем значения этих амплитуд (разностей), приведенных в табл. 1.

Для расчета точности геодезических разбивочных работ и геодезического контроля в процессе устройства слоев оснований и покрытий могут быть применены методы расчета:

1. На основе принципа равных влияний погрешностей;
2. На основе принципа ничтожного влияния погрешностей.

Таблица 1

Категория дороги	Значения амплитуд, мм, при использовании комплектов машин					
	Без автоматической системы задания вертикальных отметок			С автоматической системой задания вертикальных отметок		
	Расстояние между точками, м					
	5	10	20	5	10	20
I, II, III	7	12	24	5	8	16
IV, V, I-с, II-с и внутренние дороги промышленных предприятий	10	16	-	-	-	-

Но эти методы имеют существенные недостатки. Расчеты норм точности на геодезические работы методами равного и ничтожного влияния приближены и весьма условны.

В первом методе не учитываются соотношения величин погрешностей отдельных производственных операций, а во втором эти погрешности вовсе не рассматриваются.

Предлагаются допуски на геодезическую разбивку и геодезический контроль вертикальных отметок верха слоев оснований и покрытий выполнить методом с учетом коэффициентов точности технологического процесса T_{Π} их устройства, определяемых по выражению:

$$\dot{\sigma}_i = \frac{\delta_i}{m_{\tilde{A}}}, \quad (1)$$

где δ_i – допустимое отклонение фактических амплитуд от нормируемых в СНиП 3.06.03-85 [1];

$m_{\tilde{A}}$ – среднеквадратическая погрешность геодезических контрольных измерений в процессе строительства.

В работе [2] приведены следующие нормы точности в зависимости от T_{Π} :

$$\text{їđē } \dot{O}_1 = 1 \quad m_{\tilde{A}} = 0,225 \cdot \delta_1 ;$$

$$\text{їđē } \dot{O}_1 = 1,5 \quad m_{\tilde{A}} = 0,27 \cdot \delta_1 ;$$

$$\text{їđē } \dot{O}_1 = 2 \quad m_{\tilde{A}} = 0,45 \cdot \delta_1 ;$$

$$\text{їđē } \dot{O}_1 = 2,5 - 3 \quad m_{\tilde{A}} = 0,5 \cdot \delta_1 .$$

Для расчета точности геодезических работ на стадии разработки проекта производства работ (ППР), когда неизвестен уровень технологии строительного производства возведения дорог, можно принять $T_{\Pi} = 1$. Если в процессе производства устанавливается уровень технологии производства (по точности соблюдения геометрических параметров конструкции), тогда следует произвести корректировку норм точности геодезических работ.

Точность определения отметок при нивелировании зависит от точности взглядов (отсчетов) по рейкам, которая определяется по формуле:

$$m_{\hat{a}} = \sqrt{m_y^2 + m_{oc}^2 + m_{\tilde{a}}^2}, \quad (2)$$

где $m_{\hat{a}}$ – среднеквадратическая погрешность взглядов (отсчетов);

$m_{\hat{o}}$ – среднеквадратическая погрешность приведения визирной оси нивелира в горизонтальное положение;

$m_{\hat{m}}$ – среднеквадратическая погрешность отсчета по рейке;

$m_{\tilde{a}}$ – среднеквадратическая погрешность нанесения делений на рейке.

Среднеквадратическая погрешность m_y определяется, согласно [3], по выражению:

$$m_{\hat{o}} = \pm m_{\hat{o}\delta} \cdot S \frac{1}{\rho''}, \quad (3)$$

где $m_{\hat{o}\delta}$ – среднеквадратическая погрешность установки уровня в нуль-пункт. Для уровня нивелира Н-3 $m_{\hat{o}} = \pm 0,2 \cdot \sqrt{\tau}$, тогда:

$$m_{\hat{o}} = \pm 0,2 \cdot \sqrt{\tau} \cdot S \cdot \frac{1}{\rho''}. \quad (4)$$

Среднеквадратическая погрешность отсчета по рейке, согласно [3], определяется по выражению:

$$m_{\hat{m}} = \pm \left(0,2 \cdot \frac{S}{V} + 0,03 \cdot t \right), \quad (5)$$

где V – увеличение зрительной трубы;

S – расстояние от нивелира до рейки;

t – наименьшая цена деления рейки.

Среднеквадратическая погрешность нанесения делений на рейке $m_{\tilde{a}} = 0,5 \text{ мм}$, тогда формула для определения $m_{\hat{a}}$ будет иметь вид:

$$m_{\hat{a}} = \sqrt{\left(0,2 \cdot \sqrt{\tau} \cdot S \cdot \frac{1}{\rho''} \right)^2 + \left(0,2 \cdot \frac{S}{V} + 0,03 \cdot t \right)^2 + (0,5)^2}. \quad (6)$$

Среднеквадратическая погрешность определения разности отметок двух точек с одной станции будет определяться по формуле:

$$m_{\tilde{A}} = \sqrt{m_{\hat{a}_1}^2 + m_{\hat{a}_2}^2 + m_{\hat{1}}^2}, \quad (7)$$

где $m_{\hat{a}_1}$ и $m_{\hat{a}_2}$ – среднеквадратические погрешности взглядов (отсчетов) на точки 1 и 2;

m_o – среднеквадратическая погрешность несоблюдения главного условия нивелира из-за неравенства расстояний плеч S_1 и S_2 , определяемая по выражению:

$$m_o = \varepsilon''(S_1 - S_2) \cdot \frac{1}{\rho''}, \quad (8)$$

где ε – угол между визирной осью трубы и осью цилиндрического уровня нивелира.

Для нивелира Н-3 $\varepsilon'' = 10''$ или 4мм на 75м.

Выполним примеры расчета точности геодезической разбивки и геодезического контроля в процессе возведения оснований и покрытий автомобильных дорог I, II и III категорий для комплекта машин без автоматической системы задания вертикальных отметок.

Пример 1: При устройстве верхнего слоя покрытия среднеквадратическая погрешность при шаге нивелирования через 5м, будет иметь предельное значение амплитуд (разности отметок) $\delta_1 = 7\text{мм}$, тогда при $T_{\Pi} = 1$, $m_{\tilde{A}} = 0,225 \cdot \delta_1 = 0,225 \cdot 7 = 1,58\text{мм}$.

Примем $S_1 = 100\text{м}$; $S_2 = 90\text{м}$, тогда:

$$m_{\hat{a}_1} = 1,17\text{мм}; \quad m_{\hat{a}_2} = 1,09\text{мм}; \quad m_{\hat{1}} = 0,5\text{мм};$$

$$m_{\tilde{A}} = \sqrt{m_{\hat{a}_1}^2 + m_{\hat{a}_2}^2 + m_{\hat{1}}^2} = \sqrt{1,17^2 + 1,09^2 + 0,5^2} = 1,68\text{мм}.$$

Следовательно, при устройстве верхнего слоя покрытия автомобильных дорог наибольшее расстояние от нивелира до реек не должно превышать 100м.

Пример 2: При устройстве нижних слоев покрытия среднеквадратическая погрешность при шаге нивелирования через 10м, будет иметь предельное значение амплитуд (разности отметок) $\delta_1 = 12\text{мм}$, тогда при $T_{\Pi} = 1$, $m_{\tilde{A}} = 0,225 \cdot \delta_1 = 0,225 \cdot 12 = 2,7\text{мм}$.

Примем $S_1 = 150\text{м}$; $S_2 = 130\text{м}$, тогда:

$$m_{\hat{a}_1} = 1,76\text{мм}; \quad m_{\hat{a}_2} = 1,62\text{мм}; \quad m_{\hat{1}} = 1,0\text{мм};$$

$$m_{\tilde{A}} = \sqrt{m_{\hat{a}_1}^2 + m_{\hat{a}_2}^2 + m_{\hat{1}}^2} = \sqrt{1,76^2 + 1,62^2 + 1^2} = 2,59\text{мм}.$$

Следовательно, при устройстве нижних слоев покрытия автомобильных дорог наибольшее расстояние от нивелира до реек не должно превышать 150м.

Пример 3: При устройстве слоев основания среднеквадратическая погрешность при шаге нивелирования через 20м, будет иметь предельное значение амплитуд (разности отметок) $\delta_1 = 24\text{мм}$, тогда при $T_{\Pi} = 1$, $m_{\tilde{A}} = 0,225 \cdot \delta_1 = 0,225 \cdot 24 = 5,4\text{мм}$.

Примем $S_1 = 200$; $S_2 = 160$, тогда:

$$m_{\hat{a}_1} = 2,08 ; \quad m_{\hat{a}_2} = 1,81 ; \quad m_{\hat{1}} = 2,0 ;$$

$$m_{\hat{A}} = \sqrt{m_{\hat{a}_1}^2 + m_{\hat{a}_2}^2 + m_{\hat{1}}^2} = \sqrt{2,08^2 + 1,81^2 + 2^2} = 3,41 .$$

Следовательно, при устройстве основания автомобильных дорог наибольшее расстояние от нивелира до рек не должно превышать 200м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. – М.ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – с.106.
2. Столбов Ю.В. Статистические методы контроля качества строительно-монтажных работ – М.: Стройиздат, 1982. – 87с.
3. Практические пособия по метрологическому обеспечению строительного производства. – М.: Стройиздат, 1975.– 64с.

© Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Д.О. Нагаев, 2009

УДК 528.48:69.057

С.Ю. Столбова, И.П. Савицкий, К.С. Кокуленко

СибАДИ, Омск

ОБОСНОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВКИ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

S.Yu. Stolbova, I.P. Savitsky, K.S. Kokulenko

Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

5 Mira PR, Omsk, 644080, Russian Federation

SUBSTANTIATION AND MAINTENANCE OF ACCURACY OF GEODETIC BREAKDOWN OF HIGH-ALTITUDE POSITION OF BUILDING DESIGNS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

In article methods of calculation and a substantiation of accuracy of breakdown of high-altitude position of building designs of buildings and constructions on an example of industrial and commercial buildings erected in the city of Omsk are examined.

В последнее время для строительства производственных и торгово-офисных многоэтажных зданий и сооружений используют сборные железобетонные конструкции. В городе Омске завершено строительство таких крупных зданий как, гипермаркет «Континет», торгово-офисный комплекс «Флагман», мегамолл «Триумф» и продолжается строительство ряда других сооружений из сборных железобетонных конструкций.

При возведении зданий и сооружений необходимо соблюдать требования по точности высотного положения строительных конструкций. Точность строительно-монтажных работ и геодезических разбивочных работ нормируется СНиПами, а точность изготовления конструкций ГОСТами.

Например, согласно СНиПа 3.03.01 – 87 [1], разность отметок верха колонн многоэтажных зданий и сооружений зависит от яруса колонн и не должны превышать предельных отклонений рассчитываемых по формуле:

$$\delta_{\Sigma} = 12 + 2 \cdot n, \quad (1)$$

где n – порядковый номер яруса колонн.

Как показывают исследования, точность высотного положения верха колонн многоэтажных зданий не всегда соответствует проектным значениям.

В настоящее время расчет точности возведения строительных конструкций зданий выполняется с применением основных положений теории размерных цепей двумя методами: максимума-минимума и теоретико-вероятностного (вероятностного). Основным методом является - вероятностный. В ГОСТе 21780 – 83 [2] рекомендовано расчет точности выполнять вероятностным методом с

применением способа попыток. В этом случае нет механизма рационального распределения функционального (суммарного) допуска между технологическими при решении обратной задачи. Но расчет точности размерных цепей вероятностным методом можно выполнять с использованием способов: попыток, равных допусков и равной точности.

При расчетах методом максимума-минимума допуски на изготовление колонн (по длине) и устройство фундаментов (выравнивающего слоя дна стаканов) получены очень жесткие их соблюдение на практике крайне затруднительно.

При расчете допусков способом попыток предполагается строгое соблюдение норм точности, регламентируемых в СНиПах, что на практике не всегда реализуется.

При применении способа равных допусков функциональный допуск распределяется между технологическими равномерно. Этот способ может применяться в строительстве только для предварительных расчетов, так как в строительстве размеры всех деталей и звеньев цепи одного порядка не встречаются.

Наиболее приемлемым для расчета норм точности (технологических допусков) этим методом являются способ равной точности.

Расчет допусков с применением этого способа сводиться к определению класса точности путем расчета числа единиц допуска или коэффициента точности K_{cp} по выражению:

$$K_{cp}^2 = \Delta_{\Sigma}^2 / \sum_{i=1}^{n-1} I_i^2, \quad (2)$$

где I_i – единицы допусков составляющих звеньев цепи, мм; Δ_{Σ} – суммарный допуск, мм; n – число звеньев в цепи.

Технологические допуски определяются, согласно [3], по выражению:

$$\Delta_i = K_{cp} \cdot I_i. \quad (3)$$

Расчет допусков на геометрические параметры конструкций проводятся на основе выявления размерных связей в конструктивно-технологических схемах зданий и их элементов, составление размерных цепей и решение уравнения точности.

В качестве примера приведем расчеты допусков высотного положения строительных конструкций (верха колонн) четырехэтажного здания в г. Омске серии ИИ 20/70. В соответствии с проектируемой технологией монтажа строительных конструкций и геодезических работ, за базу накопления погрешностей приняты опорные площадки верха колонн зданий. Согласно выражению (1) суммарный допуск $\Delta_{\Sigma} = 40,00$ мм.

Расчет точности вероятностным методом.

а) Способ попыток (проверочный расчет)

Основное уравнение размерной цепи имеет вид:

$$(\Delta_{\Sigma})^2 = (\Delta_{\text{с}}^{\Phi})^2 + (\Delta_{\Gamma}^{\Phi})^2 + 3(\Delta_{\Gamma}^{\text{к}})^2 + 2(\Delta_{\text{р}}^{\text{к}})^2 + (\Delta_{\text{и}1,2}^{\text{к}})^2 + (\Delta_{\text{и}3,4}^{\text{к}})^2, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{с}}^{\Phi}, \Delta_{\Gamma}^{\Phi}, \Delta_{\Gamma}^{\text{к}}, \Delta_{\text{р}}^{\text{к}}, \Delta_{\text{и}}^{\text{к}}, \Delta_{\Sigma}$ - соответственно допуски на устройство выравнивающего слоя по дну стакана, передачу высотных отметок в стаканы фундаментов, передачу высотных отметок на низ колонны, разбивку высотных отметок наверх колонны, изготовление длины колонн и суммарный (разности отметок верха колонн).

При использовании этого способа допуски на геодезические работы принимаем по СНиП 3.01.03 – 84 [4], где средняя квадратическая погрешность передачи высотных отметок $m_{\Gamma}^{\Phi} = m_{\Gamma}^{\text{к}} = \pm 3.0 \text{ мм}$.

Показатель ответственности производственного здания $\gamma_n = 0.95$, а тогда допуск, согласно [5], будет $\Delta_{\Gamma}^{\Phi} = \Delta_{\Gamma}^{\text{к}} = 2t \cdot m = 4 \cdot 3 = 12 \text{ мм}$.

Средняя квадратическая погрешность разбивки высотных отметок наверх колонн от риски внизу колонн до риски вверху колонны при измерении стальной рулеткой будет $m_{\text{р}}^{\text{к}} = \pm 0.7 \text{ мм}$, а тогда допуск, с учетом показателя ответственности здания $\gamma_n = 0.95$, будет $\Delta_{\text{р}}^{\text{к}} = 4 \cdot 0.7 = 2.8 \text{ мм}$

Согласно СНиП 3.03.01 – 87 [1], $\Delta_{\text{с}}^{\Phi} = 10.00 \text{ мм}$, а допуск на изготовление колонн по длине по 6 классу точности $\Delta_{\text{и}1,2}^{\text{к}} = \Delta_{\text{и}3,4}^{\text{к}} = 24.00 \text{ мм}$.

Подставив значение технологических допусков в выражении (4), получим $\Delta_{\Sigma} = 42.94 \text{ мм}$.

Следовательно, собираемость конструкций не будет обеспечена, так как $\Delta_{\Sigma} = 42.94 > 40.00 \text{ мм}$.

б) Способ равных допусков.

Суммарный допуск $\Delta_{\Sigma} = 40 \text{ мм}$.

Все допуски в размерной сети принимаются равными

$$(\Delta_{\text{с}}^{\Phi} = \Delta_{\Gamma}^{\Phi} = \Delta_{\Gamma}^{\text{к}} = \Delta_{\text{р}}^{\text{к}} = \Delta_{\text{и}}^{\text{к}} = \Delta_{\text{i}}),$$

тогда выражение (4) имеет вид:

$$(\Delta_{\Sigma})^2 = 9 \cdot (\Delta_{\text{i}})^2,$$

$$\text{отсюда } (\Delta_{\text{i}})^2 = (\Delta_{\Sigma})^2 / 9 = 13.33 \text{ мм}.$$

в) Способ равной точности.

При расчете этим способом основная расчетная формула примет вид:

$$(\Delta_{\Sigma})^2 = (K_{\text{ср}})^2 \cdot [(I_{\text{с}}^{\Phi})^2 + (I_{\Gamma}^{\Phi})^2 + 3(I_{\Gamma}^{\text{к}})^2 + 2(I_{\text{р}}^{\text{к}})^2 + (I_{\text{и}1,2}^{\text{к}})^2 + (I_{\text{и}3,4}^{\text{к}})^2], \quad (5)$$

где K_{cp} – число единиц допуска или коэффициент точности принимаемым одинаковым для всех технологических операций; I – единица допуска, мм.

Единицы допусков для нашего объекта – четырехэтажного здания серии ИИ 20/70, рассчитанные согласно [3], имеют следующие значения:

$$I_{\text{с}}^{\Phi} = 14,18 \text{ мм}; I_{\text{Г}}^{\Phi} = I_{\text{Г}}^{\text{К}} = 18,04 \text{ мм}; I_{\text{Р}}^{\text{К}} = 7,20 \text{ мм}; I_{\text{и}1,2}^{\text{К}} = 25,61 \text{ мм}; \\ I_{\text{и}3,4}^{\text{К}} = 25,61 \text{ мм}.$$

$$\text{Тогда } K_{cp} = 0,74.$$

Технологические допуски, определяемые по выражению (3), имеют следующее значение:

$$\Delta_{\text{с}}^{\Phi} = 10,50 \text{ мм}; \Delta_{\text{Г}}^{\Phi} = \Delta_{\text{Г}}^{\text{К}} = 13,36 \text{ мм}; \Delta_{\text{Р}}^{\text{К}} = 5,33 \text{ мм}; \\ \Delta_{\text{и}1,2}^{\text{К}} = \Delta_{\text{и}3,4}^{\text{К}} = 18,96 \text{ мм}.$$

Расчеты вероятностным методом допусков высотного положения строительных конструкций с применением разных способов показывают различные результаты.

При использовании способа попыток, рекомендованного ГОСТом [2], технологические допуски на разбивочные и строительно-монтажные работы выбираются из СНиПов, а на изготовление деталей – из стандартов.

Практика строительства показывает, что эти нормы не всегда выполняются, а поэтому допуски, рассчитанные вероятностным методом с использованием способа попыток, недостаточно обоснованы и не обеспечивают собираемость строительных конструкций.

При расчете способом равных допусков получены нормы точности на все технологические операции равными, что не соответствует действительности. Распределение суммарного (функционального) допуска между технологическими носит приближенный характер и вопрос о рациональном назначении технологических допусков остается не решенным.

При расчете вероятностным методом с применением способа равной точности допуски на все технологические операции определяются по одному (среднему) коэффициенту точности. Этот способ позволяет более рационально распределить суммарный (функциональный) на все технологические операции на стадии проектирования зданий.

Тогда точность (средняя квадратическая погрешность) передачи высотных отметок в стаканы фундаментов и низ колонн будет

$$m_{\text{Г}}^{\Phi} = m_{\text{Г}}^{\text{К}} = 13,36 / 4 = 3,34 \text{ мм}, \text{ а разбивки отметок наверх колонн} \\ m_{\text{Р}}^{\text{К}} = 5,33 / 4 = 1,33 \text{ мм}.$$

Точность геодезических разбивочных работ в строительстве регламентируется СНиП 3.01.03-84 [4].

Разбивочные работы в процессе строительства должны обеспечивать вынос в натуру частей и конструктивных элементов зданий от пунктов геодезической разбивочной основы с заданной точностью.

Средняя квадратическая погрешность отсчета («взгляда») m_B с использованием нивелира Н-3 и трех метровой рейки зависит главным образом от m_y – средней квадратической погрешности приведения визирной оси в горизонтальное положение; m_o – средней квадратической погрешности отсчетов по рейке; m_d – средней квадратической погрешности нанесения делений на рейке и выражается формулой:

$$m_B = \sqrt{m_y^2 + m_o^2 + m_d^2} \quad (6)$$

Величина m_y зависит в основном от цены деления уровня τ и расстояния от нивелира до рейки S и определяется по формуле (при использовании Н-3) [6]:

$$m_y = \pm(m_{yp} \cdot S)/\rho'', \quad (7)$$

где m_{yp} – средняя квадратическая погрешность установки пузырька уровня в нуль-пункт.

Средняя квадратическая погрешность отсчетов по трехметровой рейке с сантиметровыми делениями определяется, согласно [6], по формуле:

$$m_o = \pm \left(\frac{0,20 \cdot S}{V} + 0,03t \right) \text{мм}, \quad (8)$$

где V – увеличение зрительной трубы нивелира,

S – расстояние от нивелира до рейки в м,

t – наименьшая цена деления рейки.

Средняя квадратическая погрешность нанесения делений на рейке составляет $m_d = 0,5$ мм (предельная погрешность 1 мм).

Средняя квадратическая погрешность выноса отметок стаканов фундамента и граней колон определится по выражению:

$$m_\Gamma^\Phi = m_\Gamma^K = \sqrt{m_{B1}^2 + m_{B2}^2 + m_{nn}^2}, \quad (9)$$

где m_{nn} – средняя квадратическая погрешность из-за несоблюдения главного условия нивелира при неравенстве плеч, определяемая по выражению

$$m_{nn} = \varepsilon''(S_1 - S_2) \frac{1}{\rho''}. \quad (10)$$

Для нивелира Н-3 $\varepsilon'' = 10''$, так как допускается $m_{nn} = 4$ мм на 75 метров.

При расстоянии от нивелира до реек 40 м и 10 м (неравенство плеч до 30 м)

$$m_\Gamma^\Phi = m_\Gamma^K = 1,7 \text{ мм}$$

СНиП на геодезические работы в строительстве для зданий до 5 этажей регламентирует $m_\Gamma^\Phi = m_\Gamma^K = \pm 3$ мм. Значит точность передачи высотных отметок будет обеспечена, т.к. $m_\Gamma^\Phi = m_\Gamma^K = 1,7 \text{ мм} < 3 \text{ мм}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 3.03.01 – 87. Несущие и ограждающие конструкции. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1988. – 140 с.
2. ГОСТ 21780 – 83 (СТ СЭВ 3740 - 82) Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Расчет точности. Госстрой СССР. – М.: Изд – во стандартов, 1984. – 13 с.
3. ГОСТ 21779 – 82 (СТ СЭВ 2681 – 80) Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски. Госстрой СССР. – М.: Изд – во стандартов, 1982. – 22 с.
4. СНиП 3.01.03 – 84. Геодезические работы в строительстве. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 28 с.
5. Столбов Ю.В. Теоретические основы назначения допусков на геодезические разбивочные и строительно-монтажные работы с учетом ответственности сооружений. // Геодез. обесп. стр-ва, монт. и экспл. инж. соор.: Межвед. темат. сб. науч. тр. / НИИПГ. – М.: ЦНИИГАиК, 1991. – С.38 – 41.
6. Практическое пособие по метрологическому обеспечению строительного. – М.: Стройиздат, 1975.- 64 с.

© С.Ю. Столбова, И.П. Савицкий, К.С. Кокуленко, 2009

УДК 528.48:681.7

В.А. Скрипников

СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ДЕФОРМАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

V.A. Skripnikov

SSGA, Novosibirsk

APPLICATION OF HIGH-PRECISION OPTO-ELECTRONIC INSTRUMENTS FOR MEASURING ENGINEERING STRUCTURES DEFORMATIONS

The author presents the results of using TCRP 1201+ total station for horizontal displacement observation. The recommendations are given concerning measurement accuracy improvement.

В настоящее время в геодезическом производстве, при определении осадок и горизонтальных смещений инженерных сооружений, применяются различные типы высокоточных оптико-электронных приборов, в частности, электронные тахеометры с автоматическим наведением на отражатели и электронные нивелиры.

На кафедре инженерной геодезии и информационных систем Сибирской государственной геодезической академии накоплен опыт применения указанных приборов при определении осадок и деформаций сооружений нефтегазодобывающих предприятий и сооружений электростанций.

Наиболее интересным представляется опыт применения электронного тахеометра TCRP 1201+ при определении горизонтальных смещений бетонных сооружений плотины Новосибирской ГЭС.

Горизонтальные смещения бетонных сооружений определялись совмещённым способом. Смещения опорных пунктов определялись относительно исходных пунктов построением линейно-угловой сети, смещения контрольных пунктов определялись створными измерениями относительно опорных пунктов. Линейно-угловые измерения на опорных пунктах выполнялись при постоянном вибрационном воздействии от работающих гидроагрегатов. Тем не менее, угловые невязки в треугольниках сети не превысили 1". Средние квадратические погрешности определения координат опорных пунктов не превысили 1 мм.

Исходя из опыта работы, следует отметить, что при кратковременном появлении препятствия в створе во время измерений, при автоматическом наведении (во время точной доводки), возможны недоведение зрительной трубы на визирную цель.

Для исключения возможных погрешностей в работе, следует рекомендовать нескольких приёмов измерения горизонтальных направлений выполнять при ручной наводке зрительной трубы на визирные цели.

Заявленная изготовителем точность автоматического наведения составляет 1 мм. В лабораторных условиях были выполнены многократные отсчёты по горизонтальному кругу при однократном наведении на отражатель (рис. 1, А) и измерения при смещении зрительной трубы перед отсчётом (рис. 1, Б).

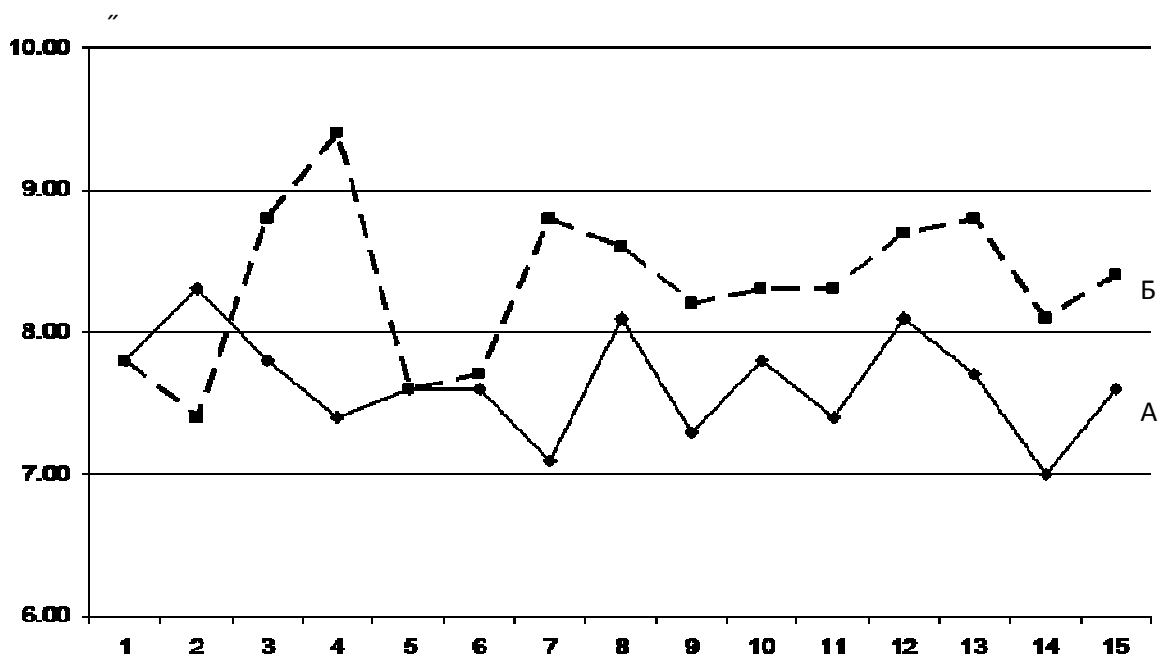


Рис. 1. График изменения отсчётов по горизонтальному кругу при многократных отсчётах

Анализируя данные измерений, можно сделать вывод о том, что, при высокоточных измерениях, следует учитывать некоторую нестабильность в первых отсчётах при автоматическом наведении и наличие некоторой систематической составляющей в разностях отсчётов двух способов наведения на визирную цель.

Для определения точности измерения малых смещений в лаборатории на расстоянии 5 и 25 метров от прибора был установлен отражатель на подвижной марке. При выполнении измерений марка была смещена на 1 мм от створа. Результаты одной из серий измерений приведены на рис. 2.

На основании приведённых на рис. 2 данных измерений, можно сделать вывод о соответствии точности измерений паспортной точности прибора.

Погрешности измерений нестворности не превышают 0.05 мм на расстоянии до 25 м при измерении нестворности от 5 до 15 приёмами. Отклонения от истинного значения имеют случайный характер.

Применение электронных нивелиров при высокоточных измерениях показывает их высокую эффективность при наличии рекомендованных для электронных нивелиров условий измерений, которые не всегда совпадают с общепринятыми понятиями хороших условий измерений. В частности, как

показывает опыт измерений, наблюдения в утреннюю и вечернюю видимость практически невозможны при направлении хода «запад-восток», при ясной погоде, из-за засветки объектива. Вибрационные воздействия на нивелир, присутствующие на промышленных площадках, значительно понижают паспортную точность измерений. Наличие технологического оборудования на уровне горизонта инструмента также затрудняет выполнение измерений.

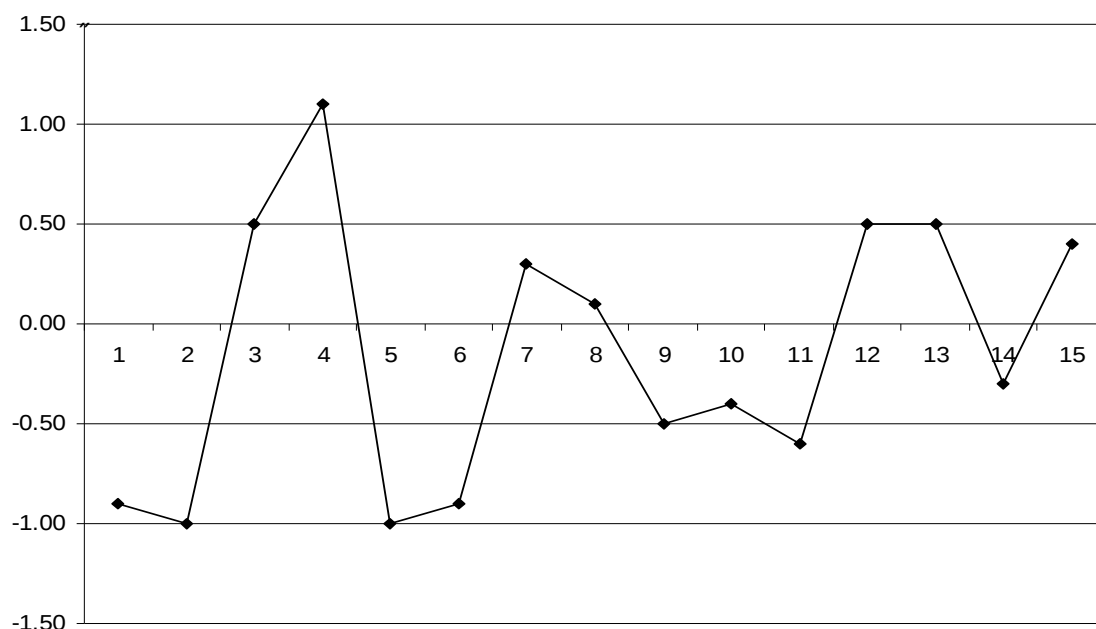


Рис. 2. График отклонений измеренного горизонтального угла от его истинного значения

Таким образом, при высокоточных измерениях, необходимы дополнительные исследования электронных средств измерений. Кроме того, программа измерений должна предусматривать промежуточные визуальные методы контроля качества измерений.

© В.А. Скрипников, 2009

УДК 528.9, 332.3

П.Н. Карташов

Екатеринбург

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО КЛАССИФИКАТОРА И ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СОЗДАНИИ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПРАВИЛ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ЗАСТРОЙКИ

P.N. Kartashov

Ekaterinburg

USE OF OBJECT-ORIENTED CLASSIFIER AND GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR CREATING CARTOGRAPHIC BASIS OF LAND USE AND DEVELOPMENT RULES

This article is devoted to some practical application of distributed object-oriented geo-information technologies in the preparation of cartographic basis of municipal regulations.

Структура объектно-ориентированных баз данных (БД) географических информационных систем (ГИС) определяется объектно-ориентированным классификатором системы единиц топологически-связанной информации (классификатор).

Классификатор предназначен для определения логики построения БД ГИС, где знания об объектах формируются из системы единиц физических величин свойств объектов окружающей среды.

Классификатор системы единиц геодезической информации позволяет:

- Систематизировать и отображать объекты окружающей среды и их свойства в установленном виде;
- Связывать географические отображения объектов с их описательной (атрибутивной, семантической) информацией;
- Формировать виртуальное информационное пространство.

Информационное пространство W базы данных ГИС описывает множество объектов O_N :

$$W = \{O_1, O_2, \dots, O_N\}.$$

множество объектов O_N представлено множеством элементов физических единиц информации:

$$O_N = \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{in}\},$$

где $i = 1, 2, \dots, N$; S - элементы множества O_i , n – количество физических единиц информации.

Очевидно, что O_N является объемом векторно-семантической информацией размерности n , так как является упорядоченным множеством элементов физических единиц.

Отображение этих физических величин определяется требованиями к условиям отображения свойств объектов.

Например:

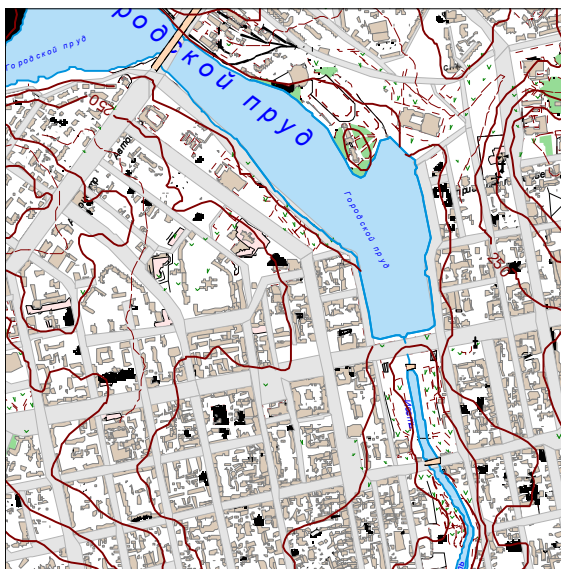
- Для отображения свойств объектов в виде топографических карт формы отображения определяются условными знаками для топографических карт и планов;

- Для карт зонирования правил землепользования и застройки – условные знаки градостроительного зонирования территорий и т.п.

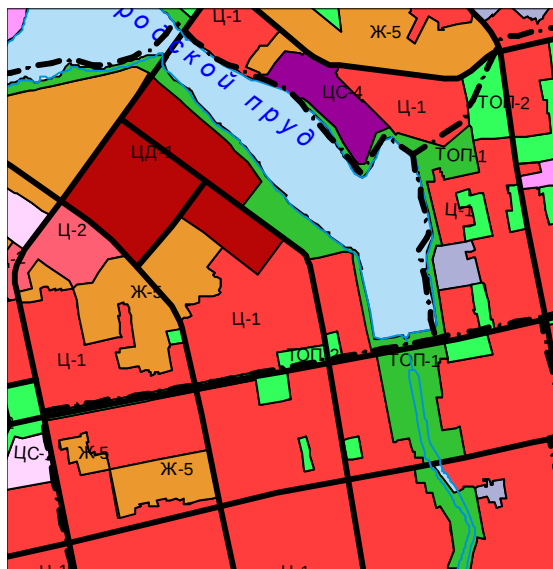
То есть один и тот же объект может отображаться на экране или быть напечатанным различно в зависимости от условий, определенных потребителем.

Далее приведены фрагменты отображения информационного пространства W в виде топографической основы и карты зонирования территории.

Фрагмент топографической карты

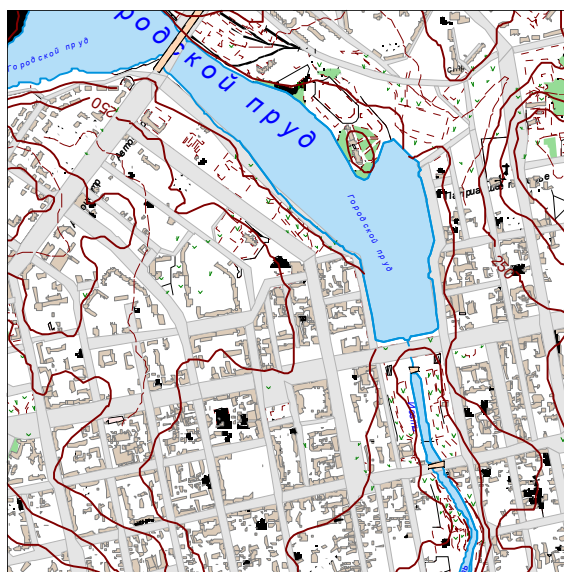


Фрагмент карты градостроительного зонирования муниципального образования

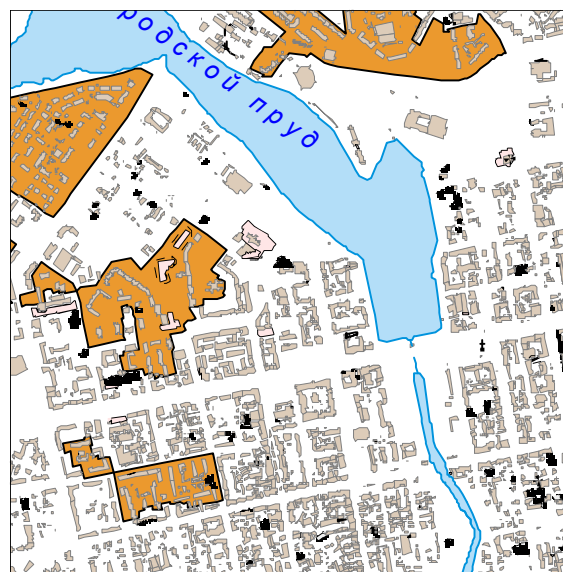


Объекты «здания и сооружения» топологически связаны с объектами «зоны», что дает возможность сформировать зону многоэтажной жилой застройки (сложные объекты) и напечатать тематическую карту зонирования. Наличие топологических связей позволяет составить карты зонирования в срок, установленный Градостроительным кодексом РФ.

Объекты общественного назначения



Зона многоэтажной жилой застройки



Приведенная ниже схема представляет организацию совокупного содержания данных и принципы систематизации.



1. Блок исходной информации обеспечивает базу данных предварительно обработанной и подготовленной исходной информацией. Систематизирует информацию по первичным признакам, обеспечивает получение однозначного конечного результата.

2. Блок базы данных объектно-ориентированной пространственной информации обеспечивает возможность анализа и систематизации исходной информации, формирование цифровой распределенной пространственно-ориентированной системы и отображение свойств объектов (в том числе в подобном исходному материалу виде).

3. Блок базы данных форм отображения пространственной информации обеспечивает распределенную базу данных информацией и ресурсами, предоставляет возможность манипулировать информацией (измерять расстояния, преобразовывать изображения, производить отбор, генерализацию, и т. п. мероприятия).

4. Блок отбора информации по тематическим фильтрам позволяет формировать изображение свойств объектов определенных пользователем, разгружать или заменять одни стили отображения на другие, снижать зрительную нагрузку создаваемого документа.

5. Блок изображения свойств объектов на стандартных носителях позволяет составлять форму изображения свойств объектов для воспроизведения их печатающими устройствами.

6. Блок формирования объектной модели окружающего пространства. Позволяет представлять в том или ином объективном виде данные, систематизированные внутри распределенной базы данных объектно-ориентированной информации.

В результате использования представленной технологии формируется распределенная БД. Распределенная БД позволяет участвовать большому количеству специалистов в процессе составления карты на всех этапах ее подготовки одновременно. Участие большого числа ответственных специалистов повышает достоверность информации за счет взаимоконтроля информационных потоков. Сроки составления карты уменьшаются за счет исключения дублирования информации.

Геоинформационная технология создания распределенной объектно-ориентированной базы данных ГИС дает возможность не только формировать информационное пространство W за счет непосредственного внесения множества сведений об элементах физических единиц информации объектов O_N , но и подключать информационные блоки картографически-ориентированных и административно-ориентированных БД. Картографически-ориентированные БД описывают информационное пространство в виде цифровых карт, где единицей физических величин является картографический условный знак. Административно-ориентированная БД описывает информационное пространство в виде семантических многоуровневых таблиц. Местоположение объекта носит описательный характер – адрес, расположение относительно другого объекта и т.п. Картографическое отображение местоположения объекта может присутствовать в виде справочных схем и абрисов.

Объединение сведений БД различных типов и назначений, в том числе ранее собранной и систематизированной информации, в единое информационное пространство дает возможность экономить ресурсы не только в процессе формирования ГИС, но и в процессе ее содержания (обновления).

© П.Н. Карташов, 2009

УДК 528.4

А.В. Мальков, Д.В. Баландин, М.Н. Большакова, А.В. Знаменский
ОАО «Уральские газовые сети», Екатеринбург

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ГАЗА ОАО «УРАЛЬСКИЕ ГАЗОВЫЕ СЕТИ»

A.V. Malkov, D.V. Balandin, M.N. Bolshakova, A.V. Znamensky
JSC «URAL GAS NETWORK», Ekaterinburg

AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF GAS DISTRIBUTION OF THE JSC «URAL GAS NETWORK»

This article is devoted to the review of the automated control system of gas distribution of the JSC «Ural Gas Network». It deals with the introduction of modern GIS technology in the management and planning of gas distribution.

Анализ существующего порядка по учету объектов газового хозяйства, коммуникаций, объектов капитального строительства и т.д. показывает, что система учета, основанная на разрозненных информационных технологиях или ручном способе ведения, уже не удовлетворяет требованиям современного делопроизводства. Это тормозит развитие предприятия в условиях новой экономической политики.

Основные информационные ресурсы предприятия должны вестись в рамках комплексной интегрированной информационной системы (АСУ ТП), которая, являясь мощным рычагом регулирования хозяйственной и профессиональной деятельности, призвана, в первую очередь, усовершенствовать систему учета объектов газового хозяйства, проектно-планировочной и изыскательской документации, регламентировать техническое обслуживание и ремонт оборудования.[1]

Главная особенность автоматизации больших предприятий и учреждений, характеризующихся широкой номенклатурой входных данных состоит в невозможности сформулировать четкие требования к системе на начальных этапах анализа и проектирования. Нерешенные вопросы и ошибки, допущенные на этапах анализа и проектирования, впоследствии порождают трудные, часто неразрешимые проблемы и, в конечном счете, приводят к неуспеху всего проекта.

Простое тиражирование даже очень хорошей системы управления предприятием никогда не устроит заказчика полностью, поскольку не может учесть его специфики. Более того, в данном случае возникает проблема выбора именно той системы, которая наиболее подходит для конкретного предприятия. [2]

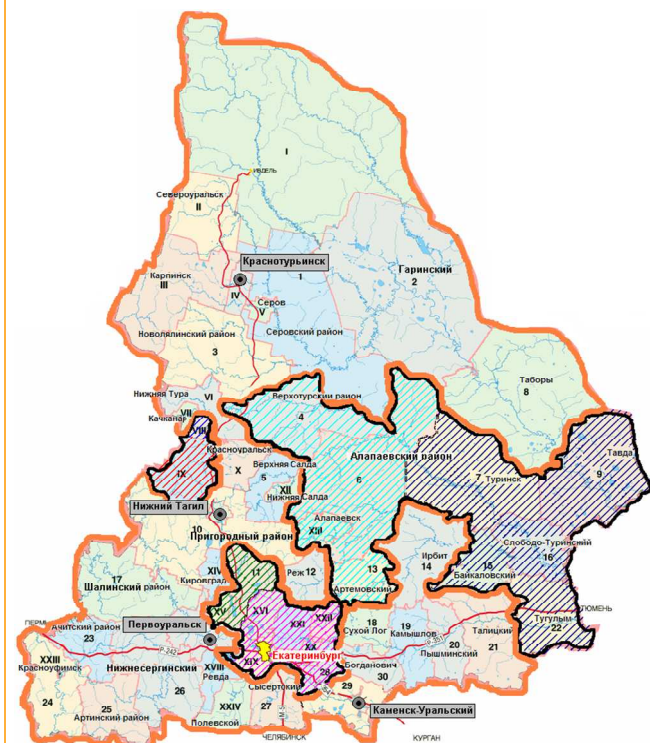
В связи с этим, перед отделом АСУ ТП ОАО «Уральские газовые сети» была поставлена задача разработки собственной автоматизированной системы управления распределением газа (АСУРГ).

Основные цели создания и предназначение системы это:

- Обеспечение надежного функционирования и развития систем газоснабжения;
- Обеспечение централизованного оперативно-технологического управления производственными процессами;
- Интеграция систем нижнего уровня с верхними (центральной диспетчерской службой, производственно-диспетчерскими службами, производственными службами и бизнес-подразделениями округов и центрального офиса);
- Достижение экономии финансовых и энергоресурсов, за счет поддержания оптимальных режимов эксплуатации оборудования и транспорта;
- Сокращение численности обслуживающего персонала;
- Обеспечение соблюдения установленных технологических параметров функционирования систем газоснабжения.

К особенностям системы можно отнести ее геоинформационную направленность и распределенность, так как основные объекты учета вводятся в систему с привязкой к территории, также имеется большое количество территориально обособленных подразделений обслуживающих различные участки.

ОАО «Уральские газовые сети» в Свердловской области



Обособленные подразделения ОАО «Уральские газовые сети»

Северный округ
КЭС г. Ивдель
КЭС г. Североуральск
КЭС г. Карпинск
КЭС г. Карпинск Волчанский участок
КЭС г. Крестовый
КЭС г. Серов
ЭС п. Гари
ЭС п. Сосьва
КЭС п. Лобва
КЭС г. Новая Ляля

Горнозаводской округ
КЭС г. Нижняя Тура
КЭС г. Качканар
КЭС г. Красноуральск
КЭС г. Верхняя Салда
КЭС г. Нижний Тагил
КЭС п. Новоасбест
КЭС г. Кировград
КЭС г. Верхний Тагил
КЭС г. Реж

Западный округ
КЭС г. Первоуральск
ЭС п. Шаля
ЭС п. Ачит
ЭС г. Краснофимск
ЭС п. Арты
ЭС п. Бисерть
ЭС г. Михайловск
ЭС г. Нижние Серги
КЭС г. Рева
ЭС г. Дегтярск
КЭС г. Полевской
ЭС г. Арамилы
ЭС г. Сысерть

Южный округ
КЭС г. Каменск-Уральский
КЭС п. Дзуреченский
КЭС г. Богданович
КЭС г. Сухой Лог
КЭС г. Камышлов
КЭС п. Пышма
КЭС г. Талица
КЭС п. Тугулым
КЭС с. Байкалово
КЭС с. Байкалово Слободо-Туринский уч.
КЭС г. Ирбит
КЭС г. Туринск
КЭС г. Тавда

«ГАЗПРОМ» – ГАЗОВЫЙ ХОЛДИНГ

Система АСУРГ

Для создания автоматизированной системы были проведены следующие мероприятия:

- Анализ информации, накопленной внутри подразделений;
- Создание технологии наполнения и ведения единой базы данных;
- Построение схемы взаимодействия пользователей системы;
- Создание распределенной информационной сети (включая телекоммуникации) для осуществления информационного обмена между различными структурами и подразделениями;
- Разработка формализованных документальных форм, выдаваемых системой.[3]

Общая схема системы выглядит следующим образом:



Масштабность стоящей проблемы, дефицит финансовых и материальных ресурсов требуют выделения первоочередных задач, в связи с этим, происходит поэтапное внедрение системы в эксплуатацию.

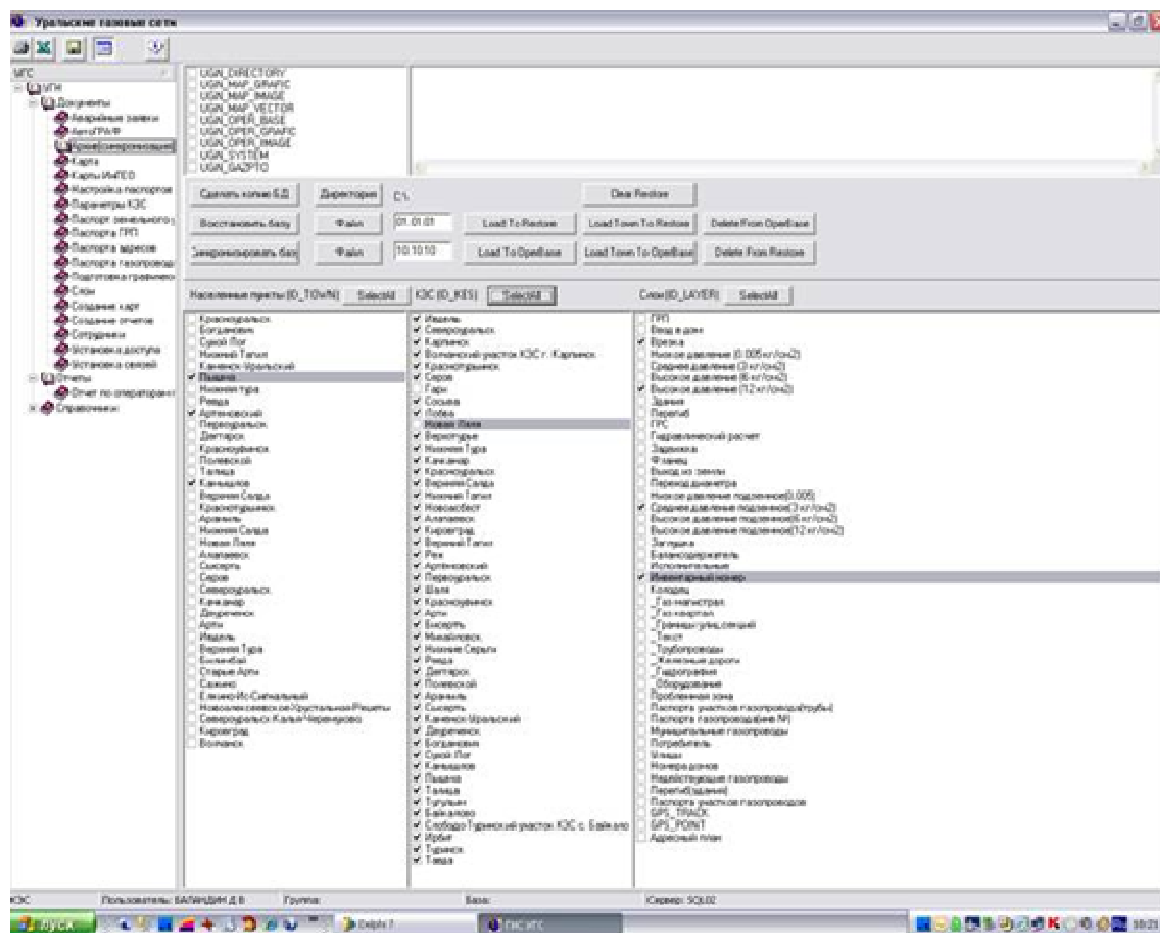
Этапы решения поставленных задач

- Установка систем телеметрического контроля ГРП
- Разработка программного обеспечения, позволяющего решать поставленные задачи (минимальная конфигурация)
- Создание единой базы данных, синхронизация изменений
- Разграничение прав доступа, гибкая настройка
- Паспортизация и инвентаризация всех объектов инженерной сети
- Приобретение и создание картографической подосновы требуемой точности
- Нанесение сетей газораспределения на картографическую подоснову с исполнительных съемок
- Разработка и внедрение системы учета и анализа аварийных заявок
- Разработка и внедрение системы мониторинга автотранспорта
- Разработка системы гидравлического расчета
- Связь данных с бухгалтерским учетом и системой учета газа

Состояние системы

На 01.01.2009 программное обеспечение обеспечивающее работу системы установлено в 18 городах области.

В ГИС имеются карты 36 городов Свердловской области, обслуживаемые ОАО «Уральские газовые сети», ведется работа по неохваченным населенным пунктам (заключение договоров на покупку и выведение топографических планов из под грифа ДСП).



Созданы электронные паспорта практически на все объекты инженерной сети. Нанесено более 400 км газовых сетей, полностью нанесены газовые сети 4 городов, до конца 2009 года, планируется нанести все сети.

Установлено 137 комплектов телеметрии (часть смонтирована и находится на стадии ввода в эксплуатацию). Вся информация телеметрии поступает в единую БД системы.

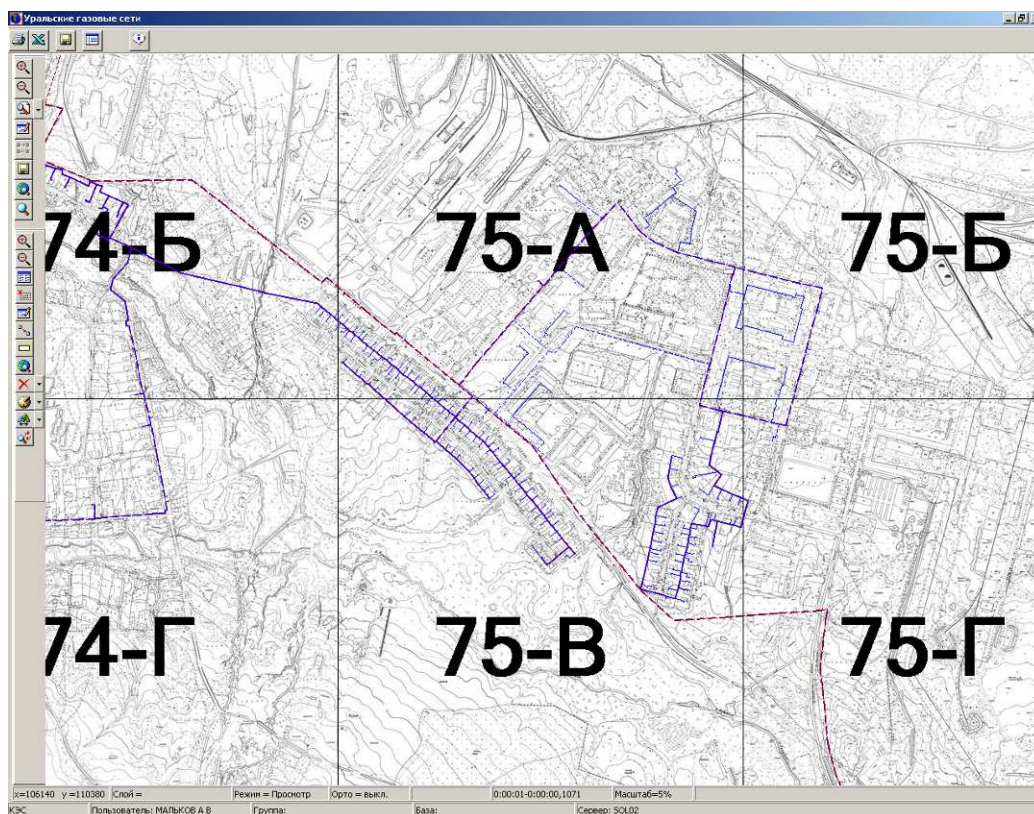
Мониторинг с использованием спутниковых навигационных систем находится в стадии тестирования (идет эксплуатация на 10 автомобилях и 8 переносных приемниках)

Связь с бухгалтерским учетом, проработка связей и переход на единые справочники, планируется на конец 2009 г.

Нанесение газораспределительной системы на карты городов

Общая протяженность газораспределительных сетей ОАО «Уральские газовые сети» более 2 тыс. км.

Все газораспределительные сети наносятся с наложением на исполнительную геосъемку, что обеспечивает требуемую в большинстве случаев точность.



В ГИС по объектам газового хозяйства информация классифицируется следующим образом:

- Газопроводы (надземные, подземные, разного давления)
- Газораспределительные пункты (ГРП, ШРП)
- Газовые задвижки (ГЗ)
- Газовые колодцы (ГК)
- Катодные станции (КС)
- Контрольные устройства (КТ, КУ, КП)
- Прочие коммуникации

При необходимости есть возможность нанесения по координатам, а также с использованием GPS/ГЛОНАСС приемников.

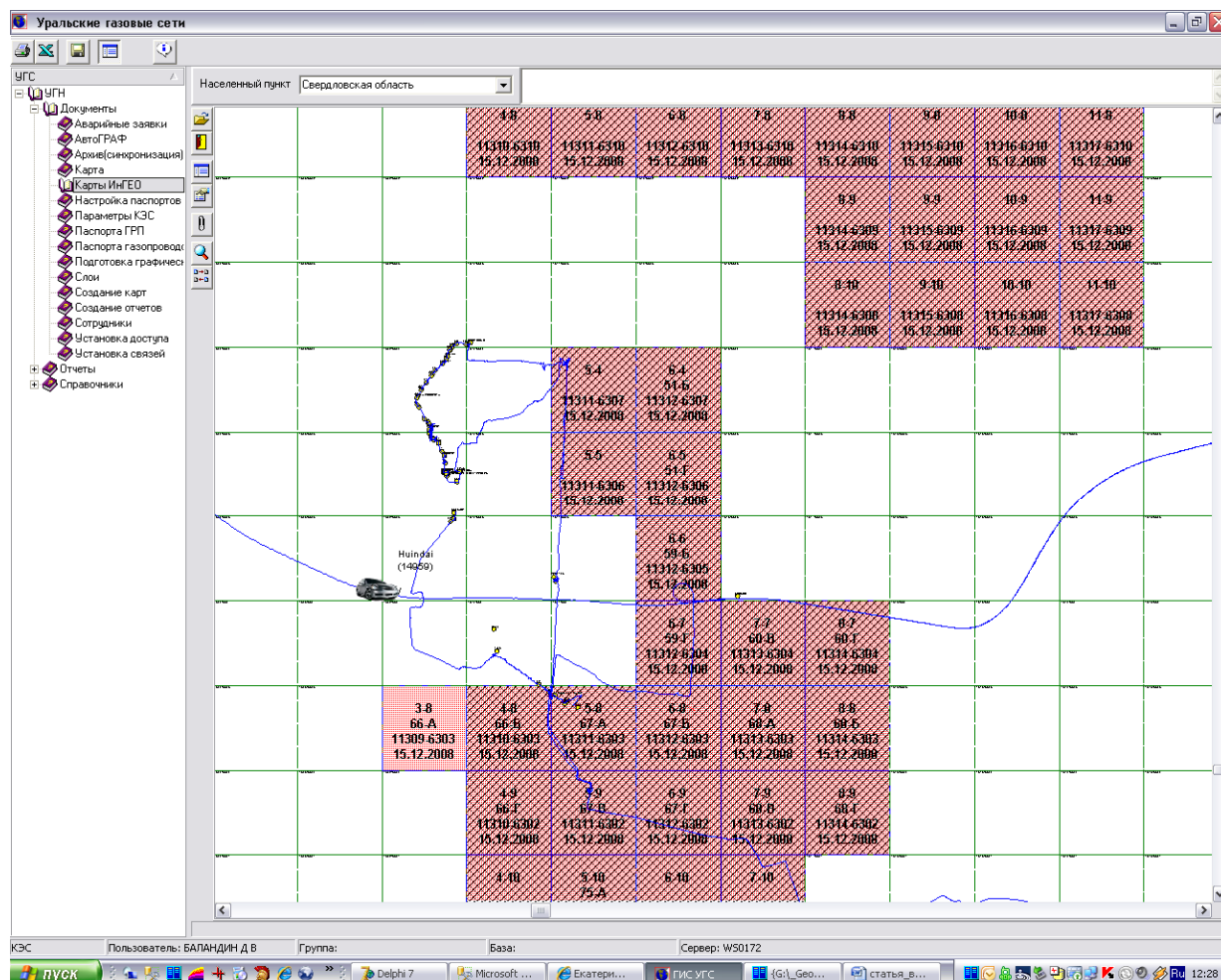
Картография

В качестве основного картографического материала при нанесении газораспределительных сетей — используются разгруженные крупномасштабные топографические планы населенных пунктов масштаба 1:2000 в условной системе координат.

В первоначальном варианте использовалась условная местная система координат размерами 20x20 км, для каждого населенного пункта, однако, в настоящий момент выявились ее недостатки в связи с необходимостью нанесения протяженных объектов (межпоселковые газопроводы), и большим количеством достаточно удаленных мелких населенных пунктов, не имеющих собственных обособленных подразделений, но обслуживаемых предприятием.

Для решения этих проблем на территорию Свердловской области имеется мелкомасштабная векторная карта в проекции Гаусса-Крюгера масштаба 1:200000, при изменении масштаба, происходит переход на растровый уровень крупномасштабных топографических планов, с отображением сетей газоснабжения.

Для учета имеющегося картографического материала и однозначной его идентификации, введена система условных номенклатур. На всю имеющуюся территорию, наложена километровая сетка, задающая деление карты на листы.

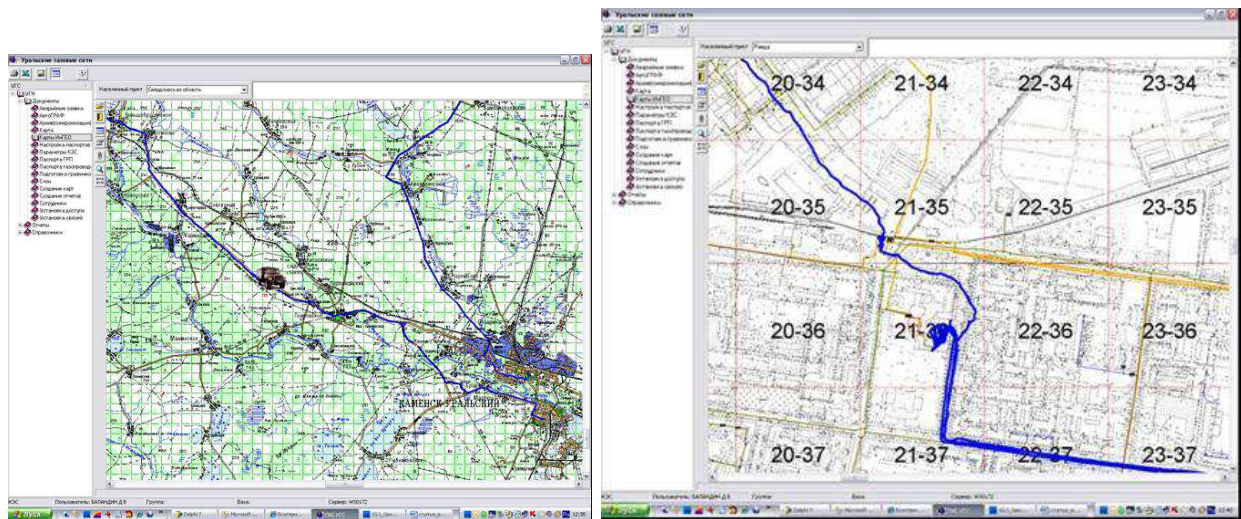


Каждый лист карты имеет идентификатор - координаты своего левого нижнего угла в км., например [11310-6303], помимо данных номенклатур, каждый лист имеет локальный идентификатор, для совместимости с первоначальным вариантом, а также номенклатуру, соответствующего листа топографического плана М 1:2000 для населенных пунктов, если таковые имеются в наличии. Такая схема позволяет легко осуществлять переход в требуемые системы координат.

Мониторинг автотранспорта и обходчиков

Для решения задачи мониторинга автотранспорта предприятия используется карта масштаба 1:200000 и осуществляется следующий пересчет координат WGS84 – СК95 – проекция ГК для 11 территориальной зоны.[4]

Мониторинг автотранспорта осуществляется в режиме реального времени, путем приема данных с выделенного Internet-сервера, на который поступает информация с приборов, установленных на автомобили.



Параллельно решается задача обновления карты автодорог на топооснове по полученным в результате мониторинга трекам.[5]

Для мониторинга путей следования обходчиков – используются разгруженные крупномасштабные топографические планы масштаба 1:2000 – 1:5000 с нанесенными сетями газоснабжения.

Мониторинг осуществляется в режиме постобработки, после сдачи обходчиком приемника, при необходимости анализа информации о перемещениях.

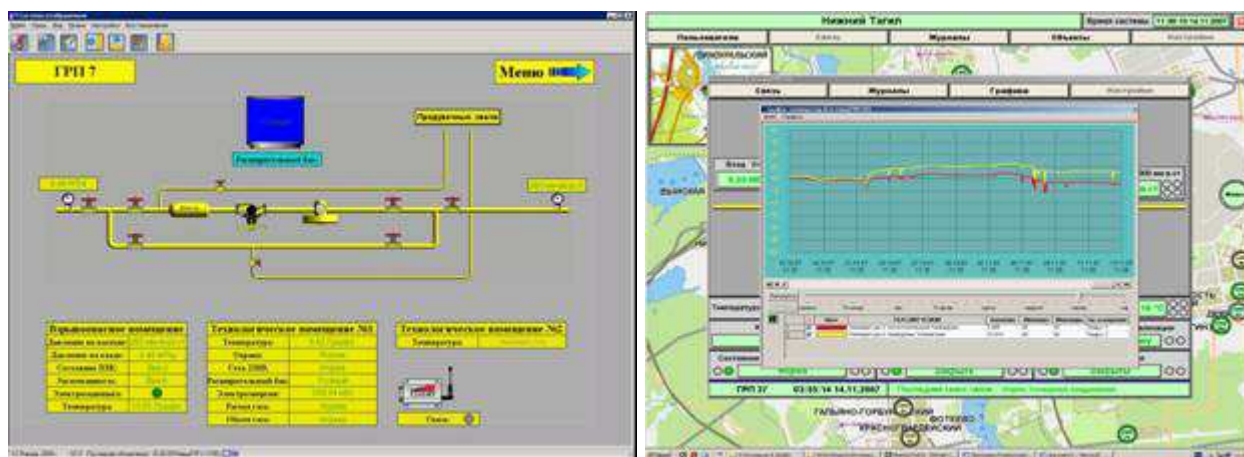
Телеметрия

Для осуществления оперативного контроля за объектами газового хозяйства в большинстве газораспределительных пунктов установлены датчики телеметрии, для осуществления круглосуточного контроля.

Параметры телеметрии выводятся на пульт диспетчера комплексно-эксплуатационной службы и в центр управления с отображением в виде таблиц и на электронной карте.

Контроль происходит по следующим параметрам:

- Давление на входе и выходе
- Температура в помещении, теплоносителя системы отопления
- Загазованность основного и вспомогательного помещения
- Вскрытие дверей основного и вспомогательного помещения
- Контроль открытия/закрытия ПЗК
- Расход газа



Имеется возможность управлять параметрами работы объекта с пульта диспетчера при установке в ГРП необходимых исполнительных механизмов.

Данные телеметрии архивируются на сервере, за весь промежуток работы объектов.

Сохраненные данные можно анализировать в различных разрезах (в том числе и графики), с возможностью распечатки данных либо выгрузки в электронные таблицы для последующего анализа или дополнительной обработки.

Заключение

В данной статье мы попытались упрощенно рассмотреть и проанализировать основные этапы создания и внедрения автоматизированной информационной системы управления распределением газа (АСУРГ) в ОАО «Уральские Газовые сети».

АСУРГ является комплексной интегрированной системой, которая объединяет в себе информацию из многих источников, и предоставляет пользователям единый интерфейс для управления и планирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сурнин А.Ф. «Муниципальные информационные системы. Опыт разработки и эксплуатации», Обнинск, 1998 г.
2. Калянов Г.Н. Консалтинг при автоматизации предприятий (подходы, методы, средства) // М.: СИНТЕГ, 1997, -316с.
3. Баронов В.В., Калянов Г.Н., Попов Ю.И., Рыбников А.И., Титовский И.Н. Автоматизация управления предприятием // М.: ИНФРА-М, 2000, -239с.
4. Соколов И.А., Мартыненко А.И., Тагунова О.В. «Геоинформационные технологии» - М. МГТУ, 2005.
5. А.М. Берлянт «Картография и телекоммуникация (аналитический обзор)» – М.: МГУ, 1998.

© А.В. Мальков, Д.В. Баландин, М.Н. Большакова, А.В. Знаменский, 2009

УДК 528.4

Ashraf Abdel Wanis Beshr

SSGA, Novosibirsk

SMART STRUCTURES SYSTEM, AN ADVANCED TECHNIQUE FOR STRUCTURAL HEALTH MONITORING

Ашраф Абдель Ванис Бешр

СГГА, Новосибирск

СИСТЕМА «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ» СООРУЖЕНИЙ, СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ

Смарт-структура – это технология самоконтроля и составления диагностических отчетов. «Интеллектуальное» сооружение – это структура, которая обладает способностью приспосабливаться к заранее заданным полезным и эффективным способам реагирования на изменения состояния окружающей среды, а также к любым изменениям в самих сооружениях. Система «интеллектуальных» сооружений может рассматриваться в качестве передовой технологии мониторинга деформаций сооружений и оборудования.

В данной статье рассматривается технология «интеллектуальных» сооружений, их компоненты, преимущества и недостатки.

Smart structure is that structure which has the ability to respond adaptively in a pre-designed useful and efficient manner to change in environmental conditions, as also any changes in its own condition. Smart structures system can be regarded as an advanced monitoring technique; it can give useful information about the health of the monitored structure both during the construction phases and in the long term of the structure's life. The world renames the smart structures as «*The structures for the future*» and «*The search for quality structure*». There is a growing interest in the area of smart structures. Research on smart or intelligent structures system has been going on over two decades, but it has been mainly in the field of mechanical engineering or focusing on space structures [3]. Smart structures and intelligent systems are topics of great interest at present, smart planes, smart space ships, smart bridges and highways, to mention a few, are examples of the fast developing area of smart structure systems in which an advanced combination of materials, sensors, actuators control and processing need to be blended suitably for achieving the end result.

Smart materials and structures technology have many applications in civil engineering; these applications include structural control, health monitoring and structural repair of civil structures. The potential benefit of smart structures technology may be improved system reliability, enhanced system performance and improved safety against

natural vibration [2]. This thesis presents an overview of this technology throughout description the smart structures technology, its components, advantages and limitations.

1. *Smart systems*

Smart systems trace their origin to a field of research that envisioned and materials that could stimulate human muscular and nervous systems. The essential idea of smart system is to produce non-biological systems that will achieve the optimum functionality observed in biological systems through emulation of their adaptive capabilities and integrated design. By definition, smart materials and smart structures - and by extension smart systems - consist of systems with sensors and actuators that are either embedded in or attached to the system to form an integral part of it. The system and its related components from an entity that will act and react in a predicted manner, and ultimately behave in a pattern that emulates a biological function [2]. The human body is considered as an ideal or ultimate smart system. One of the first attempts to use the smart materials technology involved materials constructed to do the work of electromechanical devices. Since, many types of sensors and actuators have been developed to measure or excite a system.

The drive to innovation is than applications have increased tremendously, and the prospects of smart technologies to achieve them are very promising. Figure 1 summarizes these interrelationships.

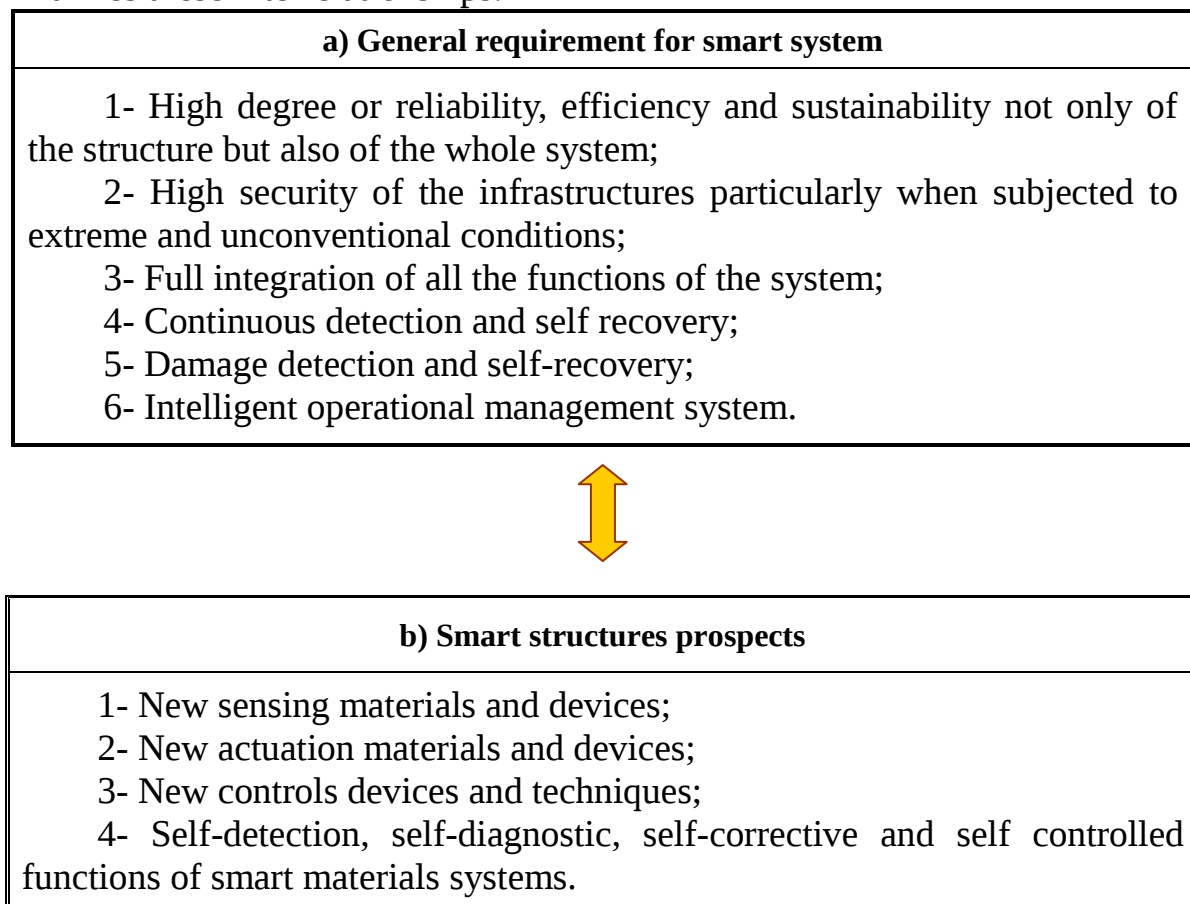


Figure 1. Smart systems for engineering applications

2. Smart structures

Smart structures are designed to react with their environment by the use of integrated sensors, and actuators in their body. Such structures not only can monitor the health of their body but also forewarn about the onset of abnormalities in their states and hence the impending failures. There are many advantages in such a system: less down time, less frequent maintenance, better utilization of material usage and improved safety, reliability and economy.

From a technology viewpoint, smart structures can be understood to mean the integration of sensors, actuators and controls with a structural component so as to achieve adaptive functionality. The success of such a scheme will mainly depends on the ability to engineer biologically inspired materials systems with intelligence and life features. Electrorheological fluids, shape memory alloys, piezoelectric, magnetostrictive, and electrostrictive materials can all serve both as sensors and actuators. It is clear that smart sensors are not standing alone devices but to be integrated within the body of materials and systems.

As described, a smart structure is a system that incorporates particular functions of sensing and actuation to perform smart actions in an ingenious way. The basic five components of a smart structure are summarized as follows in figure 2 [1, 3].

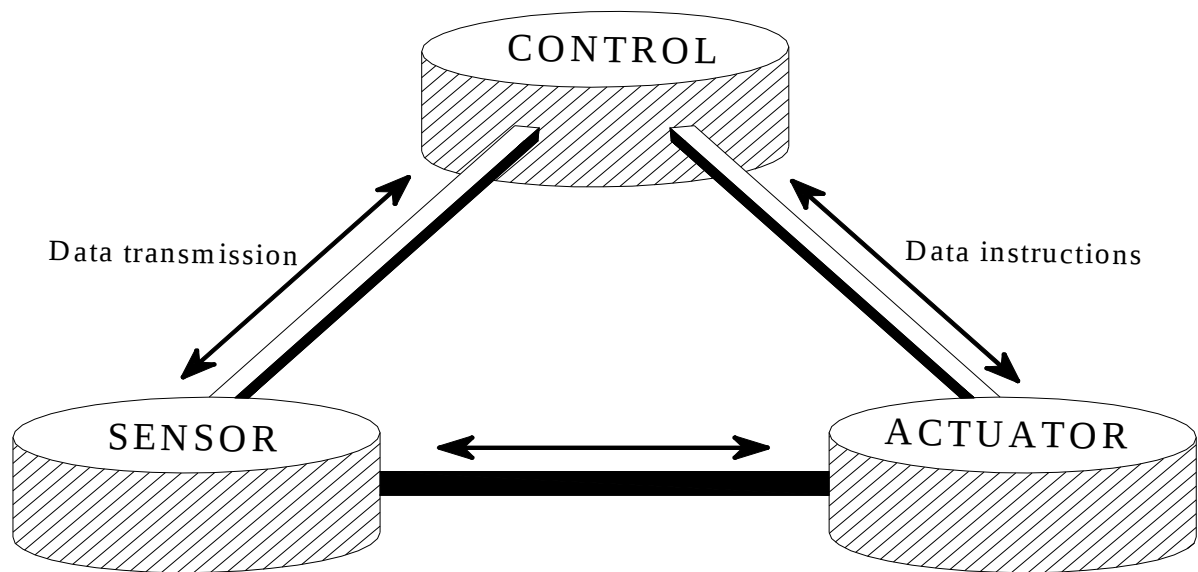


Figure 2. The basic components of the smart structures system

Fig. 3 is the schematic diagram of an example of the set up of smart system, which applies equally to embedded optical fibers which are considered as sensors to the surface, mounted ones. In general fiber optic sensors for smart structure applications require the following capabilities:

1. Monitor the manufacturing process of composite structures.
2. Check out the performance of any part or point of the structure during assembly.
4. Form a sensor network and serve as a health monitoring and performance evaluation system during the operational period of the structure.

5. Smart materials

In order to accomplish functions of smart structures system such as self-diagnosis and self restoration, the structure members must have sensing, processing and actuating functions. These functions are enabled by utilizing various types of materials, which are called smart materials. So, smart or intelligent materials can be defined as the materials that have the intrinsic and extrinsic capabilities, firstly, to respond to the environmental changes and, secondly, to activate their functions according to these changes the stimuli could originate internally or externally [3].

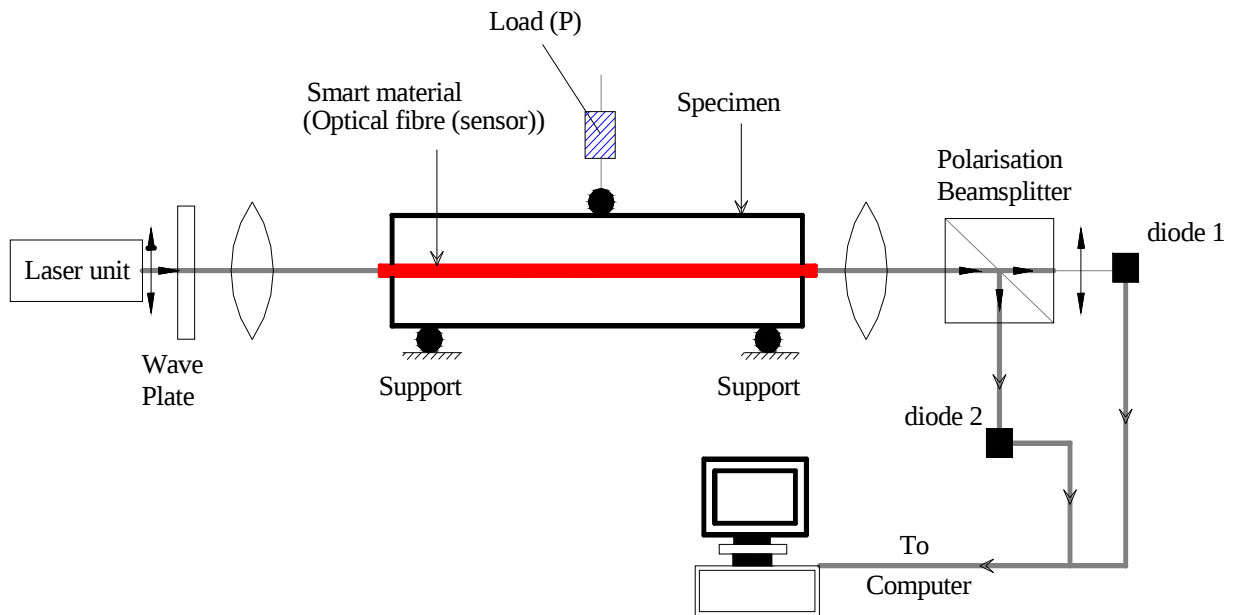


Figure 3. Schematic diagram of the polarimetric fiber optic sensor system

Since its beginnings, materials science has undergone a distinct evolution from the use of inert structural materials to materials built for a particular function, to active or adaptive materials, and finally to smart materials with more acute recognition, discrimination and reaction on capabilities. To encompass this last transformation, new materials and alloys are needed to satisfy a number of fundamental specifications.

Another definition of "Smart materials" can be expressed as that material which can be attached to or embedded into structural systems to enable the structure to sense disturbances, process the information and through commands to actuators, accomplish some beneficial reaction such as vibration control. Accordingly, these smart materials must reflect material properties that allow them to sense disturbances of structures such as acting forces or act as actuators and apply beneficial forces.

Several forecasts have predicted that there will be a tremendous growth in the sensors market [1]. In contrast to the classical sensors based largely upon the measurement of electrical parameters such as variable resistance or capacitance, modern sensors make use of a variety of the novel phenomena. Further more, these sensors are directly suitable for digital control and also have a degree of smartness

incorporated in them to combat problems of nonlinearity and long-term drift. Several key technologies are likely to play a major role in the sensors of the future. Microelectronic sensors based on piezoelectric materials, organic polymers and silicon have tremendous potential as smart sensors.

To achieve a specific objective for a particular function or application in smart structures system, a new material must satisfy specific qualifications related to the following properties [2]:

a) Technical properties, including mechanical characteristics such as plastic flow, fatigue and yield strength, and behavioral characteristics such as damage tolerance, heat and fire resistance.

b) Technological properties, encompassing manufacturing, forming, welding abilities, thermal processing, waste level, workability, automation, and repair capacities.

c) Economic criteria, related to raw material and production costs, supply expenses and availability.

d) Environmental characteristics, including features such as toxicity and pollution.

e) Sustainable development criteria, implying reuse and recycling capacities.

If the functions of sensing and actuation are added to the list, then the new material alloy is considered a smart material.

The sensors, which are used as smart materials, based upon the measurement of the electrical parameters such as variable resistance or capacitance when the strain changes. The smart materials can be grouped into the following categories:

a) Piezoelectric

When piezoelectric actuators are subjected to an electric charge or a variation in voltage, piezoelectric material will undergo some mechanical change, and vice versa. These events are called the direct and converse effects. They are compact, have high response velocity, high accuracy and act with little energy.

b) Electrostrictive

This material has the same properties as piezoelectric material, but the mechanical change is proportional to the square of the electric field. This characteristic will always produce displacements in the same direction.

c) Magnetostrictive

When magnetostrictive is subjected to a magnetic field, and vice versa (direct and converse effects). This material will undergo an induced mechanical strain. Consequently, it can be used as sensors or actuators.

d) Shape memory alloy

When shape memory alloy is subjected to a thermal field, this material undergoes phase transformations, which will produce shape changes. Therefore the relationship between strain and electrical resistance differs from that of ordinary alloy.

e) Optical fibers

Fibers that use intensity, phase, frequency or polarization of modulation to measure strain, temperature, electrical and magnetic fields, pressure and other measurable quantities. Fiber optic sensors are in the forefront in their choice for

incorporation into material and structures made of carbon and glass fiber reinforced polymer composites. Optical fiber, being a physical medium, is subjected to perturbation of one kind or the other at all time. It therefore experiences geometrical (size, shape) and optical (refractive index, mode conversion) changes to a larger or lesser extent depending upon the nature and the magnitude of the perturbation. The advantages of fiber optic sensors are wide bandwidth, compactness, geometric versatility and economy. In general, fiber optic sensors are characterized by high sensitivity when compared to other types and sensors.

Conclusion

As a result, it is possible to build smart structures that can facilitate the achievement of quality in construction. During construction, fiber-optic and strain gauge or any other sensors can be used to monitor pre-stressed during and after casting of the structural members, as well as concrete temperature history and shrinkage in both pre-cast and cast-in-place members. Once construction has been completed, the system can be used to measure deformations under load testing to verify design calculations. These sensors can also remain in place to meet operational needs such as weigh-in-motion, incident detection, and overall structural health monitoring.

From the analysis above, smart structures system is an attractive technique for structural health monitoring but it has some limitations. Although data acquisition system strictly involves the gathering of data, many to mean the whole system of data management have used the phrase. Some of limitations of smart structure system are summarized in the following:

1. There could be a high initial cost and possibly a high maintenance cost.
2. The system may be susceptible to damage by construction activity.
3. A reliable and continuous source of power is required.
4. An excess of data could be generated, leading to a failure in timely response.
5. The data may be blindly accepted, possibly leading to wrong conclusions.
7. It is difficult to embed them in composites sections of structures.

So, some modifications must be found to minimize the effects of limitations mentioned. To achieve that goal, many researches must be done by using available accurate surveying techniques.

References

1. Selvarajan, A. Photonics, Fiber Optic sensors and their application in Smart Structures [text]/ A. Selvarajan// Department of Electrical Communication Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore and A. Asundi, Department of Mechanical Engineering, Hong Kong University, Hong Kong, 1995.
2. Akhras, G. Smart Materials and Smart systems for the future [text]/ George Akhras// Canadian Military Journal - Civil Engineering at Royal Military College of Canada and President of CANSMAST Group, 2000.
3. Alzawa, S. Case Studies of Smart Materials for Civil Structures [text]/ Satoru Alzawa, T. Kakizawa and M. Higasino// Research and development Institute, Takenaka Corporation, Japan. – 1997.

УДК 528.54

Ашраф А. А. Бешр, Н.М. Рябова, А.В. Кочетков
СГГА, Новосибирск.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОШИБКИ «ВЗГЛЯДА» ЦИФРОВЫМИ НИВЕЛИРАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ СОЛНЦА

Ashraf A. A. Beshr, N.M. Ryabova, A.V. Kochetkov
SSGA, Novosibirsk

ANALYSIS OF VALUES OF DIGITAL LEVELS ERRORS, DEPENDING ON THE SUN'S POSITION

Digital levels are used more and more for setting out and monitoring due to their highly accurate and fast measurements in automated measuring process. A shortcoming is that in some cases they provide less accurate measurements. There are several sources which are known to have an effect on the accuracy of height reading as the sun effect and, therefore, have to be investigated. The sun effect on the height reading accuracy and a method offering to minimize this effect are outlined in this paper.

Главным при оценке надежности и точности измерений деформаций инженерных сооружений, исходя из заданных технологических требований проекта и допусков, является выбор совершенной методики геодезических работ, соответствующих приборов и оборудования. Появление в геодезическом производстве цифровых нивелиров требует разработки и совершенствования технологий и методик выполнения измерений. Перед началом полевых работ определения деформаций инженерных сооружений выполняют исследования и поверки цифровых нивелиров и реек. К таким разработкам необходимо отнести исследование основных технических характеристик цифровых нивелиров. Результаты исследований устанавливают пригодность прибора для выполнения измерений заданной точности, дают информацию для принятия соответствующей методики измерений или введения поправок в результаты измерений.

Погрешности, сопровождающие точное нивелирование короткими лучами, по происхождению делятся на три группы [1]: приборные погрешности, погрешности, вызываемые влиянием внешней среды, и личные погрешности наблюдателя. С учетом данных трех групп ошибок рассчитаем возможную точность измерения деформации сооружений. Как известно, основной ошибкой нивелирования является величина ошибки взгляда, в которую входят все ошибки, возникающие при взятии отсчетов по рейке, поэтому для определения точности нивелирования на станции необходимо определить ошибку взгляда.

Первый тестовый полигон был измерен в лаборатории СГГА с помощью инварной рейки и цифрового нивелира Trimble DiNi № 706531. Измерения произведены на шести станциях, на которых выполнялось 25 отсчетов по рейке при расстояниях: 4,2 м, 10 м, 15 м, 21,4 м, 25 м и 28,7 м. Каждый раз отсчет и расстояние менялись. Эксперимент проводился в дневное время при естественном освещении и температуре 24° С. Для анализа результатов вычисляется средняя квадратическая ошибка (СКО) с помощью повторных измерений. СКО измерения превышений одним приемом m_h вычисляют по формуле

$$m_h = \sqrt{\frac{\sum v}{n-1}}, \quad (1)$$

где v – отклонение результата измерения в отдельном приеме от среднего значения в программе измерений.

По исследованиям М. Е. Пискунова [2], зависимость ошибки превышения оптическими нивелирами от длины визирного луча выражается формулой:

$$m_h = (0,014 + 0,0014D) \text{ мм}, \quad (2)$$

где D - длина визирного луча, м.

Было выполнено сравнение ошибок взгляда, полученных цифровым нивелиром Trimble DiNi и оптическими нивелирами (теоретической). По результатам, которого были построены графики зависимости ошибки взгляда цифрового нивелира от расстояния, как приведено на рис. 1.

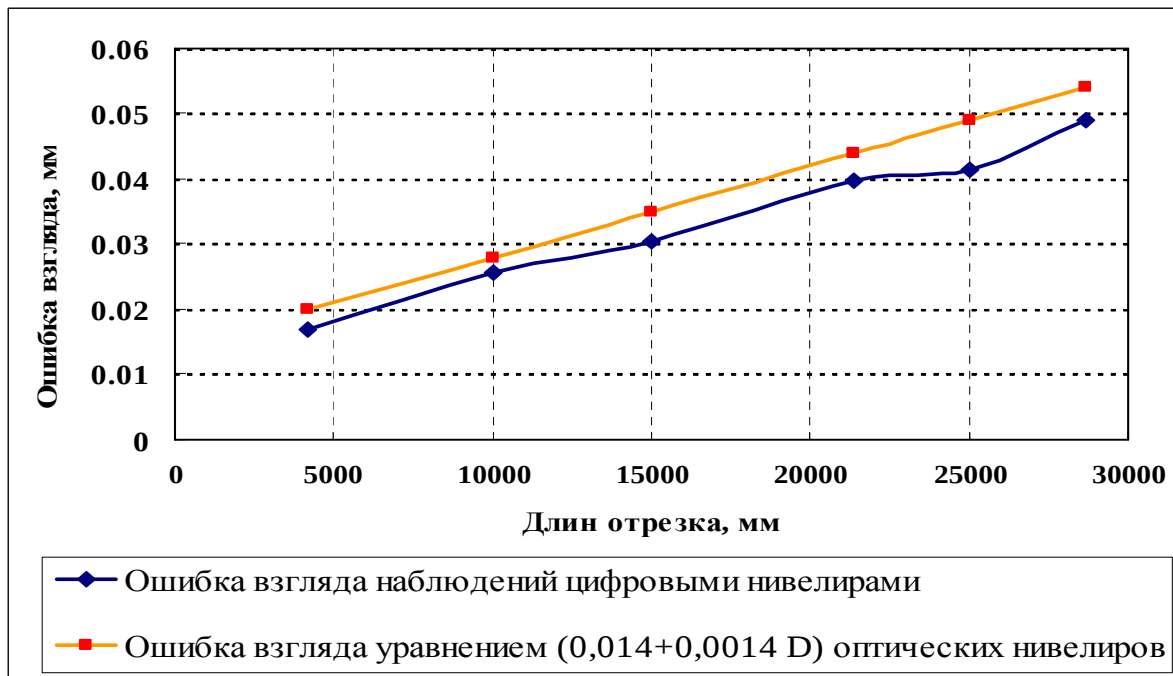


Рис. 1. Зависимость ошибки взгляда цифрового нивелира от расстояния

Как видно из рис. 1, разность между ошибкой взгляда цифрового нивелира из практических наблюдений и ошибки превышения оптическими нивелирами (теоретической) становится небольшой. В данных условиях лучше пользоваться

величиной ошибки взгляда по результатам практических наблюдений, чем вычисленной по формуле $(0,014+0,0014D)$, хотя данные практических наблюдений близки по значению к вычисленным (теоретическим) ошибкам взгляда из практических наблюдений и являются более точными.

Второй тестовый полигон был разбит вне помещения с помощью цифрового нивелира Trimble DiNi и кодовой рейки. Измерения производились с расстояниями 5,1 м, 10 м, 15,1 м, 20,2 м, 25,2 м, и 30 м. Отсчеты снимались по направлению «на Солнце» и «без Солнца» 25 раз. Каждый раз отсчет и расстояние менялись. Эксперимент проводился в дневное время при солнечном свете и температуре 26°C . Были получены следующие результаты определения ошибки взгляда цифрового нивелира Trimble DiNi при направлении «на Солнце» и «без Солнца». На основе полученных результатов было выполнено сравнение ошибок взгляда, полученных цифровым нивелиром при направлении «на Солнце» и «без Солнца», по результатам которого был построен график зависимости ошибки взгляда цифрового нивелира от длины отрезка при направлении визирования на Солнце и без Солнца, приведенный на рис. 2.

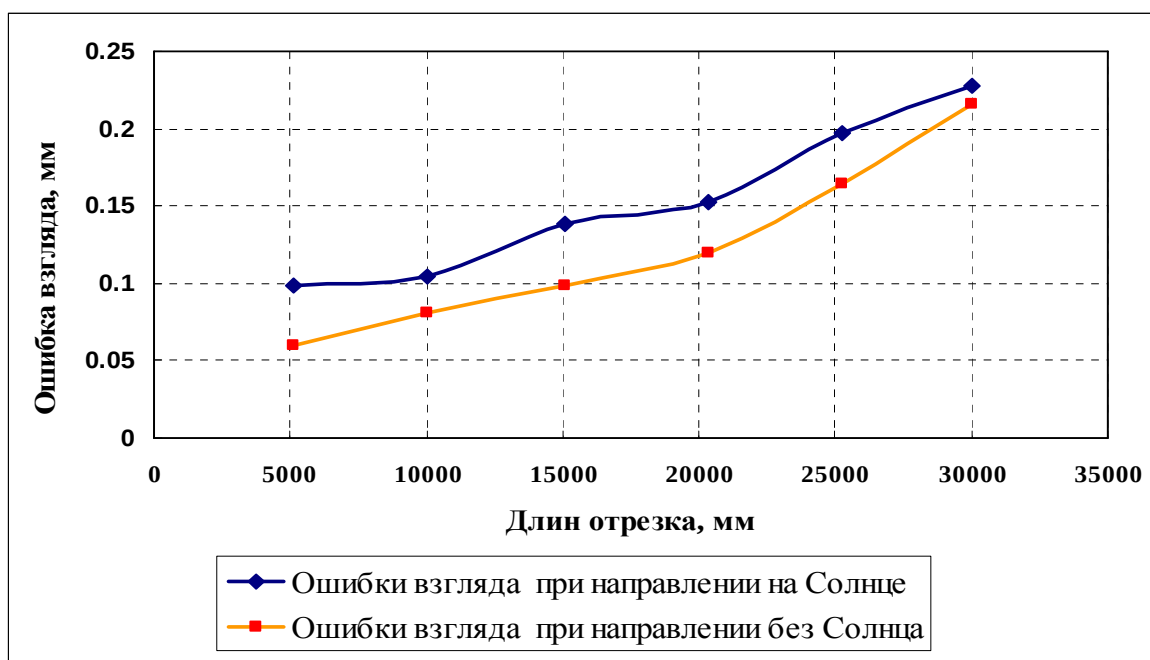


Рис. 2. Зависимость ошибки взгляда цифрового нивелира от расстояния при направлении визирования на Солнце и без Солнца

Как видно из рис. 2, разность между ошибками взгляда, полученными из практических наблюдений, при направлении визирования на Солнце и без Солнца становится больше. Каждый раз позиция цифрового нивелира, отсчет и расстояние менялись. Вычисляют по каждой позиции ошибки расстояний при направлении на Солнце и без Солнца и записывают их в ведомость.

На основе сравнения ошибок в расстояниях, полученных с помощью цифрового нивелира при направлении «на Солнце» и «без Солнца», был построен график ошибок расстояний, измеренных цифровым нивелиром, при направлении визирования «на Солнце» и «без Солнца», приведенный на рис. 3.

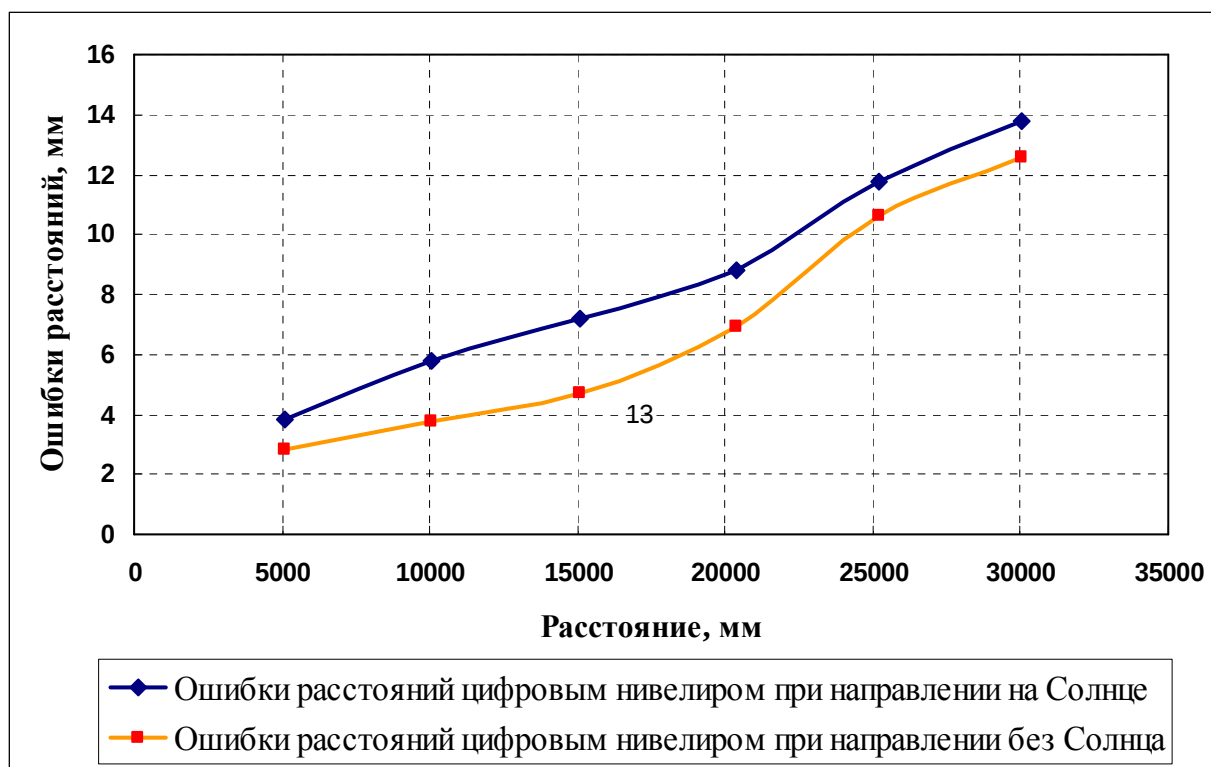


Рис. 3. Зависимость ошибки расстояний цифровым нивелиром от расстояния при направлении визирования на Солнце и без Солнца

На основе выполненного сравнения полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- 1) Увеличение расстояния между нивелиром и рейкой приводит к повышению ошибки взгляда цифрового нивелира и ошибки расстояний;
- 2) Влияние положения Солнца на определение ошибки взгляда цифровых нивелиров значительно. Величина ошибки взгляда при направлении на Солнце приводит к повышению ошибки взгляда при направлении без Солнца в среднем на 30%.

Таким образом, результаты исследований показали, что на величину ошибки взгляда существенное влияние оказывает засветка от падающих солнечных лучей. Наибольшая ошибка взгляда имеет место, когда Солнце находится над горизонтом во время восхода и захода; в это время солнечные лучи могут попадать в объектив прибора. Поэтому нами была разработана методика приложения зигзагообразного нивелирного хода.

Для ослабления влияния Солнца предлагается выполнить нивелирование зигзагообразным способом. Методика такого нивелирования производится следующим образом (рис. 4). Для этого требуется выполнить нивелирный ход по направлению запад-восток.

Как известно, нивелирование должно выполняться спустя час после восхода Солнца и заканчиваться за час до захода. Как раз в это время будет иметь место максимальное попадание солнечных лучей в объектив, и,

следовательно, следует ожидать максимальной величины ошибки взгляда. Для ее ослабления нами разработана следующая методика, показанная на рис. 4.

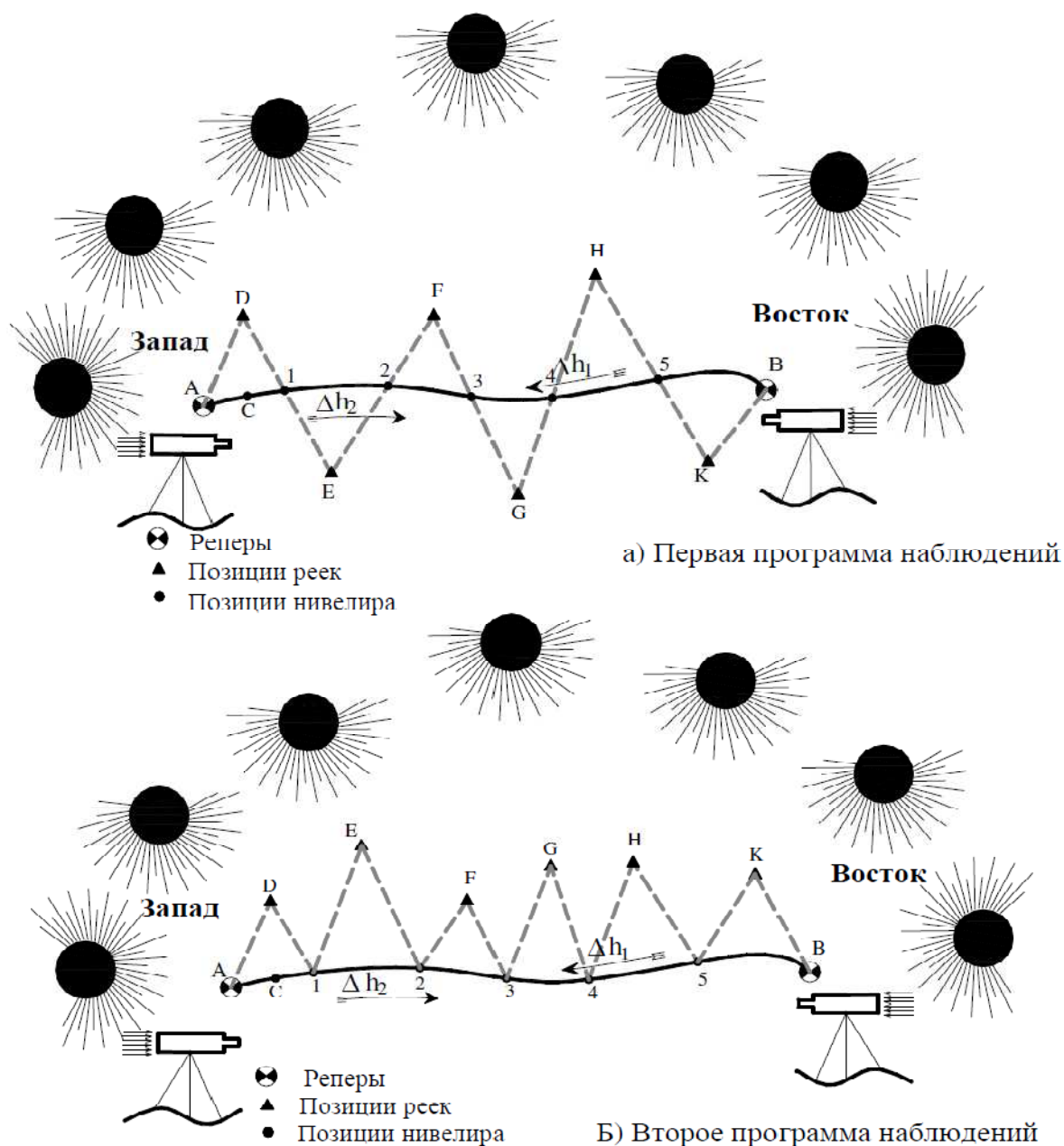


Рис. 4. Схема расположения позиции нивелира и рек при выполнении нивелирования в направлении с запада на восток

Обозначим нивелирный ход: начало А, конец В. Задняя рейка устанавливается на репере А, а передняя – в точке 1. Если мы, как обычно, установим нивелир в точке С, то при наведении, в случае восхода Солнца, на заднюю рейку солнечные лучи будут попадать в объектив, а на передней рейке этого не будет. В таком случае ошибка взгляда на заднюю рейку будет больше из-за влияния Солнца, а на переднюю меньше; поэтому измерения будут неравноточные. При заходе Солнца, наоборот: при визировании на переднюю

рейку ошибка взгляда будет больше из-за влияния Солнца, а на заднюю меньше; измерения также будут неравноточными.

Если же нивелир установить в точке D, которая находится на некотором удалении от направления АВ, то при визировании на заднюю и переднюю рейки, солнечные лучи в объектив попадать не будут, следовательно, влияния Солнца практически не будет. Измерения будут равноточные.

Затем нивелир переносится на следующую станцию, и нивелирование выполняется по аналогичной схеме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцев, А.К. Геодезические методы исследования деформаций сооружений [Текст] / А.К. Зайцев, С.В. Марфено и др. // М., Недра, 1991. – 272 с.
2. Пискунов, М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений [Текст] / М.Е. Пискунов // М.: Недра, 1980. – 248 с.

© Ашраф А.А. Бешр, Н.М. Рябова, А.В. Кочетков, 2009

УДК 528.54

Ашраф А.А. Бешр, Н.М. Рябова, А.В. Кочетков

СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЕМКОСТИ БАТАРЕИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ НА ОШИБКУ ИЗМЕРЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЯ И РАССТОЯНИЯ

Ashraf A.A. Beshr, N.M. Ryabova, A.V. Kochetkov

SSGA, Novosibirsk

STUDYING THE EFFECT OF BATTERY CAPACITY OF GEODETIC INSTRUMENTS ON THE MEASUREMENTS ERRORS OF HEIGHT ELEVATIONS AND DISTANCES

In order to achieve the results that meet specifications of a given project the knowledge of determination the accuracy of the surveying instruments is inevitable. Standard calibration models and procedures exist for all geodetic instruments and they must be developed for reflectorless total station and high precise digital level especially for deformation measurements. The quality and accuracy of measurements of modern electronic geodetic instruments may be affected by the capacity of instrument battery which may be worked for long time in the field. This thesis investigates the effect of battery capacity on the precision and accuracy of total station and precise digital levels observations.

Для определения точности результатов измерения превышений и расстояний необходимо произвести тестирование геодезических приборов. Стандартные модели калибровки производили для всех геодезических инструментов. Новые методы калибровки должны быть разработаны для безотражательного тахеометра и высокоточного цифрового нивелира. Особенно это необходимо для измерения деформации сооружений. Основные технические параметры современных тахеометров и цифровых нивелиров зависят от точности работы дальномера и блока развертки луча прибора. Качество и точность измерений современных электронных геодезических инструментов может повлиять и емкость батареи геодезических приборов, которая будет работать в течение длительного времени с момента питания прибора.

Авторами работы [1, 2] предлагается методика исследования стабильности работы измерительных блоков наземного лазерного сканера (НЛС). На основе практических исследований делается вывод о требуемом времени прогрева сканера с целью обеспечения стабильной работы измерительных блоков.

В данной статье предлагается исследование влияния емкости батареи на точность и достоверность наблюдений наклонных расстояний, горизонтальных и вертикальных углов с помощью безотражательного тахеометра, а также измерения превышения с помощью цифровых нивелиров.

Первый эксперимент был проведен для исследования влияния емкости батареи безотражательного тахеометра на точность измерений наклонного расстояния и горизонтального и вертикального направления. При выполнении эксперимента нами был использован электронный тахеометр Leica TCR 405 Power, который имеет следующие характеристики: точность измерения расстояний равна $2\text{мм}+2\text{мм/км}$; паспортная точность измерения вертикального и горизонтального углов равна $5,0''$.

Эксперимент был проведен в помещении путем записи пяти непрерывных измерений расстояния и направлений интервалом примерно каждые 5 минут в течение трех часов с момента включения питания тахеометра без дальнейшей корректировки ориентации труба (горизонтальные, вертикальные углы и расстояния не изменялись во время работы). Было выбрано короткое расстояние (7 м), поэтому любые атмосферные условия были сведены к минимуму.

По измеренным величинам (наклонному расстоянию, горизонтальному и вертикальному углам) были построены три графика, на которых по оси абсцисс откладывается время работы тахеометра, а по оси ординат – отклонения измеренных величин (расстояния или углов) от среднего значения, как показано на рис. 1, 2 и 3 (рис. 1, рис. 2). На каждом графике выявляется прямолинейный участок и для него строится тренд на основе уравнения прямой, в котором неизвестными являются коэффициент a , характеризующий степень стабильности (S , γ и α), и свободный член b , отражающий величину систематической ошибки измеряемых расстояний, горизонтальных и вертикальных углов с момента питания тахеометра.



Рис. 1. Зависимость наклонного расстояния, определенная тахеометром за время с момента включения питания тахеометра



Рис. 2. Зависимость вертикального направления, определенная тахеометром за время с момента включения питания тахеометра

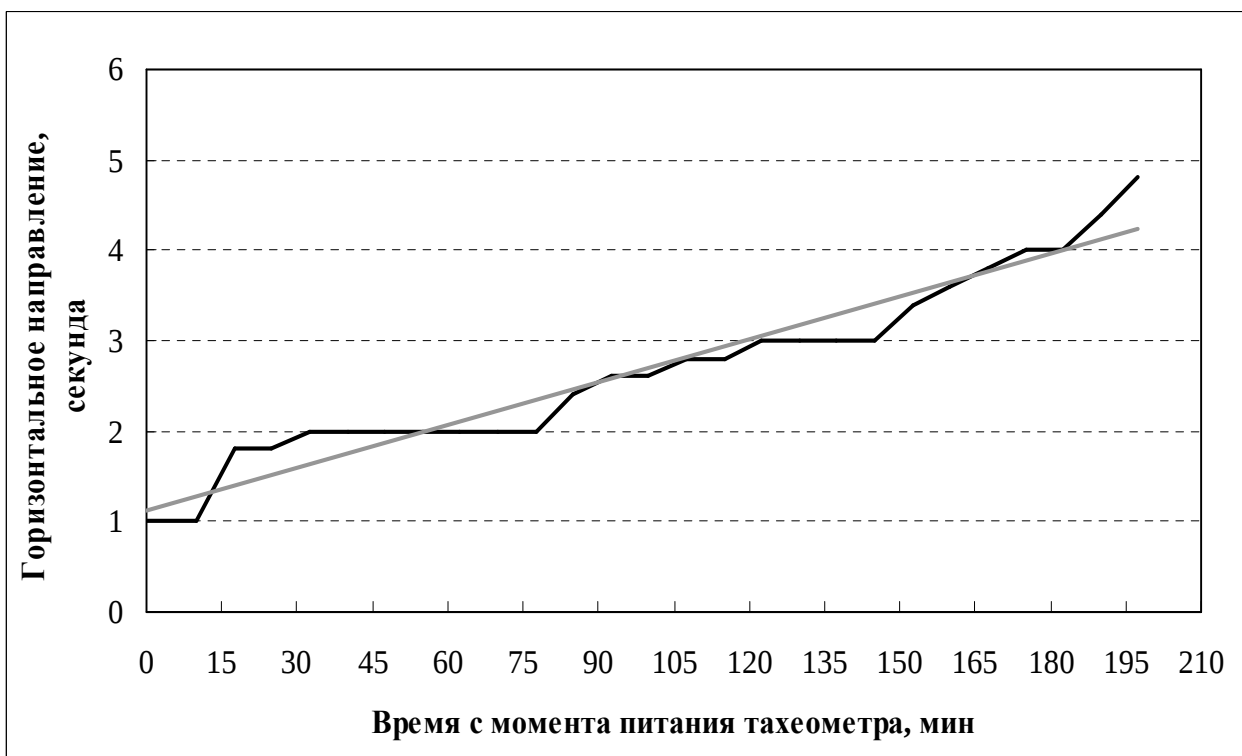


Рис. 3. Зависимость горизонтального направления, определенная тахеометром за время с момента начала питания тахеометра

Из графиков видно, что среднее расстояние уменьшается примерно на 0,5 мм, а вертикальные и горизонтальные направления увеличиваются

примерно на 3'' и 4'', соответственно, в течение трех часов. Исходными данными для построения тренда являются отклонение измеряемой величины от среднего значения и время работы тахеометра с начала его запуска (t_i). Определение неизвестных a и b выполняется по методу наименьших квадратов следующим образом.

Значения отклонения измеряемого расстояния ΔS , горизонтального направления $\Delta \alpha$, вертикального направления $\Delta \gamma$ и непрерывного времени $\Delta t_{\text{непр. раб}}$ работы будут рассматриваться в качестве исходных данных, а неизвестными параметрами будут считаться a и b . При использовании общего метода наименьших квадратов неизвестные могут быть восстановлены в матричном виде:

$$A_{(n,2)}X_{(2,1)} + V_{(n,1)} = F_{(n,1)}, \quad (1)$$

где A - матрица параметрических уравнений поправок, V - вектор разницы, X - вектор параметров, F - вектор постоянных, n – число наблюдений; матрица A представляет собой дифференциацию неизвестных параметров. Были вычислены параметры a , b и определены коэффициенты корреляции измеряемой величины. Итоговые результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Определение неизвестных параметров a и b и коэффициентов корреляции измеряемой величины тахеометром

	Уравнение	Коэффициент корреляции
Расстояние (ΔS)	$\Delta S = -0,0015 t_{\text{непр. раб.}} - 0,0665$	$R^2 = 0,8817$ поэтому $R=0,939$
Вер. направление ($\Delta \gamma$)	$\Delta \gamma = 0,0084 t_{\text{непр. раб.}} + 0,8348$	$R^2 = 0,5443$ поэтому $R=0,745$
Гор. направление ($\Delta \alpha$)	$\Delta \alpha = 0,0158 t_{\text{непр. раб.}} + 0,1208$	$R^2 = 0,9398$ поэтому $R=0,969$

Второй эксперимент был проведен аналогичным способом с целью исследования влияния емкости батареи цифрового нивелира на точность измерений превышений. При выполнении эксперимента нами были использованы инварная рейка и цифровой нивелир Trimble DiNi № 706531. По измеренным величинам (превышениям) построим график, на котором по оси абсцисс откладывается время работы цифрового нивелира, а по оси ординат – отклонения измеренной величины превышения от среднего значения (рис. 4). На графике выявляется прямолинейный участок и для него строится тренд на основе уравнения прямой, в котором неизвестными являются коэффициент a , характеризующий степень стабильности превышения, и свободный член b , отражающий величину систематической ошибки измерений с момента питания цифрового нивелира.



Рис. 4. Зависимость превышения цифровым нивелиром на времена с момента включения питания цифрового нивелира

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Исследования показали, что по мере разрядки аккумулятора отчет по рейке изменился до 0,35мм. Это говорит о том, что выполнять высокоточное нивелирование необходимо при помощи зарядки батареи;
3. Таким образом, исследование показали, что уменьшение емкости аккумулятора приводит к большой ошибке измерений. Поэтому при выполнении более точных измерений необходимо их начинать всегда с полной зарядкой батареи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Reshetyuk, Y. Calibration of terrestrial laser scanners for the purposes of geodetic engineering [Текст]/ 3rd IAG / 12th FIG Symposium, Baden, May 22-24, 2006. - 10 pp.
2. Комиссаров, А.В. Методика исследования метрических характеристик сканов [Текст]/ А. В. Комиссаров. – Дисс. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук. – Новосибирск. – 2007. – 201 с.

© Аишаф А. А. Беир, Н.М. Рябова, А.В. Кочетков, 2009

УДК 528.53

Ашраф А.А. Бешр

СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА И ЦВЕТА ОТРАЖАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНЫМ ТАХЕОМЕТРОМ

Ashraf A.A. Beshr

SSGA, Novosibirsk

STUDYING THE INFLUENCE OF INCLINED ANGLE AND REFLECTING SURFACE COLOR ON THE ACCURACY OF REFLECTORLESS TOTAL STATION OBSERVATIONS

The effect of reflecting surface inclined angle, its colors and types on the accuracy of reflectorless total station measurements, which have a great influence on deformational monitoring of cylindrical and domical structures is discussed in this paper. Short distances are verified for tests to avoid other systematic errors which may affect on the accuracy of measurements. The results of practical measurements, calculations and analysis of the interesting tests using least squares theory and computer programs are presented.

Появление безотражательных тахеометров, позволяющих работать без специальных отражателей, произвело революцию в геодезии. Теперь стало возможным проводить измерения без долгих и утомительных поисков лестниц для подъема отражателя под крышу сооружения, подставок для установки призмы над полом в помещении с высокими потолками, достаточно просто навестись на необходимую точку. Принцип работы безотражательного тахеометра тот же, что и у простого тахеометра, - измерение расстояния до объекта, а также двух углов, что в конечном итоге дает возможность вычислить координаты. Пучок лазера исходит от излучателя, отражается от поверхности объекта и возвращается в приемник.

Мониторинг деформации цилиндрических и купольных сооружений при помощи безотражательного тахеометра требует проведения измерений наклонных поверхностей, сделанных из разных материалов и окрашенных в разные цвета. Угол наклонной поверхности, тип и цвет материала будут существенно влиять на энергию обратного отраженного лазерного луча.

В данной статье предлагается исследование электронного тахеометра с целью проверки и оценки пригодности его для выполнения безотражательных измерений при различных углах наклона на поверхности окрашенные в различные цвета и изготовленные из различных материалов. Для достижения поставленной цели были выполнены несколько серий измерений.

При выполнении исследований нами был использован электронный тахеометр Leica TCR 405 Power, который имеет следующие основные технические характеристики: точность измерения расстояний равна $2\text{мм}+2\text{мм/км}$ и точность измерения вертикального и горизонтального угла равна $5,0''$.

Первый эксперимент был проведен с целью исследования влияния цвета материала на точность измерения наклонного расстояния от тахеометра до этой цели. Для имитации поверхностей сооружений разных цветов, были выбраны шесть прямоугольных целей - белого, красного, черного, синего, зеленого и желтого цвета.

Для сбора полевых данных был разработан следующий порядок измерений. Цветные цели устанавливались по очереди на разном расстоянии, с шагом примерно 10 метров. Угол наклона целей был равен нуль градусов. Для каждого цвета было взято по двадцать отсчетов на всех расстановках.

На основе полученных результатов был построен график, на котором по оси абсцисс показаны расстояния, измеренные электронным тахеометром, а по оси ординат - СКО измерений расстояний до целей каждого цвета (рис. 1).

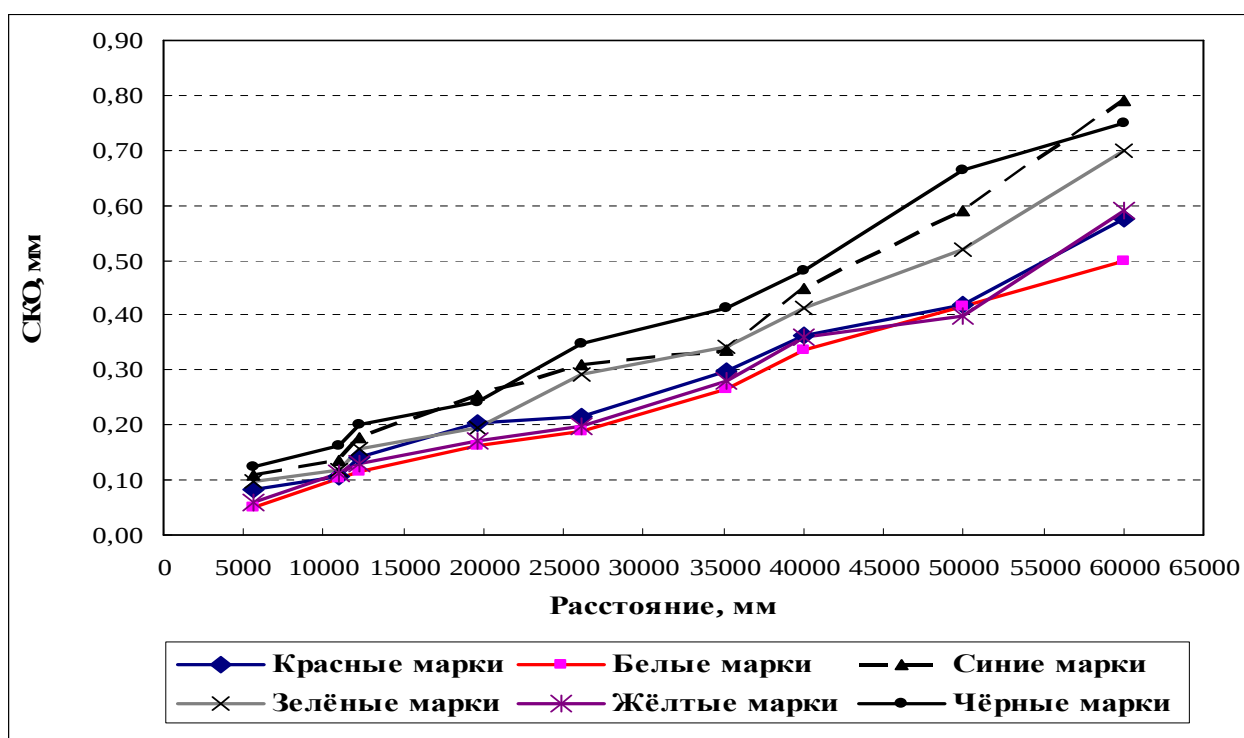


Рис. 1. Зависимость СКО измерений расстояний безотражательного тахеометра от цвета целей, расположенных на разных расстояниях

Как видно из рис. 1, увеличение расстояния между тахеометром и целью приводит к повышению ошибки измерения расстояния для всех цветов. Полученная точность измерений для белой поверхности выше, чем для поверхности любого другого цвета. Следовательно, эта поверхность имеет более сильную отражающую способность, чем любая другая. Поверхность

черного цвета обладает очень слабой отражающей способностью, т.к. поглощает больше энергии.

Для исследования влияния угла наклона поверхности сооружения на точность измерения расстояний был проведен второй эксперимент. В ходе этого эксперимента использовалась прямоугольная белая цель. Для имитации наклонна поверхности сооружений данная цель была зафиксирована на трубе теодолита. Установка вертикального угла показана на рис. 2. На каждой расстановке труба теодолита поворачивалась на 5° от 0° до 45° , при каждом угле наклона безотражательный тахеометр повторно наводился на цель, и наклонное расстояние до тахеометра измерялось двадцать раз.

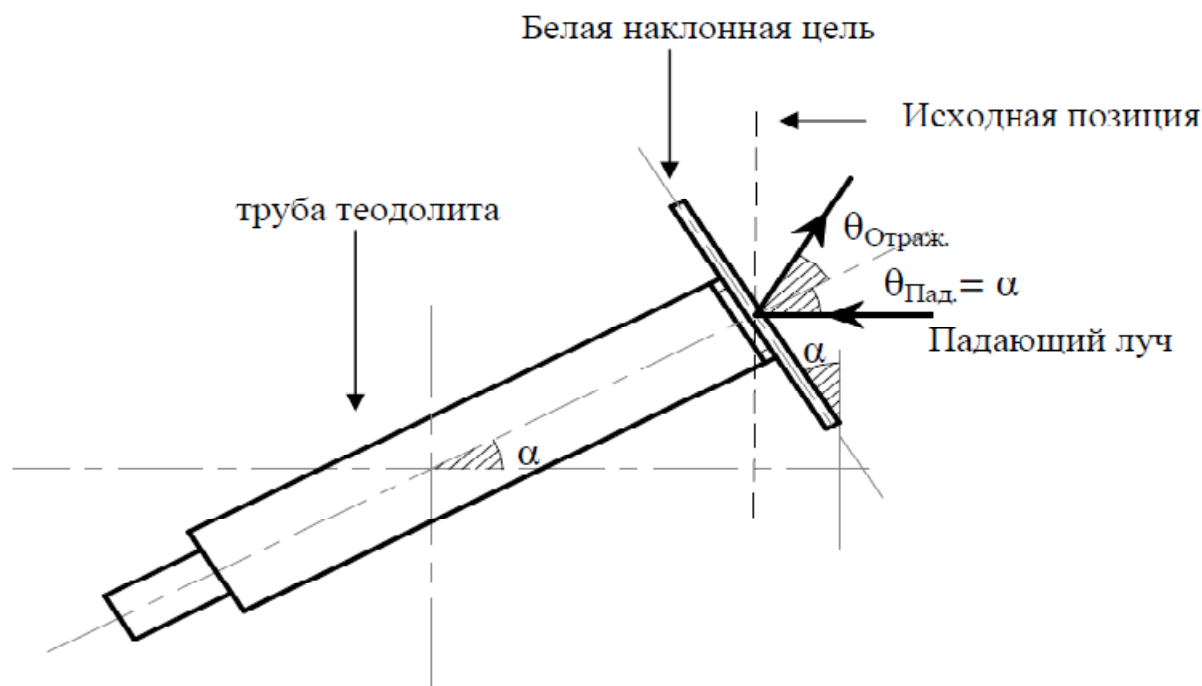


Рис. 2. Схема установки вертикального угла при помощи теодолита

На основе полученных результатов измерений был построен график, на котором по оси абсцисс показаны углы наклона поверхности, а по оси ординат – СКО измерений расстояний (рис. 3).

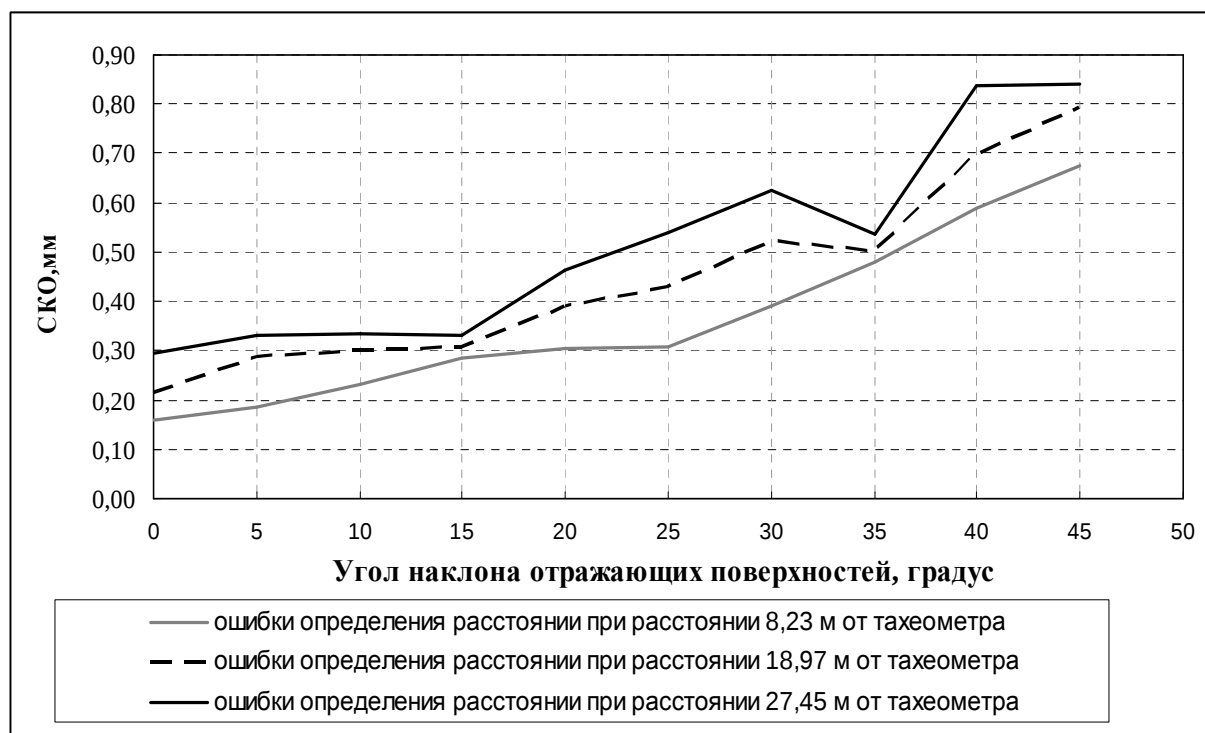


Рис. 3. Зависимость СКО измерений расстояний безотражательного тахеометра при различных углах наклона

Известно, что отраженный и падающий лучи лежат в плоскости с перпендикуляром к отражающей поверхности в точке падения.

Для исследования влияния угла падения луча безотражательного тахеометра на точность измерений, с целью использования тахеометра для выполнения безотражательных измерений реального сооружения, был проведен следующий эксперимент. Было измерено пять секций помещения на различных расстояниях - 4,89 м, 15,07 м, 24,94 м, 35,11 м и 43,18 м от тахеометра. Каждая секция включает в себя восемь точек наблюдений, которые были распределены, как показано на рис. 4 (одна - на потолке, две - на стенах, одна - на крыше и четыре - в углах). Было выполнено десять измерений наклонного расстояния до каждой точки.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Тахеометр Leica TCR 405 Power может выполнять безотражательные измерения наклонного расстояния на различных поверхностях. Точность измерений расстояний и наклонных углов меньше указанной ценности точности.

2. Точность измерений безотражательного тахеометра зависит в основном от мощности сигнала, который отражается от поверхности сооружения. Интенсивность возвращающего сигнала зависит главным образом от расстояния до тахеометра, угла наклона поверхности, угла падения луча, отражающей способности поверхностей различного цвета и отражающей способности поверхностей, сделанных из различных типов материалов.

3. Поверхности белого цвета обладают более сильной отражающей способностью, чем поверхности черного цвета.

4. Чем больше угол падения луча безотражательного тахеометра и больше угол отражения наклонной поверхности, тем слабее отраженный луч и, следовательно, тем меньше точность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Alba, M. Investigations about the accuracy of target measurement for deformation monitoring [Текст] / M. Alba, F. Roncoroni and M. Scaioni// The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B5. Beijing 2008. – PP. 1053-1060.

2. Gairns, C. Development of semi-automated system for structural deformation monitoring using a reflectorless total station [текст] / C. Gairns // Department of Geodesy and Geomatics Engineering -University of New Brunswick.- 2008.- MSc. thesis -118 с.

© *Ашраф А.А. Бешир*, 2009

УДК 528:629.783

В.Е. Мизин

СГГА, Новосибирск

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ МЕЖЕВАНИИ И МОНИТОРИНГЕ ЗЕМЕЛЬ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

V.Ye. Mizin

SSGA, Novosibirsk

GEODETTIC SUPPORT OF DELIMITATION AND MONITORING OF LAND LINEAR OBJECTS

The author analyzes traditional and modern methods of establishing geodetic networks to be used in delimitation and monitoring of land linear objects. It is shown that the state geodetic and cadastral networks established before and being developed now by means of modern technologies support land delimitation and monitoring.

Проанализированы традиционные и современные методы построения геодезических сетей используемых для межевания и мониторинга земель линейных объектов. Показано, что созданные ранее и развиваемые в настоящее время с применением современных технологий Государственные геодезические и опорные межевые сети обеспечивают работы по межеванию и мониторингу земель.

Для выполнения работ по межеванию и мониторингу земель линейных объектов необходимо геодезическое обоснование. В качестве его используются пункты государственной геодезической сети (ГГС). Геодезические сети создавались ранее и в настоящее время в соответствии с требованиями [1] методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации, а также с использованием спутниковых навигационных систем.

Плотность пунктов ГГС, созданной к настоящему времени, составляет в среднем до одного пункта на 50 кв.км. Точность определения взаимного планового положения пунктов ГГС характеризуется средними квадратическими ошибками 0,02-0,04м[1]. Часть пунктов ГГС, создавалась в 60-70г.г. 20-го столетия и частично утрачена. Поэтому возникает необходимость развивать её заново или дополнять их по мере необходимости.

При построении геодезических сетей методом триангуляции основными геометрическими фигурами в ней являются треугольники, близкие к равносторонним, геодезические четырёхугольники или центральные системы. Это обеспечивает жесткость построений, надёжный контроль измерений, дает возможность определять элементы сетей и координаты пунктов практически с одинаковой точностью. К недостаткам метода триангуляции относят необходимость иметь видимость с одного пункта на несколько соседних. Для её обеспечения приходится строить высокие наружные знаки, что приводит к удорожанию работ.

В методе полигонометрии для определения координат необходима видимость с одного пункта на два соседних и только на узловых - на большее количество пунктов. Это позволяет лучше учитывать и приспосабливаться к условиям местности, застроенным территориям. Недостатком метода является меньшая жесткость ходов и сетей, слабый контроль измеренных элементов. Ошибки определения координат пунктов зависят от их удаления от исходных пунктов. Для повышения точности определения координат и контроля измеряемых элементов используются различные схемы. Например, дополнительное автономное определение в средней хода части азимутов сторон с использованием гиротеодолитов или координат пунктов спутниковым методами.

Координаты пунктов с применением GPS-технологий также передаются относительно пунктов ГГС. При этом форма геодезической сети играет меньшую роль по сравнению с методом триангуляции и полигонометрии. Однако и здесь стремятся создавать геодезические построения, где используются все возможные связи между ближайшими пунктами. Важно также взаимное расположение пункта (станции) относительно созвездия спутников, используемых для приема сигналов. Привязка пунктов спутниковой сети относительно исходных пунктов ГГС рекомендуется не реже чем через 50 км [2].

При проведении межевания земель, развиваются специальные межевые сети (ОМС), закрепляемые опорными межевыми знаками (ОМЗ)[3]. В качестве ОМЗ могут служить пункты ГГС, ГСС, а также ОМС, которые могут создаваться такими же способами. Отдельные пункты ОМС могут определяться из различного вида линейно-угловых засечек.

Средние квадратические ошибки взаимного положения пунктов ОМС не должны превышать 0,05-0,1м, а их плотность, включая пункты ГГС и ГСС составлять до четырёх пунктов на 1 кв. км [3].

Сгущение, восстановление пунктов ГГС, ГСС или развитие ОМС для межевания или мониторинга земель в настоящее время может осуществляться сочетанием различных методов. Например, непосредственное определение координат всех ОМЗ на объекте спутниковым методом, проложением полигонометрических ходов с использованием электронных тахеометров или линейно угловыми засечками. Такие технологии дают возможность уменьшить количество ступеней геодезического обоснования, обеспечивать достаточную точность определения координат пунктов для межевания и мониторинга земель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основные положения о государственной геодезической сети РФ. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. М., 2004. – 28 с.
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. т.2, М., Картгеоцентр, 2006. – 359 с.
3. Инструкция по межеванию земель. М., 1996. – 31 с.

© В.Е. Мизин, 2009

УДК 528.48

Л.А. Зверев

СГГА, Новосибирск

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ ЦЕН НА ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И КАДАСТРОВЫЕ РАБОТЫ ПО РАЗЛИЧНЫМ СБОРНИКАМ

L.A. Zverev

SSGA, Novosibirsk

COMPARISON ANALYSIS OF PRICING FOR TOPOGEODETIC AND CADASTRAL WORKS ACCORDING TO DIFFERENT SOURCES

On the basis of the existing methods for project efficiency assessment the paper presents the proofs of the necessity to introduce uniform indices (of job types and description) to be used in calculating estimated cost of engineering-geodetic and cadastral works.

Обоснованием выбора оценки эффективности при составлении сметной стоимости топографо-геодезических и кадастровых работ послужило сравнение существующих методик с другими возможными подходами к решению этой задачи.

В настоящее время в Сборниках цен близких отраслей - Госстрой, Роскартография, Роскомзем [1,2,3] не существует единой классификации критериев оценки сметных показателей - ставок основных работ и компенсационных выплат.

Заметим, что в современной литературе существуют различные виды оценки: частные, общие, дифференциальные, интегральные и др., однако каждый автор вкладывает в понятие свой смысл. Наиболее часто области применения оценок разграничиваются, исходя из особенностей оцениваемого объекта. Частные оценки получают по различным, ранее выбранным характеристикам; общие - осуществляются на основании изучения какого-то аспекта их характерного состояния (район работ, природные условия, нахождение района работ от базы, критерии в объемах видов работ и др.); интегральные представляют собой синтез перечисленных оценок; но это является часто встречающейся логической ошибкой, поскольку интегрирование суммы взвешенных оценок по сути своей не является оценкой.

Подобным образом исследователь определяет то или иное значение интегрального показателя, который только предстоит оценить. Для получения оценки необходимо соотнесение результатов измерения свойств объекта с состоянием (требованием) субъекта [4]. Точнее, суть оценки есть отношение субъекта к объекту через предмет. Показатели в частных и интегральных

оценках называют в зависимости от определения их значений, соответственно, без привлечения и с привлечением аппарата синтеза.

С учетом выше сказанного, приводятся следующие критерии оценки эффективности с точки зрения их соответствия задачам проводимого здесь исследования.

1. Критерий минимума приведенных затрат. Этот критерий целесообразен в условиях, когда результаты реализации различных инвестиционных проектов приводят к результатам, четко закрепленным требованиями СНиП, СН, Инструкций и других нормативных документов. А в случае исследования проблемы Сборников цен на проектно-изыскательские, топографо-геодезические и кадастровые работы – состав работ строго регламентирован (в любом виде работ).

2. Критерий превышения нормативного коэффициента возмещения капитальных вложений. Этот критерий имеет то же ограничение на использование эффективности, что и первый. При ранее задаваемых результатах выполнения мероприятий этот критерий действительно поможет выбрать более эффективный вариант.

3. Критерий максимума экономического эффекта, под которым понимается превышение результата выполненных работ над затратами на их осуществление. Этот критерий частично преодолевает недостаток, присущий второму критерию, в информации об абсолютных значениях затрат и результатов (при условии, что такая информация предоставляется). В свою очередь он не дает достаточных оснований для отбора проектов: крупный неубыточный проект часто будет по этому критерию эффективнее любого самого передового проекта, меньшего по масштабу. Анализ этого критерия указывает скорее не на необходимость продолжения поиска более подходящего критерия оценки эффективности, а на невозможность воплощения в единственном критерии всех интересов, которые связываются с понятием эффективности. Именно по пути построения системы критериев оценки эффективности проектов пошли авторы «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования», утвержденных Госстроем России, Министерством Экономики РФ и другими вышестоящими организациями в 1994-1995 гг. [5].

Существующие «Методические рекомендации ...» [5], несомненно были использованы авторами при разработке Сборников цен [1, 2, 3], однако, основные системные показатели (виды работ) в них различны по составу (процессу) работ и категориям трудности, поэтому результирующие цены по каждому укрупненному виду работ незначительно, но различаются на единицу объема, а при N – ом количестве объемов они существенно различны, что создает естественные разногласия у заказчиков и исполнителей при составлении контрактов и конкурсной документации.

Устранение этой проблемы во многом решает общий подход к использованию системы единых нормативных показателей с учетом применения условных стандартов в инженерно - геодезических и кадастровых

работах [6]. То есть, необходимо полное укрупнение состава работ, а в некоторых случаях, и видов работ,- это послужит основанием сформировать единую стоимость (цену) ставки основных работ с повышающими и понижающими коэффициентами (без учета коэффициента инфляции) через нормативные затраты. Учитывая выше сказанное, следует вывод: необходима организация и создание единого в России Сборника цен на инженерно-геодезические и кадастровые работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства». Инженерно- геодезические изыскания при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. (Госстрой России.- М. ПНИИИС. 2004.
2. «СУР- 2002 – сметных укрупненных расценок на топографо-геодезические работы». М.; Роскартография. 2002.
3. «Сборник цен и общественно необходимых затрат труда (ОНЗТ) на изготовление проектной и изыскательской продукции землеустройства, земельного кадастра и мониторинга земель», М.: Роскомзем, 1996.
4. Грин А. М., Долгушин И.Ю., Мухина Л.И., Приображенский В. С., Рунова Т.Г. Системный подход к оценке последствий воздействия человека на окружающую среду. Новое в жизни, науке, технике (серия « Наука о Земле») N 11, 1980 с. 4-13.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их сбору для финансирования. М., Информэлектро, 1994, с. 82.
6. Л.А. Зверев. Формирование условных стандартов в инженерных изысканиях при строительстве. ГЕО – Сибирь – 2008. Т. 1. 4. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Спутниковые навигационные системы: сб. матер. 1У Международного научного конгресса «ГЕО- Сибирь- 2008. Новосибирск. СГГА,2008-128-130 с.

© Л.А. Зверев, 2009

УДК 528

Ю.П. Гуляев, Л.А. Максименко

СГГА, Новосибирск

ИМИТАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ

Yu.P. Gulyaev, L.A. Maksimenko

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

IMITATIONAL APPROACH TO ACCURACY JUSTIFICATION FOR GEODESIC CONTROL OF CONSTRUCTION DEFORMATIONS

Proposed approach to accuracy justification for geodesic control of construction deformations, based on imitational evaluation of bearing structures proximity to limit condition of unavailability of normal exploitation.

В монографии [1] дан анализ существующих подходов к обоснованию точности геодезического контроля за деформациями сооружений. Большинство корректных подходов базируются на реализации принципа получения измеряемых величин деформаций с заданной вероятностью, учетом строительных допусков и обеспечением несоизмеримости величин деформаций с погрешностями их измерений. Предложено развитие этого принципа, исходя из идеи о необходимости повышать точность геодезического контроля по мере приближения деформаций основания и конструкций сооружения к предельному состоянию. При этом выбор переменной точности контроля предусматривается обеспечивать сочетанием геодезических наблюдений с прогнозированием процесса деформации.

В таком случае переменная точности контроля рассчитывается по формуле:

$$m_x(t_2) = C[x_{np} - \hat{x}(t_2|t_1)],$$

где

$m_x(t_2)$ - изменяющаяся во времени оптимальная погрешность измерения параметра деформации x на момент времени t_2 ;

x_{np} - предельно допускаемая величина параметра деформации;

$\hat{x}(t_2|t_1)$ - прогнозная оценка параметра деформации на время t_2 из конца периода основания прогноза t_1 ;

$C = f(P, V)$ - коэффициент, выбираемый из составленных таблиц по заданному уровню вероятности P верного заключения и относительному рассеиванию V , определяемому по формуле:

$$V = \left[\frac{\hat{\sigma}_x(t_2|t_1)}{x_{np} - \hat{x}(t_2|t_1)} \right],$$

в которой $\hat{\sigma}_x(t_2 | t_1)$ - предвычисленная по модели погрешность прогнозирования.

Отметим, что в книге [1] представлены различные виды разработанных автором прогнозных моделей, позволяющих находить оценки $\hat{x}(t_2 | t_1)$ и $\hat{\sigma}_x(t_2 | t_1)$. При этом в качестве универсального параметра деформации используется перемещение каждой контролируемой точки сооружения, по совокупности значений которых можно вычислить параметры различных видов деформаций.

Резерв повышения обоснованности выбора необходимой точности геодезического контроля за деформациями заключается в уточнении имитационным путем предельно допускаемых в конкретных условиях значений x_{np} . Конкретные условия характеризуются имеющимися данными по каждому сооружению о неоднородности сложения и состава грунта основания, модуля его деформации, о совместной пространственной жесткости основания и сооружения, о распределении нагрузок на площади фундамента и др. Современный уровень развития механики грунтов, строительной механики и программно-аппаратных средств позволяет успешно решать такую имитационную задачу. В результате ее решения формально обобщенные строительные допуски будут заменяться предельно допускаемыми критериями деформаций, соответствующим конкретным условиям каждого возводимого сооружения.

Первопричиной возникновения большинства видов деформаций несущих конструкций сооружения являются, как правило, его неравномерная осадка, т.е. главная составляющая деформаций основания. Она нарушает проектную геометрию взаимного положения несущих конструкций, вследствие чего в них происходит перераспределение напряжений и развиваются деформации. По мере увеличения отклонений конструкции от проектного положения возрастает напряженно-деформированное состояние и приближается к предельному по степени пригодности сооружения к нормальной эксплуатации. Представленную схему развития деформационного процесса нами предлагается реализовать имитационно в виде численного эксперимента для обоснования точности геодезического контроля в зоне приближения к предельному состоянию по деформациям. В таком случае для назначения точности должен использоваться принцип ничтожно малого влияния погрешностей измерений на определяемую критическую величину деформации.

Для выполнения имитационных исследований находим целесообразным использовать метод перемещений, являющийся основным в строительной механике и метод конечных элементов при осуществлении численных экспериментов по рассмотренной выше схеме. Полным содержанием численного эксперимента предусматривается на первом этапе оценка деформации грунтового основания, на втором этапе - оценка деформаций несущих конструкций конкретного сооружения и обоснование точности геодезического контроля. Возможно упрощенное имитационное решение, когда будут умышленно задаваться конечные значения осадки фундаментов и ее неравномерности, характеризующие качественное состояние сооружения [1], а

по ним – оцениваться деформации несущих конструкций и обосновываться необходимая точность геодезического контроля. Такой прием может использоваться в целях имитационного доведения напряженно-деформированного состояния до предельного.

Систематизация результатов имитационных исследований по классам и группам грунтовых оснований, по типам и уровням ответственности сооружений позволит сделать обобщающие выводы о выборе обоснованной точности геодезического контроля за деформациями в определенных условиях. Кроме того, результаты численных экспериментов помогут глубже понять особенности работы конструкций сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуляев Ю.П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений [Текст] / Ю.П.Гуляев – Новосибирск: СГГА, 2008.- 256с.

© Ю.П. Гуляев, Л.А. Максименко, 2009

УДК 528.48: 65.011

В.Ф. Ловягин

СГГА, Новосибирск

МЕТОДОЛОГИЯ В АСПЕКТЕ СОВРЕМЕННОЙ ПАРАДИГМЫ ИНФОРМАЦИОННО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ОПТИМИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

V.F. Lovyagin

SSGA, Novosibirsk

METHODOLOGY OF THE MODERN PARADIGM ASPECT CONCERNING GEODETIC DATAWARE SUPPORT OF THE OPTIMIZATION PROCESS OF LINEAR STRUCTURES SPATIAL PARAMETERS

The paper deals with the investigation as regards dataware support of computer-aided designing of linear engineering structures on the basis of innovation methods for system-structural and object-oriented approaches to the processes of collection, processing and interpretation of the data on the terrain. The methods are to minimize capital costs of the new projects due to optimization of the linear structure spatial position.

Развитие и совершенствование экономических отношений в современном мире неразрывно связаны с решением актуальной проблемой обеспечения устойчивого развития территорий с минимизацией затрат различных (особенно не возобновляемых) ресурсов. В частности, эффективность решения проблемы ресурсосбережения при проектировании и строительстве авто- и железных дорог, линий электропередачи и связи, нефтепроводов и газопроводов и т.д. во многом зависит от пространственного положения указанных линейных инженерных сооружений (ЛИС).

Решение проблемы ресурсосбережения в строительстве связано с переходом на новую технологию многовариантного автоматизированного процесса проектирования ЛИС, что создает условия оптимизации капитальных вложений в новое строительство. Очевидно, что процесс многовариантного проектирования должен строиться на основе оценки состояния прикладных свойств объектов территории, на которой намечено строительство. Для оценки состояния территории используются данные материалов изучения заданной территории целым рядом наук о Земле (геодезия, картография, геология, гидрология и т.д.), Совмещение в единый информационный пакет разнородных данных выливается в сложную методологическую, техническую и экономическую проблемы.

В решении проблемы информационного обеспечения процесса многовариантного проектирования важная роль принадлежит геодезии, так как методами геодезии ведется определение пространственного состояния, как объектов проектирования, так и природных и искусственных объектов местности (ПИОМ). Геодезисты, привлекая данные других наук о Земле, интерпретируют результаты наблюдений в единую систему, данные которой используются для обоснования конструктивно-строительных параметров будущего сооружения.

Исходя из современных требований внедрения в производство ресурсосберегающих технологий, возникает научная необходимость активного формирования и развития новой парадигмы геодезического обеспечения автоматизированного проектирования ЛИС. Решение возникающих при этом проблем концептуально должно быть направлено на создание информационных систем (ИС). Задачи исследования и проектирования сложных технических систем (инженерных сооружений) взаимосвязаны. Поэтому решение тех и других задач должны иметь общую методологическую основу исследования сложных систем, включающую системно-структурный, объектно-ориентированный подходы и геоинформационные технологии получения и использования в прикладных целях пространственно-временной информации о территориях, на которых намечено строительство[1,2].

Таким образом, задачей процесса ИИЗ для строительства, заключается в информационном обеспечении процесса многовариантного компьютерного проектирования и оптимизации решений в интерактивном режиме пространственных параметров ЛИС. Все это вызывает существенное расширение и изменение содержания геодезического обеспечения проектирования и строительства ЛИС в части значительного увеличения объема и изменения качества интерпретации собираемой информации.

Новые требования к интерпретации пространственной информации для целей проектирования ЛИС делают актуальным процесс разработки новых методов и технологий решения геодезических задач на инновационной методологической основе.

Поэтому современное геодезическое обеспечение должно удовлетворять главному условию – быть основой для взаимной увязки и совместного использования собранной разнородной информации о свойствах ПИОМ в виде информационных моделей (ИММ). ИММ, отражающие состояние территории, используются для обеспечения процесса генерации вариантов пространственного положения проектируемого данного класса сооружений и оценку полученных вариантов по критерию величины капитальных затрат на сооружение ЛИС.

Таким образом, в процессе формирования указанного направления возникла научная проблема приведения процесса геодезического обоснования для проектирования и строительства ЛИС к современным требованиям разработки на новой методологической основе системно-структурного подхода с использованием геоинформационных технологий, обеспечивающих оптимизацию пространственных параметров проектируемых сооружений.

Предложенный автором статьи вариант направления развития целой отрасли производства, именуемый инженерно-строительными изысканиями, вызван устаревшей парадигмой традиционного технологического процесса, неудовлетворительно использующего современные методы и средства сбора и интерпретации собираемой информации о местности.

На практике производство ИИЗ трасс ЛИС осуществляется в соответствии со следующей технологической формулой < сбор, обработка информации о местности – камеральная разработка вариантов проекта трассы – сравнение вариантов по ряду косвенных показателей, где наиболее важным является показатель длины трассы – вынос рекомендованного к проектированию варианта трассы в натуру>.

Согласно приведенной технологической формуле, которая является типичной для ИИЗ, вынос трасс ЛИС в натуру осуществляется до разработки проекта сооружения, в частности, до процесса определения мест установки промежуточных опор линий электропередачи (ВЛ) или площадок нефтеперекачивающих станций на нефтепроводах. Такая технология не позволяет рассматривать всё многообразие возможных проектных вариантов размещения на местности инженерного сооружения, что приводит к неоптимальным решениям и, в конечном счете, ведет к неоправданному расходу различных ресурсов при строительстве. Цена такого функционального разделения между процессами ИИЗ трасс и процессом конструктивно-строительных разработок в едином процессе создания проекта ЛИС в электросетевом строительстве неоправданно повышает сумму капитальных вложений примерно на 15 %.

К факторам, негативно влияющим на технологичность традиционного процесса ИИЗ трасс, относятся:

- а) Морально устаревшая парадигма процесса ИИЗ трасс;
- б) Недостаточность различных ресурсов, в том числе и методических;
- в) Практическое отсутствие оперативного учета обратных связей процесса трассирования с процессом собственно проектирования инженерного сооружения;
- г) Отсутствие методики разработки и оценки альтернативных вариантов трассы по критерию капитальных затрат на строительство.

Принятие оптимальных решений при проектировании инженерного сооружения связано с учетом влияния разнообразных свойств ПИОМ на положение трассы в пространстве. Множество сочетаний ПИОМ и их свойств определяет множество вариантов компоновки инженерного сооружения на заданной территории. При этом расчетная площадь изучаемой территории может достигать нескольких тысяч квадратных километров [3].

Исследования больших площадей земной поверхности в широком понимании (как контакт различных сфер Земли: литосферы, атмосферы, гидросферы, техносферы и др. сфер) при инженерных изысканиях трасс ЛИС тесно связано с эффективностью используемого метода познания закономерностей влияния свойств ПИОМ на экономическую составляющую

нового строительства на основе системного единства с проектируемым объектом.

Сложность процедуры оценки вариантов трассы в процессе ИИЗ объясняется тем, что экономический параметр недоступен для непосредственного измерения. Поэтому оптимизация пространственных параметров проектируемого линейного сооружения на многовариантной основе обуславливает необходимость проведения инженерно-изыскательских работ по каждому из вариантов, что невыполнимо по причине большого объема затрат различных ресурсов.

Повышение эффективности процесса ИИЗ связано с необходимостью решения двух противоречивых задач. Задачи информационно-геодезического обеспечения процесса многовариантного компьютерного проектирования ЛИС в среде САПР конкретного класса ЛИС и задачи минимизации затрат различных ресурсов для цели создания оптимальной «информационной среды», объем и качество которой отвечала бы поставленной цели.

На современном этапе решение проблем сбора и интерпретации данных о земной поверхности становится возможным благодаря внедрению в производство ИИЗ высокопроизводительных технологий, таких как глобальные спутниковые систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия); лазерные технологии сбора информации, автоматизации угловых и линейных измерений и их математическая обработка, что позволяют оперативно получать в необходимом объеме и с необходимой точностью значения, как пространственных параметров проектируемого инженерного сооружения, так и параметров учитываемых свойств местности, в том числе данных, характеризующих геодинамические процессы.

. Но разработка эффективных решений по определению оптимального пространственного положения ЛИС может состояться, если удастся установить в количественном виде характер связей различных свойств ПИОМ с параметрами проектируемого объекта, т.е. разработать структуру информационного процесса или системы и методики моделирования состояния заданной территории по геодезическим и геолого – геофизическим измерениям параметров свойств ПИОМ с процедурами управления процессом оптимизации принимаемых решений. [3].

Эти особенности процесса ИИЗ трасс ЛИС обуславливают большую сложность процесса разработки информационных систем с природными компонентами с распределенными параметрами $X\{(x,y,z),t\}$. Дискретность значений параметров свойств ПИОМ определяет ИС как дискретную пространственно – временную подсистему в структуре САПР ЛИС. При этом базой ИС является пространственно – временная физическая среда.

Решение указанных выше проблем представлены в работах [1,2,3] с реализацией разработки структуры трехуровневой иерархической информационной системы оптимизации пространственных параметров проектируемых ЛИС.

Такой подход позволил решить сложную задачу совмещения в иерархически организованных информационных моделях местности (ИММ)

больших объемов разнородной информации и организовать на трех иерархических уровнях ИС многовариантный процесс последовательной оптимизации пространственного положения проектируемого ЛИС по критерию минимизации капитальных затрат в строительство [4].

Разработанная методология информационно-геодезического обеспечения отличается от традиционной технологии инженерных изысканий трасс автоматизацией процесса разработки альтернативных вариантов пространственных параметров проектируемого линейного сооружения с прямой их оценкой по экономическому параметру с использованием прикладных ИММ. Формирование трехмерной ЦММ в пределах расчетной оптимальной трассировочной полосы (ТП) (третий иерархический уровень) создает «информационную среду» для функционирования в интерактивном режиме в среде САПР процесса проектирования и оптимизации на многовариантной основе пространственного положения ВЛ, что является процедурой не доступной для традиционного процесса ИИЗ.

Формула информационной технологии включает следующие основные операции: <сбор и анализ фондовой, справочной и другой информации о разнообразных условиях местности на заданную территорию ОП – формирование прикладной ИММ в границах ОП – многовариантный поиск «перспективной зоны» (ПЗ) с оптимальными пространственными параметрами по критерию минимизации капитальных вложений в строительство – детализация в пределах оптимальной ПЗ условий местности путем натурного обследования, данных согласований с заинтересованными организациями и т. д. – корректировка пространственного положения ПЗ – формирование ИММ в пределах ПЗ – поиск «трассировочной полосы» (ТП) с оптимальными по линейному параметру пространственного положения трассы – создание в пределах ТП ЦММ по данным наземной съемки, данным фотограмметрической обработки маршрутной аэрофотосъемки или данных с использованием картографического материала соответствующего масштаба>.

Таким образом, современная парадигма направлена на решение проблемы поиска оптимальной трассировочной полосы в заданном пространстве земной поверхности, в то время как целью традиционного технологического процесса является трасса, которая определяет пространственное положение проектируемого ЛИС.

Результаты выполненных экспериментов с использованием специально созданного программного комплекса показали технологичность информационного обеспечения многовариантного проектирования ЛИС.

Эффективность применения новой методологии информационно-геодезического обеспечения проектирования трасс ВЛ выражается в снижении капитальных вложений в строительство этих сооружений в пределах до 10 %. При этом затраты на сбор и обработку комплексной геодезической и геолого-геофизической информации о свойствах ПИОМ увеличиваются примерно на 1 % капитальных вложений по сравнению с традиционной технологией ИИЗ трасс ЛИС [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ловягин В.Ф. Концептуальные положения моделирования ГИС-технологии процесса оптимизации трасс инженерных сооружений по данным геодезических и геолого-геофизических наблюдений // Изв. вузов Геодезия и аэрофотосъемка.. –2005. –№ 2. –С. 27–41.
2. Ловягин В.Ф. Новый методологический подход к развитию инженерно-строительных изысканий трасс по геодезическим и геолого-геофизическим данным // Изв. вузов Горный журнал.- 2007- № 8.- С.27-32.
3. Ловягин В.Ф. Системный анализ инженерно-строительных изысканий в аспекте решения проблем ресурсосбережения в строительстве линейных сооружений // Изв. вузов. Строительство.-2006.-№ 8.- С. 108-112.
4. Ловягин В.Ф. Альтернатива развития инженерных изысканий - структурная оптимизации технологического процесса // Геодезия и Картография.- 2006. - №7. – С. 30 – 35.

© В.Ф. Ловягин, 2009

УДК 528.48

А.А. Басаргин

СГГА, Новосибирск

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСАДКИ УТЕРЯННОЙ МАРКИ

An.A. Basargin

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

USE OF GEOSTATISTICAL METHODS FOR CALCULATION OF THE LOST MARK SETTLEMENT

The author makes an attempt to use geostatistical methods of interpolation for calculation of the mark lost as the result of building and assembly jobs. From monitoring experience we see that it is desirable to incorporate into the system not only the software tools for primary data processing but those for more complete analysis of the obtained results as well.

Безаварийная эксплуатация зданий и сооружений в значительной мере определяется не только наличием систематического контроля осадок и деформаций, но и используемыми приемами и методами математической обработки и интерпретации результатов наблюдений на основе достижений в области математической статистики и математического моделирования, теории систем и теории управления.

Целью данной статьи является применение геостатистической интерполяции для вычисления утерянной или недоступной для нивелирования осадочной марки.

Вычисление утерянной марки осуществлялось на основе наблюдений за осадками фундамента строящегося административного здания в городе Новосибирске. После 13-го цикла наблюдений были утеряны некоторые осадочные марки фундамента из-за проводимых строительных работ. Поэтому возникла задача определить значение осадки на данных осадочных марках, чтобы иметь более полную картину пространственного состояния наблюдаемого объекта.

Одним из инструментов позволяющих анализировать пространственное состояние сооружения является модуль Geostatistical Analyst геоинформационной системы ArcGIS [1].

Схема геостатистического метода заключается в следующем, выполняется статистический анализ пространственной изменчивости пространственной случайной функции (ПСФ) (вариограммный или ковариограммный анализ) и, на его основе, определенным способом (кригинг) вычисляются

квазиоптимальные значения параметров модели, которые, в свою очередь используются для вычисления утерянных марок [2].

Для геостатистического анализа результатов мониторинга осадок целесообразно применить кригинг метод. Метод кригинга вычисляет оценку пространственной функции на указанной марке как линейную комбинацию значений в измеренных точках. Предварительно решается система уравнений кригинга относительно коэффициентов линейной комбинации.

Множество кригинг- оценок ПСФ в точках пространства образуют интерполирующую гиперповерхность (ИГ) [1]. Кригинг - строго интерполяционная процедура.

Чтобы кригинг выполнял наиболее подходящую для данной ПСФ интерполяцию, для формирования системы уравнений кригинга используется вариограмма, получаемая в результате вариограммного анализа как вида анализа пространственной изменчивости ПСФ [3].

Далее, на рис. 1 приведены цифровая модель интерполяции осадок фундамента, построенная с помощью кригинг метода и экспоненциальной модели вариограммы для 13 цикла наблюдений.

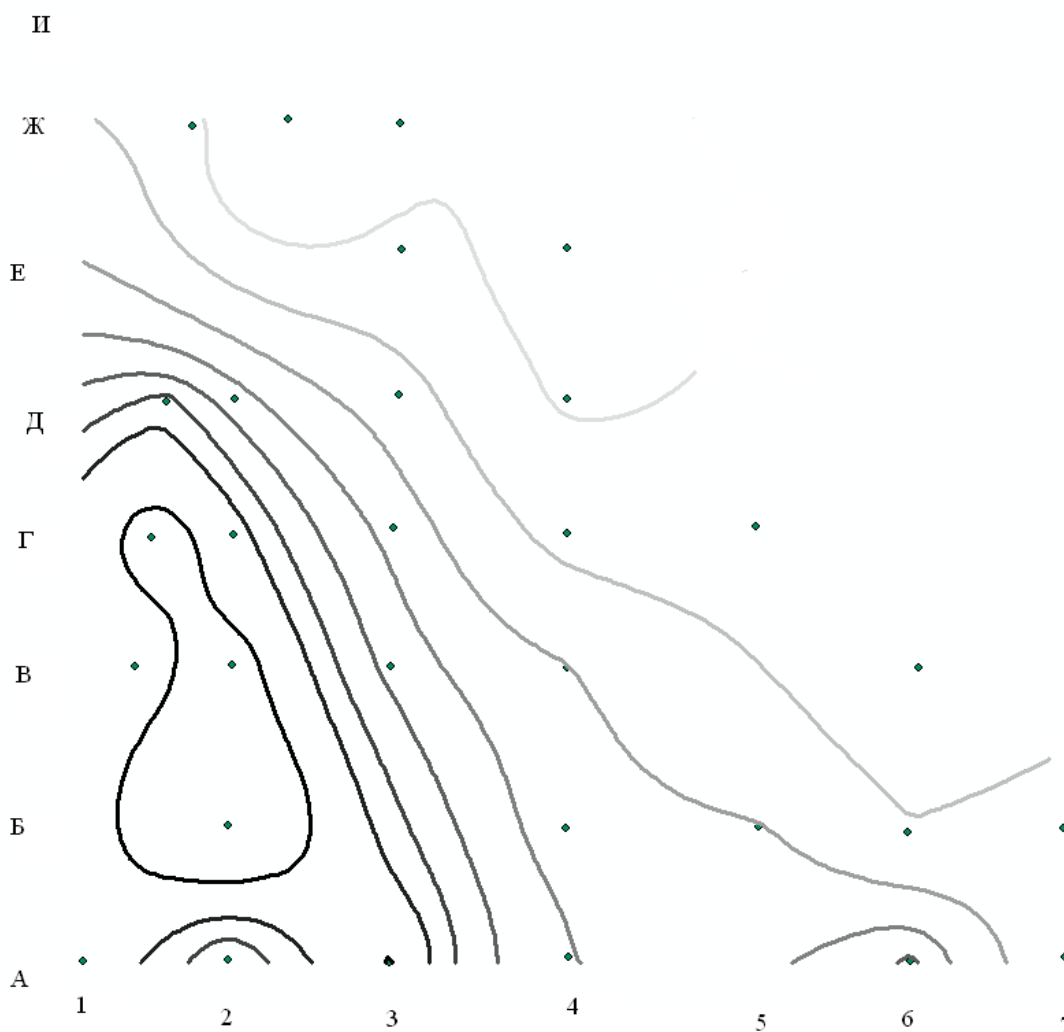


Рис. 1. Цифровая модель интерполяции осадок фундаментов инженерного сооружения для 13-го цикла

Результаты вычислений утерянных марок представлены в табл. 1.

Средняя квадратическая ошибка вычислений утерянных марок не превышает -0,38 мм.

Таблица 1. Вычисленные значения утерянных марок

Утерянная марка	Вычисленное значение (мм.)	Средняя квадратическая ошибка (СКО) (мм.)
A5	-5,1	-0,29
B1	-4,5	-0,35
B3	-5,5	-0,16
B5	-3,2	-0,34
E1	-3,1	-0,21
E2	-2,5	-0,38
I1	-3,1	-0,31
I2	-2,7	-0,27

Таким образом, геостатистические методы интерполяции позволяют представить более полную картину пространственного состояния наблюдаемого объекта. В данном случае геостатистические методы интерполяции позволяют вычислять значения осадки утерянных марок со средней квадратической ошибкой 1,35 мм.

Кроме вычисления утерянных марок Geostatistical Analyst помогает в решении таких пространственных задач, как создание карты распределения температур, оценка природных рисков и др.

В инженерно- геодезической практике модуль Geostatistical Analyst целесообразно использовать для интерполяции результатов наблюдений за осадками и создания цифровых моделей рельефа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ArcGIS™ 3D Analyst™: Using_Geostatistical_Analyst ESRI 380 New York St. - Badlands, 2002, 307 с.
2. ArcGIS: Geostatistical Analyst, White Paper 08 2001 ESRI 380 New York St. - Badlands, 2001, 22 с.
3. 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.

© А.А. Басаргин, 2009

УДК 528.48

А.А. Басаргин

СГГА, Новосибирск

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ВАРИОГРАММЫ ДЛЯ ИНТЕРПОЛЯЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКОЙ ФУНДАМЕНТОВ ИНЖЕНЕРНОГО СООРУЖЕНИЯ

An.A. Basargin

Siberian State Academy of Geodesy (SSGA)

10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation

CHOOSING OPTIMAL MODEL OF VARIOGRAM FOR INTERPOLATION OF ENGINEERING STRUCTURE FOUNDATION SETTLEMENT OBSERVATION RESULTS

The article analyzes basic models of variograms for interpolation of georeferenced data on the basis of geostatistical methods. Modern GIS technologies allow to produce interpolation surfaces which give statistical representation of measurements results and appraise the performed analysis quality.

Одной из составных задач прикладной геодезии является контроль деформаций зданий и сооружений. Специалисты, решающие эту задачу должны знать основные принципы, правила и технологии процессов осадок и грамотно интерпретировать полученные результаты.

Одним из современных инструментов интерполяции данных является модуль Geostatistical Analyst геоинформационной системы ArcGIS. Geostatistical Analyst предоставляет разнообразные возможности исследования, отображения и создания поверхностей с использованием развитых статистических методов [2].

Целью статьи является выбор наиболее оптимальной модели пространственной зависимости, представляющей результаты наблюдений за осадкой фундаментов инженерного сооружения.

Для геостатистического анализа результатов мониторинга осадок целесообразно применить кригинг метод [1]. Кригинг позволяет решать два вида задач: количественная оценка пространственной структуры данных и интерполяция.

Чтобы кригинг вычислял наиболее подходящую для данной пространственной случайной функции (ПСФ) интерполяцию, для формирования системы уравнений кригинга используется вариограмма, получаемая в результате вариограммного анализа, как вида анализа пространственной изменчивости ПСФ.

Вариограмма представляет неотрицательную функцию, описывающую половину меры разброса (вариации) значений ПСФ между двумя произвольными точками в зависимости от их взаимного расположения в пространстве. В частности, может рассматриваться функция от приращений координат при переходе от одной точки к другой. Поскольку порядок упоминания точек на вариацию не влияет, вариограмма обладает свойством симметрии относительно оси вариаций [2].

Вариограмма определяет форму интерполяционной поверхности в промежутках между исходными точками. Влияние вариограммы на интерполяционную поверхность больше в тех областях пространства, где исходные точки разрежены и наиболее сильно в области экстраполяции [1].

Существуют следующие модели вариограммы:

- Сферическая;
- Тетрасферическая;
- Пентасферическая;
- Экспоненциальная;
- Гауссова;
- Бесселя;

и др.

Выбор модели осуществлялся на основе наблюдений за осадками фундамента строящегося административного здания. Мониторинг осадок выполнялся каждый месяц в течение 2007 года. В результате получены значения осадок 38 контрольных марок по каждому циклу наблюдений.

Далее, на рис. 1 приведены цифровая модель интерполяции осадок фундамента, построенная с помощью кригинг метода и экспоненциальной функции вариограммы для 12 цикла наблюдений.

Для анализа моделей интерполяции использовались контрольные марки 12-го цикла наблюдений. По результатам наблюдений в 12-м цикле для них получены абсолютные осадки контрольных марок.

Таблица 1. Результаты перекрестной проверки

Марки	Абсолютная осадка (мм.)	Вычисленная осадка (мм.)	Стан. Ошибка (мм.)	Ошибка (мм.)
A1	-5,4	-6,4	0,97	-1,0
A2	-6,7	-5,6	0,83	1,1
A3	-5,6	-5,7	0,79	-0,1
A4	-5,3	-5,4	0,75	-0,1
A5	-5,2	-5,7	0,73	-0,5
A6	-4,9	-4,4	0,79	0,5
A7	-3,1	-4,5	0,79	-1,3
B1	-2,5	-2,6	0,73	-0,1
B2	-6,2	-5,8	0,85	0,3
B3	-5,7	-5,9	0,79	-0,2

В результате анализа моделей вариограммы с помощью кригинг метода установлено, что средняя квадратическая ошибка интерполяции для экспоненциальной функции вариограммы равна 0,97 мм., сферической 1,12 мм., гауссова 1,25 мм.. и т.д.

В табл. 1 представлены результаты перекрестной проверки геостатистической интерполяции для первых 10 контрольных марок.



Рис. 1. Цифровая модель интерполяции осадок фундаментов инженерного сооружения

Таким образом, проведя анализ пространственных функций вариограммы можно сказать, что наиболее подходящей для моделирования осадок фундаментов является экспоненциальная, так как она в большей мере отражает пространственную корреляцию между исходными данными. Это подразумевает приближение функции к указанному числу марок или всех марок в пределах указанного радиуса, чтобы определить значения для каждой точки интерполируемой поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ArcGIS™ 3D Analyst™: Using_Geostatistical_Analyst ESRI 380 New York St. - Badlands, 2002, 307 с.
2. ArcGIS: Geostatistical Analyst, White Paper 08 2001 ESRI 380 New York St. - Badlands, 2001, 22 с.
3. 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.

УДК 528

Д.К. Буданаев, Б.Н. Жуков

СГГА, Новосибирск

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ КАМЕННО-НАБРОСНОЙ ПЛОТИНЫ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

D.K. Budanayev, B.N. Zhukov

SSGA, Novosibirsk

GEODETIC SUPPORT OF THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF THE BOGUCHANY ROCK-FILL HYDROELECTRIC POWER PLANT

The construction of the Boguchany hydroelectric power plant on the Angara river, the region with extremely continental climate, has some peculiarities, as regards both its design and building-and-assembly jobs.

The paper describes the technologies of geodetic works on asphaltic concrete core wall erection, laying the earth dam rock masses and installation of the control equipment for field observations.

Строительство Богучанской ГЭС на р. Ангара в районе с резко континентальным климатом имеет свои специфические особенности, как в конструктивном отношении, так и производстве строительно-монтажных работ.

Общая протяженность плотины Богучанской ГЭС составляет 2628м. Она состоит из бетонной части длиной 774 м и каменно-набросной плотины (КНП) длиной 1865 м.

Каменно-набросная плотина (КНП) (см. рисунок) большей частью (1645м) расположена в пределах русла. Участок правобережного примыкания составляет 204,5м. Отметка гребня плотины – 212м. Ширина плотины по гребню в русловой части 20м, в месте сопряжения с берегом ширина гребня развивается до 100м. Профиль плотины симметричный. Высота плотины в русловой части составляет 80 м.

Перечень основных видов работ, конструктивов и номера технологических схем выполнения работ, входящих в проект производства работ (ППР), а также номера проектов производства крановых работ приведен в таблице.

Возведение асфальтобетонной диафрагмы (АБД) предусматривает выполнение следующих основных технологических операций:

- Подготовка поверхности бетона и асфальтобетона для укладки асфальтовой смеси,
- Монтаж опалубки,
- Приготовление асфальтобетонной смеси,
- Транспортирование асфальтобетонной смеси,

- Укладка асфальтобетонной смеси,
- Контроль за остыванием асфальтобетона в блоке и снятие опалубки с блока,
- Отсыпка и уплотнение грунта в прилегающие к диафрагме участки.

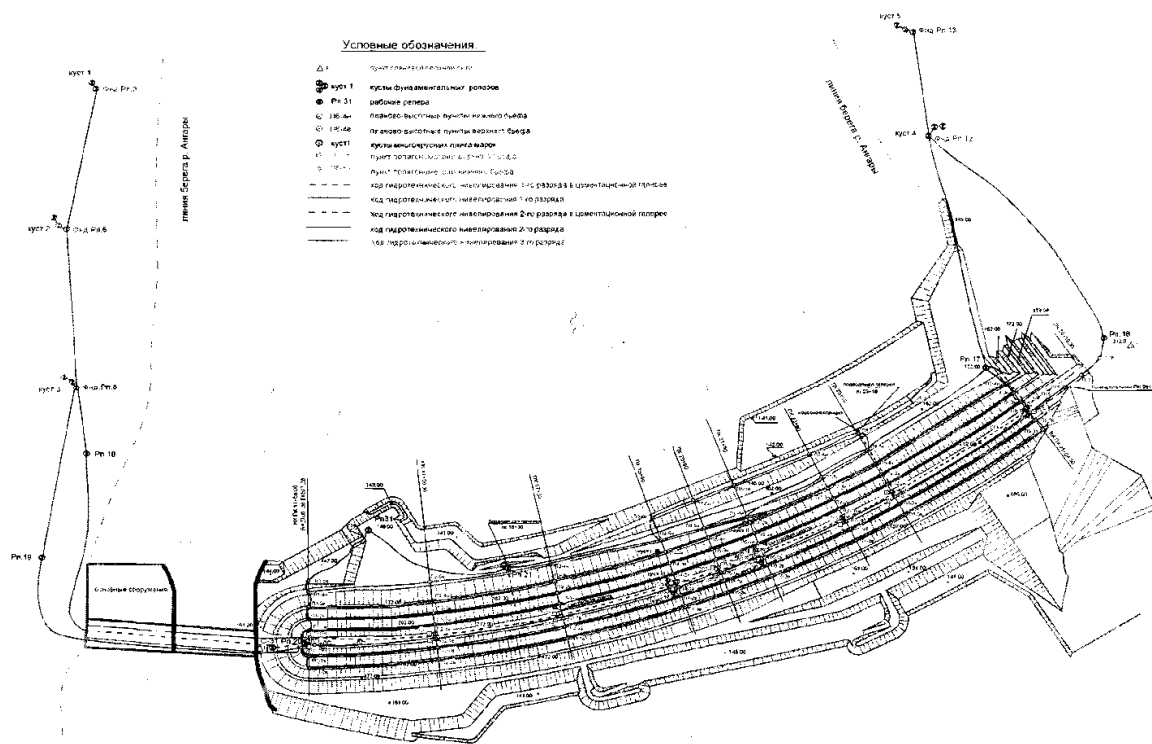


Рис. Каменно-набросная плотина с размещением высотных знаков

Таблица. Перечень основных видов работ по возведению плотины

№ п/п	Вид работ. Конструктивы	№№ технологических схем	Примечание
1	Отсыпка горной массы фр. 0÷800 и переходных слоев фр. 0÷100. 0÷300.	T-07-025, л.1÷6	Технологические схемы
2	Устройство асфальтобетонной диафрагмы.	T-07-023, л.1÷8	Технологические схемы
3	Отсыпка супеси и переходных зон в правобережный экран.	T-07-035, л.1÷2	Технологические схемы
4	Укладка бетона в облицовку правого берега.	T-07-024, л.1÷9	Техусловия на выполнен. работ. Крановый ППР
5	Монтаж сборных ж/б смотровых шахт на ПК21+90 и ПК17+30.	T-07-026, л.1	Техусловия на выполнен. работ. Крановый ППР
6	Асфальтобетонная диафрагма. Монтаж опалубки. Укладка асфальтобетона.	T-07-033	Крановый ППР
7	Бетонирование секций №1 и 2 соединительной и №87 цементационной галерей и опорной плиты.		Крановый ППР-будет разработан после выдачи рабочей документ.

Возведение АБД, как и сама отсыпка грунта осуществлялись слоями методом наращивания.

Геодезические работы по возведению очередного слоя АБД состояли из нескольких этапов. Сначала от опорной плановой сети и точек закрепления осей на заданном проекте горизонте велась разбивка и закрепление пикетных точек оси АБД по всем залитым и остывшим блокам. Затем выполнялась детальная разбивка криволинейной оси АБД через каждые 10м методом перпендикуляров. Для этого устанавливали тахеометр SOKKIA Set 630 на один пикет, а вешку на следующий. Брался отчет и устанавливалось нулевое направление на вешку, по створу отбивались 10-ти метровые промежутки с домерами на эти десятки. В каждой отмеренной точке забивался дюбель, фиксирующий ось плотины. От точек детальной разбивки устанавливалась и проверялась опалубка следующего слоя заливки АБД.

После отвердения асфальтобетона производился демонтаж опалубки (металлическая опалубка – конструктив), выполнялась исполнительная съемка боковых поверхностей. Для съемки боковых поверхностей залитого блока использовались 2 отвеса, рулетка и брусок с надпилами по центру и по 5 сантиметров от краев. Центр бруска устанавливался на дюбель, а по краям подвешивались отвесы. От отвесов до боковой поверхности асфальта по верху и по низу залитого блока измеряют расстояния и вычисляют отклонения блоков от проекта. Эти данные, а также данные отклонений поверхности блоков от проектных отметок, заносят в исполнительную ведомость, где были фактические значения, и подсчитывают объем залитого асфальтобетона. После контрольных измерений производилась отсыпка грунта по обеим сторонам АБД.

На основании данных, которые были получены при нивелировании и плановой съемке блока, составляют исполнительную ведомость в программе Microsoft Office Excel. Она содержала отметки пикетов, десятых частей пикетов, проектные объемы требуемого асфальтобетона для данного блока. Подсчет объема требуемого асфальта для блока производят путем перемножения длины блока, ширины и высоты. Эта ведомость служила основанием для заливки блока асфальтом.

Участки, предназначенные для укладки горной массы, в плане разбиваются на равновеликие карты, на которых последовательно выполняются следующие операции:

- Подготовка поверхности уплотненного слоя к последующей укладке грунта,
- Отсыпка и разравнивание грунта,
- Уплотнение грунта до проектной плоскости,
- Отбор проб службой геотехконтроля и оценка качества уложенного слоя,
- Разрешение на укладку следующего слоя.

Геодезические работы при укладке горной массы состоят в разбивке откосов и берм и выполняются от оси АБД по поперечникам. После укладки каждого слоя производят исполнительную съемку уложенного грунта и считают объемы.

При возведении каменно-набросной плотины устанавливают контрольно-измерительную аппаратуру (КИА).

В техническом задании на составлении «Программы наблюдений...» 1986 года приведены ожидаемые величины деформаций каменно-набросной плотины. Для гребня плотины (отметка 212.0 м) ожидаются горизонтальные перемещения до 100мм и осадки до 700 мм, у подошвы низового склона (отметка 152.0 м) эти величины составляют 40мм и 50мм соответственно.

На основании величины ожидаемых перемещений и осадок, а также указаний, содержащихся в Пособии к СНиП 3.01.03.-84 и Руководства П-648, «Программой» устанавливаются следующие погрешности определения деформаций каменно-набросной плотины Богучанской ГЭС:

Виды деформаций	Погрешность мм
Вертикальные деформации основания плотины	2
Вертикальные деформации гребня и призм плотины	5
Горизонтальные деформации гребня и призм плотины	10 и 15
Крен и прогиб АБД	2

Исходя из приведенных погрешностей определения деформаций, устанавливают состав КИА, методы, классы точности и длины ходов для геодезических измерений того или иного вида (нивелирование, линейные и угловые измерения).

При измерении осадок гидротехнических сооружений используют знаки, которые можно подразделить на три группы:

а) Марки, закладываемые в исследуемом сооружении. По осадкам марок можно сделать выводы об осадках сооружения;

б) Рабочие реперы, закладываемые вблизи сооружения в деформируемой зоне. От них в каждом цикле нивелируются марки в сооружении. На рабочие реперы периодически передают отметки от опорной высотной сети;

в) Опорные (исходные) репера. Закладываются за пределами зоны возможных деформаций в устойчивые грунты. Предполагается, что отметки исходных реперов остаются неизменными длительное время.

Опорная высотная сеть Богучанской ГЭС (см. рисунок) закреплена пятью кустами фундаментальных реперов, расположенных в нижнем бьефе гидроузла. Три куста реперов находятся на левом берегу р. Ангары (кусты №№ 1, 2 и 3), два - на правом берегу (кусты № 4 и 5) на удалении 1.5-3.5 км от створа плотины. Каждый куст состоит из трех реперов.

Для определения вертикальных деформаций упорных призм на гребне и бермах плотины устанавливаются планово-высотные знаки. По этим же знакам определяется и горизонтальная деформация соответствующих элементов КНП.

Конструкция планово-высотного знака оптимизирована для установки нивелирной рейки при производстве нивелирования, а также для установки и специально изготовленного переходника под призму при определении координат пункта.

Боковые, поверхностные и потолочные марки служат для определения вертикальных деформаций основания каменно-набросной плотины.

Боковые марки устанавливаются в цементационной галерее каменно-набросной плотины для определения осадки основания плотины с начала ее возведения. Поверхностные марки устанавливаются в подводящих галереях на пикетах 16+30.0 и 28+66.0. Потолочные марки закладываются в подходной галерее насосной станции на пикете 25+10.

Боковые марки в смотровых шахтах устанавливаются на пяти горизонтах в стенах бетонных колец. Наблюдения за вертикальными деформациями центральной части каменно-набросной плотины ведутся по маркам, заложенным в смотровых шахтах, расположенных в нижнем бьефе каменно-набросной плотины на ПК 21+90 и ПК 17+30. Для определения крена колец смотровой шахты на пяти ярусах размещаются боковые нивелирные марки.

Наблюдения за горизонтальными деформациями ведутся при помощи плановой сети трех уровней точности:

- Специальная линейно-угловая сеть 4-го класса на район КНП и основных сооружений, опирающаяся на плановую сеть 3-го класса;
- Полигонометрия 1-го разряда, прокладывается по гребню плотины двумя параллельными ходами между пунктами специальной линейно-угловой сети 4-го класса;
- Планово-высотные пункты, расположенные на бермах, определяются линейно-угловой (полярной) засечкой по программе полигонометрии 2-го разряда.

Наблюдения за горизонтальными деформациями и перемещениями асфальтобетонной диафрагмы осуществляются в основных наблюдательных створах I и II с помощью трубных телескопических устройств, приборов вертикального проецирования и специального оборудования, размещаемых в смотровых шахтах.

В процессе возведения плотины проводилась проверка горизонтальности установки трубных телескопических устройств с помощью технического нивелира. При монтаже колец смотровых шахт производилась проверка их горизонтальности, правильности установки горизонтальной площадки и положения технологических отверстий относительно друг друга и оси смотровой шахты с помощью отвеса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проект производства работ по возведению центральной зоны каменно-набросной плотины Богучанской ГЭС.- ЗАО “СУОС”- Саяногорск, 2007. – 20с.
2. Программа геодезических наблюдений за состоянием каменно-набросной плотины Богучанской ГЭС и ее основания в период строительства и

эксплуатации. – филиал Центр службы геодинамических наблюдений в энергетической отрасли (ЦСГНЭО). - Москва, 2008. -35 с.

3. СНиП 2.06.05-84.Плотины из грунтовых материалов. - Утв. 04.02.85. ЦИТП Госстроя СССР.- М.: Стройиздат, 1986.

4. П-648. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. Гидропроект. Москва, Энергия, 1980.- 200 с.

© Д.К. Буданаев, Б.Н. Жуков, 2009

Удк 528.48:004

К.Л. Парко, И.О. Сучков

СГГА, Новосибирск

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КРЕНОВ ДЫМОВЫХ ТРУБ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

K.L. Parko, I.O. Suchkov

SSGA, Novosibirsk

AUTOMATED MEASUREMENT PROCESSING FOR CHIMNEYS TILT DETERMINATION BY MEASURING HORIZONTAL ANGLES

The paper presents measurements processing software for chimneys tilt determination by measuring horizontal angles.

При выполнении инженерно-геодезических работ повышение точности измерений, увеличение производительности труда, снижение стоимости, возможность автоматизации процесса и организации измерений во многом определяются применением современных высокоточных электронных и цифровых приборов. Так, например, при определении кренов дымовых труб в основном используют электронные тахеометры.

Под термином «крен» понимают поворот объекта относительно продольной оси [1]. Так как ось объекта может быть горизонтальна, вертикальна или наклонна, то понятие крена становится шире. Крен сооружения может быть выражен в линейной, угловой и относительной мере.

Существуют следующие методы определения кренов [1, 2]: механические, гидростатические, оптические и стереофотограмметрические методы измерений.

Из перечисленных методов самыми распространенными являются оптические методы определения кренов. К этим методам относят: способ координат, способ направлений (горизонтальных углов), способ малых углов, способ вертикального проектирования, способ зенитных расстояний [1, 2].

Определение крена по методу измерения горизонтальных углов является одним из самых распространенных и надежных методов.

Целью нашей работы является разработка программного обеспечения для автоматизированной обработки измерений при определении кренов дымовых труб методом измерения горизонтальных углов.

В 2008 г. нами был выполнен ряд измерений по определению крена макета дымовой трубы, установленного в лаборатории Сибирской государственной геодезической академии. Измерения выполнялись, обрабатывались по

программе и способу, предложенному в [3]. При этом обработка результатов выполнялась нами в ручную на ПК.

Суть этого способа состоит в следующем. Выбирают сначала по генплану или топоплану, а затем в натуре, два примерно перпендикулярных направления от центра трубы. На этих направлениях намечают стоянки тахеометра. Производят разбивку дымовой трубы на ряд участков. Границами участков являются контролируемые сечения трубы. Число контрольных ярусов определяется как правило, не менее 3. С точек установки тахеометра выполняют наблюдения на каждое сечение, данные записывают в журнал.

Перед нами возникла необходимость в автоматизации обработки измерений. Для этого нами была написана программа Kren v1.1 в среде программирования Delphi.

Опишем кратко порядок работы с программой.

Запускаем файл Kren v1.1.exe и перед пользователем появляется следующее диалоговое окно, изображенное на рис. 1.

The screenshot shows a Windows-style dialog box for the 'Kren v1.1' application. The title bar indicates the file path 'C:\Documents and Settings\1\Рабочий стол\Т...'. The menu bar includes 'Файл' (File) and 'Правка' (Edit). The main content area is titled 'Информация об объекте:' (Object Information). It features a text input field containing 'Очистные сооружения (НЗИВ)' and 'Кирпичная дымовая труба'. Below this, there are several input fields: 'Дата:' (Date) with the value '21.08.2008'; 'Количество сечений:' (Number of sections) with a dropdown menu currently set to '4'; 'Диаметр трубы:' (Pipe diameter) with the value '2.5' and a dropdown menu showing options '3', '4', and '5'; 'Расстояние до точки А:' (Distance to point A) with the value '91.9' and the unit 'М'; and 'Расстояние до точки В:' (Distance to point B) with the value '64.02' and the unit 'М'. A 'Далее >>' (Next >>) button is located at the bottom right of the dialog.

Рис. 1. Первое диалоговое окно программы Kren v1.1.

В поля вводятся информация об объекте (название предприятия, адрес, вид дымовой трубы и т. п.), указывается дата наблюдений в любом формате, выбирается количество наблюдаемых сечений (минимальное – три, максимальное – пять сечений), вводится диаметр нижнего сечения дымовой трубы в метрах (значение не является обязательным для расчета крена), вводятся расстояния до точек установки тахеометра в метрах.

Здесь следует отметить что, если Вам необходимо очистить поля в случае ошибочного ввода данных нажимаем Правка > Очистить (Ctrl+L). Если же

необходимо открыть ранее сохраненный текстовый файл нажимаем Файл > Открыть (Ctrl+O).

После ввода данных в этом окне нажимаем кнопку Далее, и переходим к следующему диалоговому окну, изображенному на рис. 2.

Рис. 2. Второе диалоговое окно программы Kren v1.1.

Сначала по порядку вводятся данные для наблюдения с первой точки, затем – со второй. Вводим высоту наблюдаемого сечения в метрах, вводим угол наклона зрительной трубы тахеометра (градусы, минуты и секунды вводятся через пробел, если в воде данных обнаружена ошибка, например, значение градусов превышает 359 или минут и секунд 59, то на экран выводится сообщение: «Неверный ввод данных!»). Так же вводим отсчеты на левую образующую при круге лево и право и на правую образующую при круге лево и право. Аналогично вводим данные для следующего сечения.

Если нам необходимо вернуться на предыдущее окно, нажимаем кнопку Назад или выбираем Файл > Данные об объекте (кнопка F8).

Необходимо сохранить введенные данные, для этого выбираем Файл > Сохранить (кнопка F2) или Файл > Сохранить как... (Ctrl+S). Сохраненный текстовый файл имеет следующий вид представленный на рис. 3.

После того, как введены все данные, необходимо провести их анализ. Для этого нажимаем кнопку Анализ... или выбираем Данные > Анализ... (кнопка F4). Если ошибок нет и данных достаточно для расчета, то на экране появляется сообщение: «Ошибок нет. Возможен расчет.», в противном случае появляется сообщение об ошибке.

После пройденного анализа становится активной кнопка Рассчитать крен, нажав на которую мы сможем рассчитать частные крены для каждого сечения.

После этого в полях «Крен» появляется значение рассчитанного частного крена (в миллиметрах), также станут активными кнопки Сохранить расчет и Графики кренов (рис. 4).

Очистные сооружения - Блокнот

Файл Правка Формат Вид Справка

Очистные сооружения (НЗИВ)
Кирпичная дымовая труба

№4
Дата: 21.08.2008
Диаметр трубы: 2.5
Расстояние до точки А: 91.9
Расстояние до точки В: 64.02

			Точка А			
№ Сеч	Высота Н	Угол наклона	Левая образующая	правая образующая		
1	0.00	0°00'00"	кл 6°34'00"	8°35'58"		
	0.00	0°00'00"	кп 186°34'04"	188°36'02"		
2	2.85	0°00'00"	кл 6°41'58"	8°27'26"		
	2.85	0°00'00"	кп 186°41'56"	188°27'23"		
3	11.55	0°00'00"	кл 6°48'35"	8°18'52"		
	11.55	0°00'00"	кп 186°48'28"	188°18'40"		
4	18.64	0°00'00"	кл 6°56'24"	8°10'44"		
	18.64	0°00'00"	кп 186°56'16"	188°10'32"		

			Точка В			
№ Сеч	Высота Н	Угол наклона	Левая образующая	правая образующая		
1	0.00	0°00'00"	кл 88°11'41"	90°58'32"		
	0.00	0°00'00"	кп 268°11'36"	270°58'25"		
2	2.85	0°00'00"	кл 88°19'11"	90°51'06"		
	2.85	0°00'00"	кп 268°19'11"	270°51'00"		
3	11.55	0°00'00"	кл 88°32'30"	90°39'52"		
	11.55	0°00'00"	кп 268°32'22"	270°39'41"		
4	18.64	0°00'00"	кл 88°43'55"	90°27'08"		
	18.64	0°00'00"	кп 268°43'50"	270°26'55"		

Рис. 3. Общий вид файла с сохраненными данными

Данные наблюдений C:\Documents and Settings\1\Рабочий стол\Трубы\Очистные сооружения.txt

Файл Правка Данные

Точка А				Точка В			
Сечение №1 Н = 0.00 м v = 0°00'00"				Сечение №1 Н = 0.00 м v = 0°00'00"			
Левая образующая		Правая образующая		Левая образующая		Правая образующая	
КЛ	6°34'00"		8°35'58"	КЛ	88°11'41"		90°58'32"
КП	186°34'04"		188°36'02"	КП	268°11'36"		270°58'25"
Сечение №2 Н = 2.85 м v = 0°00'00"				Сечение №2 Н = 2.85 м v = 0°00'00"			
Левая образующая		Правая образующая		Левая образующая		Правая образующая	
КЛ	6°41'58"		8°27'26"	КЛ	88°19'11"		90°51'06"
КП	186°41'56"		188°27'23"	КП	268°19'11"		270°51'00"
Крен				Крен			
		-9 мм				1 мм	
Сечение №3 Н = 11.55 м v = 0°00'00"				Сечение №3 Н = 11.55 м v = 0°00'00"			
Левая образующая		Правая образующая		Левая образующая		Правая образующая	
КЛ	6°48'35"		8°18'52"	КЛ	88°32'30"		90°39'52"
КП	186°48'28"		188°18'40"	КП	268°32'22"		270°39'41"
Крен				Крен			
		-37 мм				19 мм	
Сечение №4 Н = 18.64 м v = 0°00'00"				Сечение №4 Н = 18.64 м v = 0°00'00"			
Левая образующая		Правая образующая		Левая образующая		Правая образующая	
КЛ	6°56'24"		8°10'44"	КЛ	88°43'55"		90°27'08"
КП	186°56'16"		188°10'32"	КП	268°43'50"		270°26'55"
Крен				Крен			
		-41 мм				7 мм	

<< Назад Анализ... Рассчитать крен Сохранить расчет Графики кренов

Рис. 4. Второе диалоговое окно с подсчитанными значениями частных кренов

Чтобы посмотреть графики частных кренов необходимо нажать на кнопку Графики кренов или выбрать Данные > Графики кренов (Ctrl+G). Результат представлен на рис. 5.

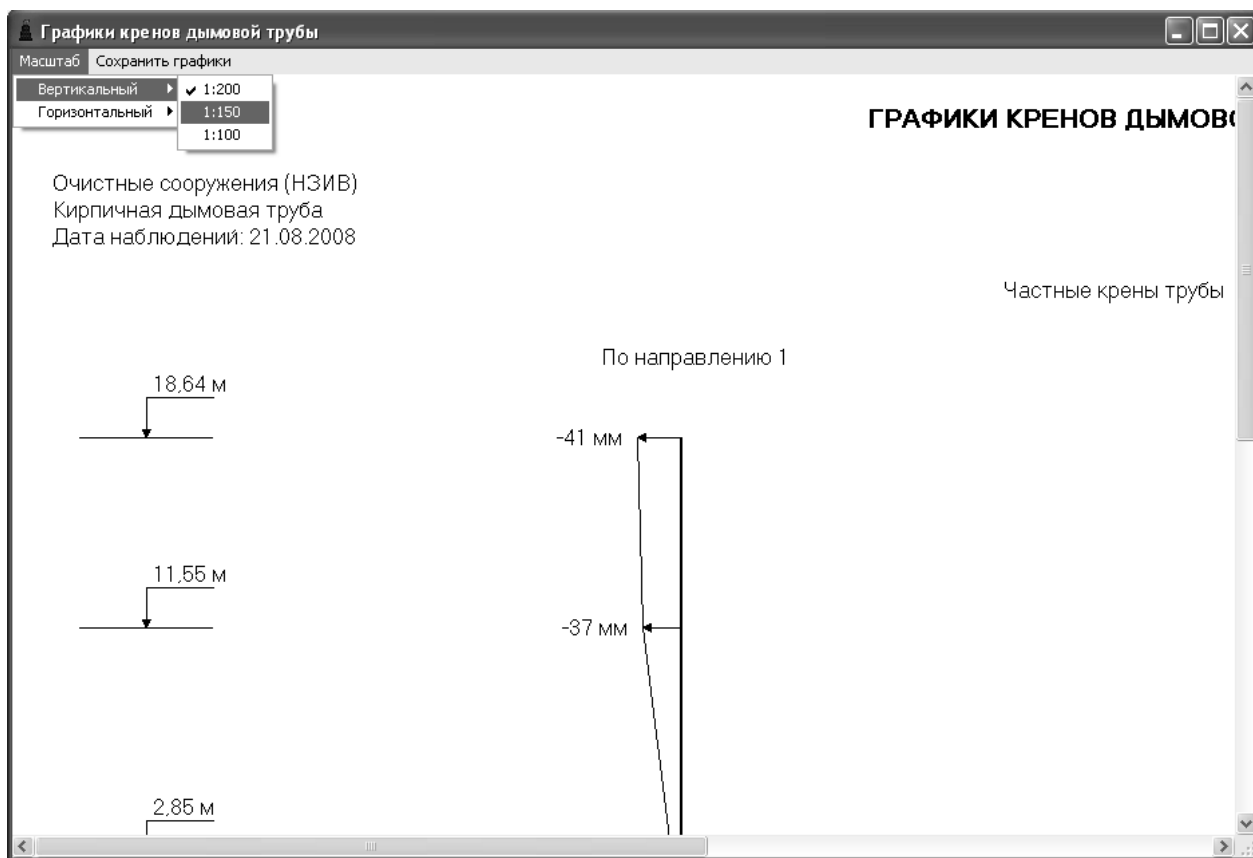


Рис. 5. Графики кренов дымовой трубы

У графиков можно изменить вертикальный и горизонтальный масштабы. Допустимые вертикальные масштабы: 1:200, 1:150, 1:100. Допустимые горизонтальные масштабы: 1:10, 1:5. Чтобы сохранить графики, нажимаем на кнопку Сохранить графики. Размер рисунка соответствует листу формата А3.

Итак, нами была разработана программа Kren v1.1, которая позволяет обрабатывать результаты измерений при определении кренов дымовых труб методом измерения горизонтальных углов.

В заключении отметим, что по результатам апробирования программы Kren v1.1 при выполнении производственных работ по определению кренов дымовых труб в г. Новосибирске и Новосибирской области были выявлены некоторые факторы, которые трудно было учесть в лабораторных условиях, например, видимость между исходными пунктами. Поэтому, в настоящее время нами ведется доработка программного обеспечения, учитывая предыдущий опыт производственных измерений, в частности, планируется заменить ручной ввод данных в программу Kren v1.1 на автоматический ввод данных из файла, записанного в тахеометре при определении крена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жуков, Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий: монография / Б.Н.Жуков. – Новосибирск: СГГА, 2003. – 356 с.
2. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами. – М.: Стройиздат, 1981. – 56 с.
3. Жуков, Б.Н. Руководство по геодезическому контролю сооружений и оборудования промышленных предприятий при их эксплуатации / Б.Н. Жуков – Новосибирск: СГГА, 2004. – 376 с.

© К.Л. Парко, И.О. Сучков, 2009

Удк 528.32
И.О. Сучков
СГГА, Новосибирск

БАЗИС ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ЭТАЛОННЫЙ ИМ. О.П. СУЧКОВА

I.O. Suchkov
SSGA, Novosibirsk

O.P. SUCHKOV STANDARD SPATIAL BASE

The author presents information on O.P.Suchkov standard spatial base and its main engineering data.

Изначально, линейные эталонные базисы, согласно Государственной поверочной схеме [1], использовались как одно из основных средств выполнения метрологической поверки и исследований светодальномеров и электронных тахеометров [2, 3] и, соответственно, являлись однокоординатными, так как должны были иметь только точные эталонные значения длин своих отрезков [4].

В настоящее время на топографо-геодезических, кадастровых и инженерно-геодезических работах активно применяется спутниковая геодезическая аппаратура [5], для поверки которой необходимы эталонные полигоны [6, 7] и пространственные эталонные базисы [5].

В связи с этим, вопрос о создании пространственных эталонных геодезических базисов является актуальным.

На сегодняшний день в России в государственном реестре средств измерений из зарегистрированных эталонных базисов, только один является пространственным. Это Базис пространственный эталонный им. О.П. Сучкова (Базис), зарегистрированный под № 33176-06, на основании выданного в декабре 2006 г. сертификата об утверждении типа средства измерений RU.E.27.007.A №25883. Изготовителем является Государственное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия» (СГГА), г. Новосибирск.

Базис является единичным средством измерений и предназначен – в условиях, приближающихся к эксплуатационным для поверки средств измерений длины и плоского угла (светодальномеров, тахеометров, нивелиров, измерительных лент, буссолей, навигационной и геодезической спутниковой аппаратуры).

Принцип действия Базиса заключается в определении его метрологических параметров (длин линий, высот, угловых размеров и приращений координат) рабочими средствами измерения (СИ) и сравнения полученных значений с эталонными значениями соответствующих параметров Базиса.

За основу Базиса был принят Новосибирский базис БООЗ, созданный в 1976 г. как линейный базис 2-го разряда, предназначенный для аттестации светодальномеров и тахеометров. Он расположен на окраине деревни Издревая Новосибирского (сельского) района Новосибирской области, в 800 м от остановки пригородного поезда "Учебный" и имеет удобные подъезды ко всем его центрам. Общий вид Базиса представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид Базиса

По линии Базиса заложено 22 трубчатых металлических сваенабивных центра глубоко заложения. 18 центров заложены в одном створе и по 2 центра на 1 и 18 центрах перпендикулярно створу, с двух сторон от створа, на расстоянии 24 м от створа. Схема Базиса приведена на рис. 2, его профиль приведен на рис. 3.

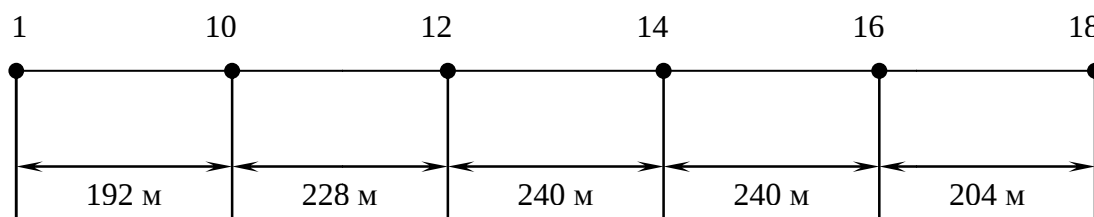


Рис. 2. Схема Базиса

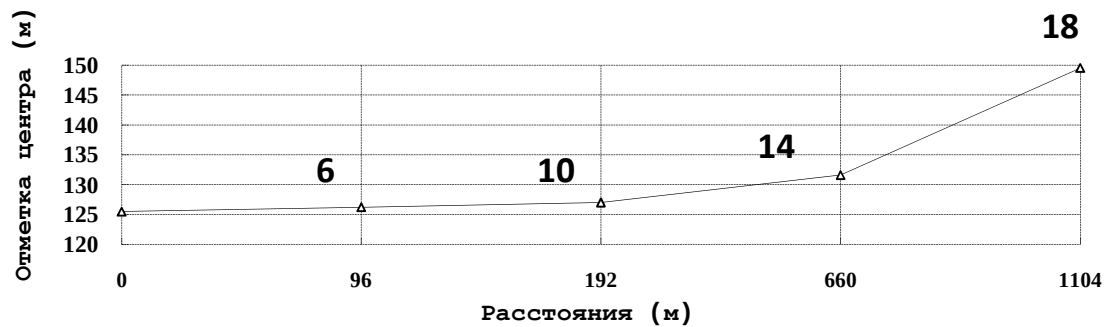


Рис. 3. Профиль Базиса

Конструкция центров Базиса рассчитана в соответствии с местными геологическими условиями (рис. 4). Они выполнены совместно с наблюдательным столиком, имеющим полупринудительное центрирование, и термозащитным кожухом, ослабляющим влияние суточных колебаний температуры и действие сил морозного пучения [8].



Рис. 4. Схема центра Базиса

Глубина заложения якоря центра выбрана на основании расчета устойчивости центров с учетом физико-механических свойств суглинков, залегающих ниже 6 м. Поэтому для основного ствола (сваи) центров использованы серийные трубы, имеющие длину 8 м.

Все центры окрашены в красно-белый цвет, имеют номера. Вокруг центров установлена металлическая ограда и сделана окопка (рис. 1).

На Базисе с 1976 года специалистами НИИГАиК (СГГА) регулярно проводятся, кроме линейных измерений, высокоточные створные и высотные измерения. Измерения до 1992 года выполнялись ежегодно, с 1992 по 2006 – один раз в 2 года, после 2006 – один раз в 3 года.

До 2006 г. линейные измерения по всей длине Базиса выполнялись базисным комплектом инварных проволок по программе измерений 1-го класса (с относительной ошибкой порядка 10^{-6}). Нестворности центров определялись оптическим теодолитом ОТ-02 методом малых углов по программе последовательных створов (с ошибкой единицы веса в 1 мм), а отметки центров – оптическим нивелиром Ni005A методом нивелирования короткими лучами по двум линиям (с ошибкой измерения превышения на станции в 0.15 мм).

Анализ пространственной стабильности центров по трем координатам по результатам 23 циклов измерений показал сравнительно высокую (в пределах точности измерений координат) степень устойчивости центров Базиса, что позволило в 2006 г. аттестовать его как пространственный.

С 2006 г. все измерения на Базисе выполняются по утвержденной ФГУП «СНИИМ» методике [9].

Согласно данной методики, линейные измерения выполняются базисным комплектом инварных проволок по программе измерений 1-го класса (с относительной ошибкой порядка 10^{-6}) только на начальном участке базиса и на коротких 12 и 24-х метровых интервалах. А для определения длин всего Базиса применяют образцовые высокоточные светодалномерные насадки или светодалномеры, аттестованные с погрешностью измерений длины $\pm (1 + 1 \cdot 10^{-6} D)$ мм, где D - в мм.

Нестворности центров определяются электронными тахеометрами с погрешностью измерения 1" методом малых углов по программе последовательных створов (с ошибкой единицы веса в 1 мм), а отметки центров – цифровыми нивелирами и рейками методом нивелирования короткими лучами по двум линиям (с ошибкой измерения превышения на станции в 0.15 мм).

Считаем целесообразным, указать основные технические характеристики Базиса (табл. 1).

Таблица 1. Основные технические характеристики Базиса

Диапазон измерений длин линий D, м	от(12, 24,48) до 1104
Абсолютная погрешность Базиса при доверительной вероятности 0,95 при температуре от минус 10 до плюс 30 °С, δ_B , мм, на длине (интервале): 0-192 м 192-1104 м	$\pm 0,5$ $\pm 1,0$
Диапазон измерений горизонтальных углов Q, °	0 ÷ 360
Погрешность (на длине D=1104 м), δ_Q , "	0,5
Базис эксплуатируется на открытом воздухе по гр. Д1 ГОСТ 12997, со следующими уточнениями: - температура окружающей среды, °С - верхнее значение относительной влажности	(20^{+20}_{-60})

без конденсации влаги, % - атмосферное давление, кПа	98 (100 ⁺⁵ ₋₁₅)
Средний срок службы, лет, не менее	60
Номинальные значения длин линий Базиса (bi 01÷bi18), м	12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 408, 420, 648, 660, 888, 900, 1091, 1104
Допускаемая «невязка» при нивелировании, мм где n – количество штативов в ходе	$0,3\sqrt{n}$
Допуск створности пунктов Базиса, мм, в диапазоне: - от 24 до 500 м - от 500 до 1104 м	± 50 ± 100
Высота центра над уровнем земли, м	1,2
Общий уклон трассы, не более	1/20

Из табл. 1 видно, что данный Базис по своим характеристикам и точности, относится к базису 2-го разряда [1, 4].

В заключение отметим, что Базис пространственный эталонный им. О.П. Сучкова на сегодняшний день используется метрологической службой СГГА для поверки светодальномеров и электронных тахеометров, а так же в составе Пространственного эталонного полигона, служит для поверки спутниковой аппаратуры.

Для поддержания Базиса в рабочем состоянии ежегодно проводятся необходимые ремонтно-восстановительные работы: окраска, восстановление наружного оформления и ограждения и т.п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 8.503-84. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне 24-75000 м. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
2. ГОСТ 19223-90. Светодальномеры геодезические. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 13 с.
3. МИ БГЕИ 15-03. Светодальномеры. Методы и средства поверки. – М.: ЦНИИГАиК, 2003. – 32 с.
4. СТО 02570823-19-05. Базисы линейные эталонные. Общие технические требования. – М.: ЦНИИГАиК, 2005. – 42 с.
5. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. Т. 1. Монография/К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: Картгеоцентр, 2005. – 334с.: ил.
6. МИ 2292-94. Государственная поверочная схема для средств измерения разностей координат по сигналам космических навигационных систем. Рекомендация. – М.: ВНИИФТРИ, 1994. – 5 с.
7. СТО 02570823-20-06. Полигоны геодезические. Методы и средства поверки. – М.: ЦНИИГАиК, 2006. – 10 с.
8. Сучков, О.П. Применение металлических сваенабивных центров для закрепления точек эталонных базисов/О.П. Сучков // Тез. докл. междунар.

научно-техн. конф., посв. 65-летию СГГА – НИИГАиК: Совр. проблемы геодезии и оптики. – Новосибирск, 1998. – С. 178.

9. СГГА.011918МП Базисы пространственные эталонные. – Новосибирск: СГГА, 2005. – 10 с.

© *И.О. Сучков, 2009*

Удк 528.32

И.О. Сучков

СГГА, Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЕ НА ПК ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ НЕСТВОРНОСТЕЙ ЦЕНТРОВ БАЗИСА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЭТАЛОННОГО ИМ. О.П. СУЧКОВА

I.O. Suchkov

SSGA, Novosibirsk

COMPUTER-BASED RESEARCH OF OBSERVATION ACCURACY CONCERNING DISCREPANCIES IN O.P. SUCHKOV STANDARD SPATIAL BASE CENTRES

The paper deals with the computer-based research of observation accuracy concerning discrepancies in O.P. Suchkov standard spatial base centres.

В настоящее время при выполнении геодезических работ широко применяются электронные тахеометры и спутниковая геодезическая аппаратура, поэтому вопросы повышения качества и эффективности геодезических работ неразрывно связаны с вопросами их метрологической поверки, которые решаются в основном на эталонных базисах.

В свою очередь точность результатов поверки будет зависеть от стабильности расстояний, обусловленной устойчивостью центров эталонного базиса. От устойчивости центров так же зависит и частота измерений длин базиса. Поэтому на Базисе пространственном эталонном им. О.П. Сучкова (Базис) периодически с 1976 г. проводится комплекс линейных, створных и нивелирных измерений, которые позволяют судить об устойчивости его центров.

Такие измерения проводятся под условием "максимально возможной" точности, то есть при тщательном учете погрешностей и при строгом соблюдении обоснованных допусков. Для более точного установления неустойчивых центров и величин их смещения первые три года измерения на Базисе выполнялись три раза в год: в период оттаивания грунта, то есть в мае, июле-августе и октябре-ноябре. После того, как были выполнены девять циклов измерений и сделан вывод о стабильности положения центров, было решено с 1982 года проводить измерения один раз в год, с 1990 года – один раз в 2 года, а с 2006 года – один раз в 3 года. Следует отметить, что все циклы измерений выполнялись и выполняются по одной и той же методике наблюдений, одними и теми же приборами и одними исполнителями.

Для измерений нестворностей центров Базиса применяют современный электронный тахеометр Topcon GTS601 с погрешностью измерения 1" и прошедший в установленном порядке государственную поверку.

Измерения производят методом малых углов по программе последовательных створов относительно общего створа, задаваемого первым и последним центрами Базиса [1].

Обработку измерений изначально выполняли вручную в специальных вычислительных ведомостях, по данным которых составлялись итоговые таблицы и вычерчивались необходимые схемы и графики. Позднее, по мере приобретения ЭВМ, для обработки вычислений использовались программы, составленные на алгоритмическом языке.

Современный высокий уровень компьютеризации позволяет автоматизировать обработку результатов геодезических измерений, особенно если это - циклические измерения, то есть приходится проводить однотипные вычисления по новым исходным данным.

Часто используемым и, пожалуй, самым доступным программным продуктом для выполнения таких вычислений являются электронные таблицы Excel. В целях автоматизации обработки и анализа результатов створных измерений на Базисе нами была составлена программа Stvor.xls. Общий вид программы представлен на рис. 1.

Введите вопрос

- 5 X

Файл Правка Вид Вставка Сервис Данные Справка

10 Ж К Ч

100%

Arial Cyr A1

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	Q	Р	С	Т	U	V
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6	Номера цент-ров	Длина створа L, м	Прямой ход Малый угол b, угл	Частная нест-в. q, мм	Обратный ход Малый угол b, угл	Частная нест-в. q, мм	Коэф. влиян. K	Нест-в. пред центра	Попная нест-в. Q _п , мм	Обратный ход Коэф. влиян. K	Нест-в. пред центра	Попная нест-в. Q _п , мм	Раз-ность d, мм	Средняя нест-в. Q _{ср} , мм	Номера цент-ров	Раз-ность d, мм	Средний вес P _{ср}	Элемент d*P	d'		
7																					
8																					
9	2	12	-40,3	-2,4	-4,5	-0,3			-2,4	0,504	-2,7	-3,0	0,6	-2,7	2	0,6	1,72	1,101	-0,03		
10	3	12	-36,5	-2,1	-65,3	-7,6	0,989	-2,3	-4,4	0,499	2,2	-5,4	1,0	-4,9	3	1,0	1,16	1,162	0,33		
11	4	24	76,7	8,9	23,0	2,7	0,978	-4,3	4,6	0,666	1,7	4,3	0,3	4,5	4	0,3	0,81	0,207	-0,42		
12	5	24	-15,5	-1,8	50,0	5,8	0,977	4,5	2,7	0,749	-3,3	2,5	0,2	2,6	5	0,2	0,65	0,127	-0,48		
13	6	24	-63,0	-7,4	110,7	12,9	0,977	2,6	-4,7	0,800	-17,3	-4,5	-0,3	-4,6	6	-0,3	0,57	-0,151	-0,94		
14	7	24	-152,0	-17,6	-3,8	-0,4	0,976	-4,6	-22,3	0,834	-21,2	-21,6	-0,6	-22,0	7	-0,6	0,53	-0,337	-1,31		
15	8	24	-37,3	-4,3	-384,5	-44,8	0,976	-21,7	-26,1	0,837	19,4	-25,4	-0,6	-25,7	8	-0,6	0,53	-0,341	-1,32		
16	9	24	410,5	47,8	235,3	27,4	0,975	-25,4	22,4	0,875	-4,8	22,6	-0,2	22,5	9	-0,2	0,58	-0,113	-0,87		
17	10	24	-231,3	-27,0	-3,3	-3,5	0,974	21,8	-5,1	0,471	-2,0	-5,5	0,4	-5,3	10	0,4	0,71	0,275	-0,29		
18	11	216	0,4	0,4	5,8	0,3	0,763	-3,9	-3,5	0,971	-4,7	-4,3	0,8	-3,9	11	0,8	0,49	0,403	0,15		
19	12	12	16,2	0,9	-19,2	-21,2	0,983	-3,4	-2,5	0,648	16,4	-4,8	2,3	-3,6	12	2,3	0,58	1,337	1,63		
20	13	228	26,5	29,3	568,0	33,0	0,666	-1,7	27,6	0,982	-7,7	25,3	2,3	26,5	13	2,3	0,56	1,311	1,67		
21	14	12	-569,5	-33,1	43,2	47,7	0,974	26,9	-6,2	0,743	-55,6	-7,9	1,7	-7,0	14	1,7	0,63	1,051	0,99		
22	15	228	-64,1	-70,8	-1390,5	-80,8	0,486	-3,0	-73,8	0,987	6,0	-74,8	0,9	-74,3	15	0,9	0,86	0,809	0,27		
23	16	12	1319,6	76,7	4,8	4,5	0,944	-69,7	7,0	0,825	1,6	6,1	0,8	6,5	16	0,8	0,95	0,804	0,17		
24	17	192	2,4	2,2	34,2	2,0	0,039	0,4	2,7			2,0	0,7	2,3	17	0,7	1,99	1,331	-0,01		
25																		13,32	8,975		
26																		Сист. ошибка (мм)	0,67	Ошибка	
27																					
28																					
29																					
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					
35																					
36																					
37																					
38																					
39																					
40																					

Н \ С \ Стр7 \ Стр8 \ Стр9 \ Стр96 \ Стр97 \ 99a \ 2000a \ 2002a \ 2004a \ 2006a \

< |

Рис. 1. Общий вид программы Stvor.xls

Каждый лист программы содержит три таблицы. В первую из них заносят результаты измерения нестворностей центров Базиса в прямом и обратном направлениях и дату исследования. Вычисление нестворностей выполняется автоматически (рис. 2).

Таблица 1													
ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕСТВОРНОСТЕЙ ЦЕНТРОВ Базиса пространственного эталонного им. О.П. Сучкова													
(цикл 23, июль 2006 г.)													
Номера цент-ров	Длина линии L, м	Прямой ход		Обратный ход		Прямой ход			Обратный ход			Раз- ность d,мм	Средняя неств. Qcp, мм
		Малый угол b, °	Частная неств. q, мм	Малый угол b, °	Частная неств. q, мм	Коеф. влиян. K	Неств. пред. центра	Полная неств. Qпр,мм	Коеф. влиян. K	Неств. пред. центра	Полная неств. Qобр,мм		
2	12	-40,3	-2,4	-4,5	-0,3			-2,4	0,504	-2,7	-3,0	0,6	-2,7
3	12	-36,5	-2,1	-65,3	-7,6	0,989	-2,3	-4,4	0,499	2,2	-5,4	1,0	-4,9
4	24	76,7	8,9	23,0	2,7	0,978	-4,3	4,6	0,666	1,7	4,3	0,3	4,5
5	24	-15,5	-1,8	50,0	5,8	0,977	4,5	2,7	0,749	-3,3	2,5	0,2	2,6
6	24	-63,0	-7,4	110,7	12,9	0,977	2,6	-4,7	0,800	-17,3	-4,5	-0,3	-4,6
7	24	-152,0	-17,6	-3,8	-0,4	0,976	-4,6	-22,3	0,834	-21,2	-21,6	-0,6	-22,0
8	24	-37,3	-4,3	-384,5	-44,8	0,976	-21,7	-26,1	0,857	19,4	-25,4	-0,6	-25,7
9	24	410,5	47,8	235,3	27,4	0,975	-25,4	22,4	0,875	-4,8	22,6	-0,2	22,5
10	24	-231,3	-27,0	-3,3	-3,5	0,974	21,8	-5,1	0,471	-2,0	-5,5	0,4	-5,3
11	216	0,4	0,4	5,8	0,3	0,763	-3,9	-3,5	0,971	-4,7	-4,3	0,8	-3,9
12	12	16,2	0,9	-19,2	-21,2	0,983	-3,4	-2,5	0,648	16,4	-4,8	2,3	-3,6
13	228	26,5	29,3	568,0	33,0	0,666	-1,7	27,6	0,982	-7,7	25,3	2,3	26,5
14	12	-569,5	-33,1	43,2	47,7	0,974	26,9	-6,2	0,743	-55,6	-7,9	1,7	-7,0
15	228	-64,1	-70,8	-1390,5	-80,8	0,486	-3,0	-73,8	0,987	6,0	-74,8	0,9	-74,3
16	12	1319,6	76,7	4,8	4,5	0,944	-69,7	7,0	0,825	1,6	6,1	0,8	6,5
17	192	2,4	2,2	34,2	2,0	0,059	0,4	2,7			2,0	0,7	2,3

Рис. 2. Таблица вычисления нестворностей центров

Во второй таблице осуществляется оценка точности измерений нестворностей центров Базиса, а также автоматически вычисляются систематическая ошибка и ошибка единицы веса (рис. 3).

Таблица 2								
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ НЕСТВОРНOSTЕЙ								
(цикл 23, июль 2006 г.)								
Номера цент-ров	Раз-ность d, мм	Средний вес Pcp	Элементы формул				mQcp, мм	
			d*P	d'	d' * ^2 P	C1		
2	0,6	1,72	1,101	-0,03	0,00196	0,539	0,25	
3	1,0	1,16	1,162	0,33	0,12497	0,657	0,31	
4	0,3	0,81	0,207	-0,42	0,14201	0,786	0,37	
5	0,2	0,65	0,127	-0,48	0,14917	0,877	0,41	
6	-0,3	0,57	-0,151	-0,94	0,50309	0,937	0,44	
7	-0,6	0,53	-0,337	-1,31	0,90828	0,971	0,46	
8	-0,6	0,53	-0,341	-1,32	0,92070	0,971	0,46	
9	-0,2	0,58	-0,113	-0,87	0,43695	0,928	0,44	
10	0,4	0,71	0,275	-0,29	0,05832	0,839	0,39	
11	0,8	0,49	0,403	0,15	0,01091	1,010	0,47	
12	2,3	0,58	1,337	1,63	1,54267	0,928	0,44	
13	2,3	0,56	1,311	1,67	1,55508	0,945	0,44	
14	1,7	0,63	1,051	0,99	0,62348	0,891	0,42	
15	0,9	0,86	0,809	0,27	0,06130	0,762	0,36	
16	0,8	0,95	0,804	0,17	0,02837	0,725	0,34	
17	0,7	1,99	1,331	-0,01	0,00005	0,501	0,24	
			13,32	8,975	7,06730			
Сист. ошибка(мм)			0,67	Ошибка ед. веса(мм)		0,47		

Рис. 3. Таблица оценки точности измерения нестворностей

В третью (сводную) таблицу автоматически из первых двух переносятся результаты вычислений и оценки точности нестворностей центров Базиса (рис. 4).

НЕСТВОРНОСТИ ЦЕНТРОВ									
(цикл 23, июль 2006 г.)									
Номера цент- ров	Прямой ход			Обратный ход			Раз- ность d, мм	Средняя неств. Q _{ср.} , мм	m _{Qср.} , мм
	Малый угол β, "	Частная неств. q _i , мм	Полная неств. Q _п , мм	Малый угол β, "	Частная неств. q _i , мм	Полная неств. Q _{об} , мм			
2	-40,3	-2,4	-2,4	-4,5	-0,3	-3,0	0,6	-2,7	0,3
3	-36,5	-2,1	-4,4	-65,3	-7,6	-5,4	1,0	-4,9	0,3
4	76,7	8,9	4,6	23,0	2,7	0,3	0,3	4,5	0,4
5	-15,5	-1,8	2,7	50,0	5,8	2,5	0,2	2,6	0,4
6	-63,0	-7,4	-4,7	110,7	12,9	-4,5	-0,3	-4,6	0,4
7	-152,0	-17,6	-22,3	-3,8	-0,4	-21,6	-0,6	-22,0	0,5
8	-37,3	-4,3	-26,1	-384,5	-44,8	-25,4	-0,6	-25,7	0,5
9	410,5	47,8	22,4	235,3	27,4	22,6	-0,2	22,5	0,4
10	-231,3	-27,0	-5,1	-3,3	-3,5	-5,5	0,4	-5,3	0,4
11	0,4	0,4	-3,5	5,8	0,3	-4,3	0,8	-3,9	0,5
12	16,2	0,9	-2,5	-19,2	-21,2	-4,8	2,3	-3,6	0,4
13	26,5	29,3	27,6	568,0	33,0	25,3	2,3	26,5	0,4
14	-569,5	-33,1	-6,2	43,2	47,7	-7,9	1,7	-7,0	0,4
15	-64,1	-70,8	-73,8	-1390,5	-80,8	-74,8	0,9	-74,3	0,4
16	1319,6	76,7	7,0	4,8	4,5	6,1	0,8	6,5	0,3
17	2,4	2,2	2,7	34,2	2,0	2,0	0,7	2,3	0,2
	27.02.09						Сист.ошибка = 0,67		
							Ошибка ед.веса = 0,47		

Рис. 4. Сводная таблица нестворностей центров

Автором в 2006 г. в программу были введены все 23 цикла измерений и была исследована точность измерения нестворностей.

Анализ выполнялся:

- а) По внутренней сходимости результатов между приемами измерения одного хода внутри одного цикла;
- б) По разностям двойных измерений между прямым и обратным ходом одного цикла;
- в) По отклонениям от среднего значения нестворностей из всех циклов измерений одного центра.

Проведенный анализ и результаты выполненных исследований, позволяют сделать следующие выводы.

1. Более простым, достаточно точным и менее трудоемким являются оптические способы. Наиболее целесообразно применять для Базиса, учитывая его длину и требуемую точность, программу последовательных створов.

2. Основными ошибками в методах оптического створа являются ошибки визирования, за изменение фокусировки и за влияние внешних условий. Анализ этих источников ошибок показал, что требуемая точность створных измерений на Базисе может быть обеспечена как методом подвижной марки так и методом малых углов.

3. Практическая точность створных измерений по результатам выполненных циклов наблюдений за устойчивостью центров Базиса характеризуется величиной 1.2 мм, что удовлетворяет необходимым требованиям.

4. Центры Базиса 7,8,9,13,15 являются явно неустойчивыми и имеют поперечный сдвиг от 10,6 до 42,4 мм. А некоторые центры имеют сдвиг, не превышающий доверительный интервал, однако они имеют смещение от 2,5 до 7 мм, следовательно, анализ устойчивости следует производить по другим критериям.

5. Обработка результатов измерений, их уравнивание и анализ значительно упрощаются, если использовать электронные таблицы Microsoft Excel, так как процесс автоматизируется и значительно снижаются затраты времени на ввод и обработку данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СГГА.011918МП Базисы пространственные эталонные. – Новосибирск: СГГА, 2005. – 10 с.

© И.О. Сучков, 2009

УДК 528.48

Д.Б. Новоселов

НГАСУ, Новосибирск

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ

D.B. Novoselov

The Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

113, Leningradskaya Str., Novosibirsk, 630008, Russia

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO METHODS OF CALCULATIONS

In this article by results of levelling II class the comparative analysis of calculations of heights of deep reference points of a local network of the first step by "manual way" and with application of software product Credo_DAT 3.12 is resulted.

Геодезия, наука, связанная с точными измерениями и трудоемкими расчетами, не могла остаться в стороне от всемирной компьютеризации. Современные компьютерные технологии и программные продукты позволяют нам существенно сократить как время, так и трудоемкость математических вычислений. Одним из таких программных продуктов является Credo_DAT. Сравним результаты вычислений высот глубинных реперов «ручным способом» и в ПП Credo DAT_3.12 и попытаемся выявить экономическую выгоду от применения современных технологий при вычислительных работах.

В качестве примера для расчетов взят небольшой ход нивелирования II класса проложенный по четырем глубинным реперам (рис. 1).

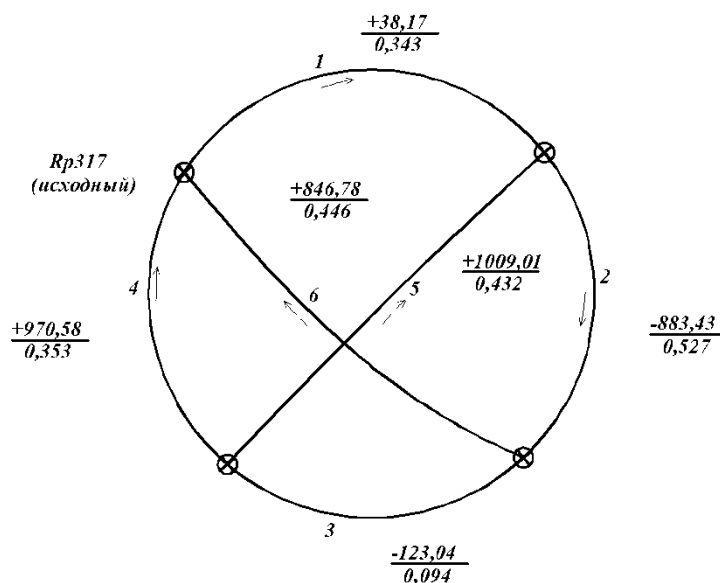


Рис. 1. Схема нивелирования

«Ручной способ» строгого уравнивания нивелирования II класса выполнен по методу условных измерений на простом микрокалькуляторе. Этот метод очень трудоемкий и требует знания высшей математики, в ПП Credo DAT он полностью автоматизирован. Сравним данные «ручного способа» с данными полученными в программе Credo DAT.

Число условий (число полигонов) равно числу нормальных уравнений.

$p_i = k/L_i$ - вес результатов измерений

$l_i = 1/p_i$ - величина обратного веса, при $k=1, n_i=L_i$

Таблица 1. Измеренные величины

NN ходов	Изм-ные прев-ния среднее	Измер. расст.	p_i	l_i	V	Уравнен. превыш. мм	Отметка	N рп
1	38,17	0,343	2,915	0,343	-0,24	37,93	4037,67	317
2	-883,43	0,527	1,897	0,527	-1,41	-884,84	4075,60	345
3	-123,04	0,094	10,638	0,094	-0,28	-123,32	3190,76	12
4	970,58	0,353	2,833	0,353	-0,35	970,23	3067,44	13
5	1009,01	0,432	2,315	0,432	-0,86	1008,15	4037,67	317
6	846,78	0,446	2,242	0,446	0,13	846,91		

Система условных уравнений

$$+V_1+V_2+V_6+(+1,52)=0$$

$$+V_2+V_3+V_5+(+2,54)=0$$

$$+V_3+V_4-V_6+(+0,76)=0$$

$$+V_4+V_1-V_5+(-0,26)=0$$

Таблица 2. Коэффициенты условных уравнений

	a	b	c	D	s	l	v^2	pv^2
1	+1			+1	+2	0,343	0,0576	0,17
2	+1	+1			+2	0,527	1,9881	3,77
3		+1	+1		+2	0,094	0,0784	0,83
4			+1	+1	+2	0,353	0,1225	0,35
5		+1		-1	0	0,432	0,7396	1,71
6	+1		-1		0	0,446	0,0169	0,04
w	1,52	2,54	0,76	-0,26			[pv^2]	6,87
k	-1,20	-1,48	-1,49	+0,50				
	a]	b]	c]	d]	s]	контр	w	s
[па	+1,316	+0,527	-0,446	+0,343	+1,740	+1,740	+1,520	+3,260
[пв		+1,053	+0,094	-0,432	+1,242	+1,242	+2,540	+3,782
[пс			+0,893	+0,353	+0,894	+0,894	+0,760	+1,654
[пд				+1,128	+1,392	+1,392	-0,260	+1,132

Таблица 3. Уравнение погрешностей

k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	w	s	контр.
+1,316	+0,527	-0,446	+0,343	+1,520	+3,260	+3,260
-1	-0,400	+0,339	-0,261	-1,155	-2,477	-2,477
	+1,053	+0,094	-0,432	+2,540	+3,782	
	-0,211	+0,178	-0,137	-0,608	-1,304	
	+0,842	+0,272	-0,569	+1,932	+2,478	+2,477
	-1	-0,323	+0,676	-2,292	-2,943	-2,941
		+0,893	+0,353	+0,760	+1,654	
		-0,151	+0,116	+0,515	+1,105	
		-0,088	+0,184	-0,624	-0,800	
		0,654	+0,653	0,651	+1,959	+1,958
			+1,128	-0,260	+1,132	
			-0,089	-0,397	-0,851	
			-0,385	+1,306	+1,675	
			-0,652	-0,650	-1,955	
			+0,002	-0,001	+0,001	+0,002
			-1	+0,500	-0,500	-1

Вычисление коррелят

$$k_4 = +0,5$$

$$k_3 = [(-0,998) * (+0,5)] + (-0,995) = -1,49$$

$$k_2 = [(-0,323) * (-1,49)] + [(+0,676) * (+0,5)] + (-2,294) = -1,48$$

$$k_1 = [(-0,40) * (-1,48)] + [(0,339) * (-1,49)] + [(-0,261) * (+0,5)] + (-1,155) = -1,20$$

Вычисление поправок

$$V_i = \Pi(a_i k_1 + b_i k_2 + c_i k_3 + d_i k_4)$$

$$V_1 = 0,343 * (-1,20 + 0,50) = -0,24; V_2 = 0,527 * [(-1,20 + (-1,48))] = -1,41;$$

$$V_3 = 0,094 * [-1,48 + (-1,49)] = -0,28; V_4 = 0,353 * (-1,49 + 0,50) = -0,35;$$

$$V_5 = 0,432 * (-1,48 - 0,50) = -0,86; V_6 = 0,446 * (-1,20 + 1,49) = +0,13.$$

Контроль вычисления поправок

$$-0,24 - 1,41 + 0,13 + 1,52 = 0; -1,41 - 0,28 - 0,86 + 2,54 = -0,01;$$

$$-0,28 - 0,35 - 0,13 + 0,76 = 0; -0,35 - 0,24 + 0,86 - 0,26 = +0,01.$$

Оценка точности

$$\text{Средняя квадратическая погрешность единицы веса: } \mu = \sqrt{[pv^2]/r} = \sqrt{6,87/4} = \pm 1,31 \text{ мм}$$

$$\text{Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода: } m_{\text{км}} = \mu \sqrt{c} = \pm 1,31 \text{ мм}$$

По этим же данным выполнено вычисление в программе Credo DAT 3.12

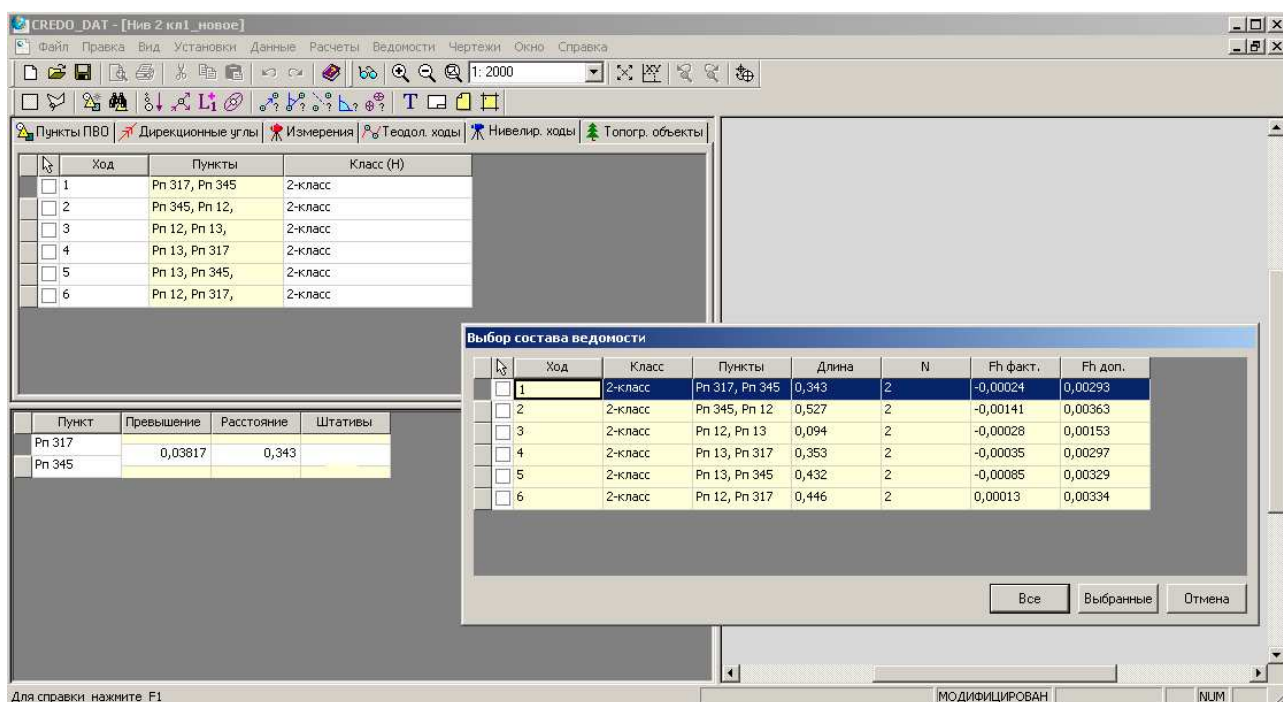


Рис. 2. Вычисление в программе Credo Dat

Таблица 4. Характеристики нивелирных ходов II класса

Ход	Пункты	Длина	Fh факт. мм	Fh доп. мм
1	Рп 317, Рп 345	0,343	0,24	± 2,93
2	Рп 12, Рп 317	0,446	0,13	± 3,34
3	Рп 13, Рп 345	0,432	0,85	± 3,29
4	Рп 13, Рп 317	0,353	0,35	± 2,97
5	Рп 12, Рп 13	0,094	0,28	± 1,53
6	Рп 345, Рп 12	0,527	1,41	± 3,63

Таблица 5. Ведомость оценки точности высотной сети

Класс	Геометрическое нивелирование	
	Априорная мм	Фактическая мм
2-класс	2,00	1,50

Ведомость оценки точности высотной сети показывает, что фактическая точность меньше априорной что говорит о качественных измерениях.

На основе выполненных работ можно сделать следующие основные выводы.

1. «Ручной способ» вычислений требует от опытного вычислителя около одного рабочего дня. Затраты времени на ввод данных и вычисления в программе CREDO_DAT составляют менее 15 минут.

2. Расхождений в вычисленных поправках и высотах реперов «ручным способом» и по программе нет, сходимость в сотых долях мм.

3. Установлено, что CREDO_DAT 3.12 дает возможность математического моделирования с измерениями в любых сетях и выявления грубых измерений без использования L1-анализа. Например, в ходе Rp345 – Rp012 большая фактическая невязка по высоте, хотя и допустимая. Изменение измеренного превышения на -885,43 мм (вместо -883,43) приводит к фактической погрешности 0,58 мм (вместо 1,50 мм) и средней квадратической погрешности по высоте определяемых пунктов менее 0,25 мм.

Все это можно выполнить быстро и по необходимости произвести повторные измерения в исследуемой секции.

На данном примере мы увидели все преимущества современных программных продуктов, они позволяют во многом облегчить обработку результатов геодезических измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большаков В.Д., Гайдаев П.А. Теория математической обработки геодезических измерений. – М.: Недра, 1977. – 216 с.

2. Жуков, Б.Н. Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий. Министерство образования Российской Федерации. Новосибирск: СГГА, 2003.- 356 с.

© Д.Б. Новоселов, 2009

УДК 629.783 [528]

К.Б. Хасенов, Н.Б. Хахулина, М.В. Душенко

ВКГТУ, Усть-Каменогорск, Казахстан

К ВОПРОСУ О СПОСОБЕ СЧЕСЕНИЯ КООРДИНАТ ПУНКТОВ СГГС

K.B. Khasenov, N.B. Khakhulina, M.V. Dushenko

EKTSU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

THE QUESTION OF THE METHOD OF COORDINATE DATA TRANSMISSION OF SATELLITE CITY GEODETIC SYSTEM REVISITED

During the process of creation and correction of basic city geodetic networks different problems are solved, including the questions of coordinate data transmission of survey points of satellite city geodetic system. The article represents the easy method of coordinate data transmission in the conditions of compact urban development.

В период существования СССР вся территория страны была покрыта плановыми государственными сетями 1-го 4-го класса триангуляции, инженерно-геодезическими сетями триангуляции и полигонометрии соответствующих разрядов, обеспечивающих крупномасштабные топографические съемки населенных пунктов.

За последние годы в различных странах и государствах создана высокоточная государственная координатная основа с использованием технологий ГЛОНАСС и GPS. Использование спутникового определения координат существенно повысило точность и оперативность геодезических и картографических работ, снизило затраты на их проведение. Все это позволило многим странам, в том числе и России, сохранить свой потенциал и выйти на мировой уровень.

В Республике Казахстан ситуация в этой области немного другая. Созданные во времена Советского Союза государственные геодезические сети в большинстве случаев утрачены. Одновременно разрушилась и единая, существовавшая и контролирующая структура ГУГК. В настоящее время в Казахстане такая структура отсутствует. Агентство по земельным ресурсам РК не занимается развитием и реконструкцией планово-высотного обоснования. Только в этом году в нашей стране создана соответствующая структура, приоритетным направлением работы которой, должно быть создание высокоточной координатной сети с использованием спутниковых технологий.

В Российской Федерации уже практически завершены работы по созданию ГГС пунктов ФАГС, ВГС, а также имеются завершенные фрагменты СГГС-1 [1]. Разработаны и действуют нормативно-правовые документы и инструкции

по применению спутниковых технологий для развития муниципальных, градостроительных, землеустроительных и кадастровых систем [2].

Руководство [2] дает полную информацию об использовании спутниковых технологий для развития геодезического обоснования в городских условиях, в том числе рассматриваются вопросы по принципам построения городской геодезической сети с использованием спутниковых технологий, особенностей закрепления пунктов СГГС и т.д. Описаны способы снесения координат: линейно-угловой засечки, прямой угловой засечки, полярной засечки и др. Предлагаемые способы общеизвестны, но иногда могут возникать затруднения при использовании в населенных пунктах с плотной высотной застройкой.

Предлагается способ снесения координат пунктов СГГС закрепленных на зданиях и сооружениях с плоскими крышами, где закреплены и определены их координаты, согласно [2].

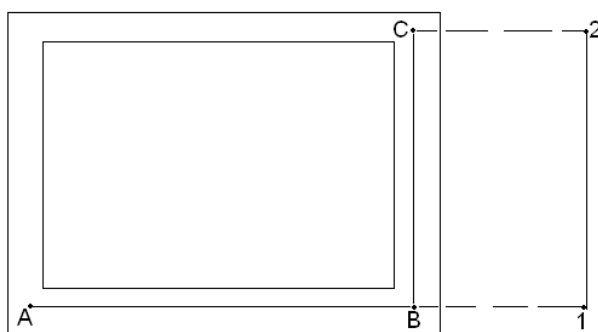


Рис. 1

На рис. 1 показана схема снесения координат на землю:

- Определяются координаты точек А, В и С, расположенные на крыше здания с использованием спутниковых технологий;
- На основе решения обратных геодезических задач определяются дирекционные углы α_{AA} , α_{AN} ;
- Путем откладывания расстояний на поверхности земли В1 и С2 определяются координаты точки 1 и 2 на земле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яхнин В.В. Вопросы создания банка данных спутниковых измерений [Текст] / В.В. Яхнин // Тез. докл. на IV международном научном конгрессе и выставке «ГЕО-Сибирь-2008». -Новосибирск, 2008. – С.267
2. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых сетей ГЛОНАСС/GPS. Приказ Федеральной службы геодезии и картографии России от 13.05.2003 № 84-пр ГКИНП № 01-271-03.

УДК 528.8.042

Е.И. Горохова

СГГА, Новосибирск

МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ТОННЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Ye.I. Gorokhova

SSGA, Novosibirsk

TUNNEL DEFORMATION MONITORING BY TERRESTRIAL LASER SCANNING

The problem of human life safety is one of the most important ones nowadays. The objects like tunnels are extremely hazardous. The methods of tunnel deformation monitoring by terrestrial laser scanning are considered in the paper. The methods are shown as advantageous for tunnel engineering.

В настоящее время особенно актуальным является решение проблем безопасности жизнедеятельности человека. Такие объекты как тоннели являются объектами повышенного риска (рис. 1). Особенную опасность представляют деформации, возникающие вследствие ошибок при проектировании, строительстве и воздействия различных нагрузок. Это может привести не только к значительным изменениям формы тоннеля и сделать процесс эксплуатации невозможным, но и к обрушению тоннеля. Поэтому, для обеспечения безаварийной эксплуатации тоннелей необходимо вести постоянные и высокоточные геодезические наблюдения деформаций на всех стадиях строительства и эксплуатации. Для этого вычисляются деформационные характеристики, положение оси и габариты тоннеля. Деформация колец тоннеля должна измеряться со средней квадратической ошибкой не более 5 мм [1]. Однако помимо постоянного отслеживания изменений, необходимо иметь статистику всех наблюдений и полную документацию, на основании которой можно делать долгосрочные прогнозы и предупреждать появление опасных и аварийных ситуаций.



Рис. 1. Вход в тоннель

Современные технологии мониторинга позволяют деформации любых объектов с высокой точностью. Данные технологии основаны на сборе данных с различных измерительных приборов, основу которых составляют геодезические приборы. Данные, полученные от всех приборов, передаются в единую базу данных объекта и далее обрабатываются совместно.

Помимо традиционных методов геодезических наблюдений деформаций существует технология наземного лазерного сканирования. Она позволяет определять любые виды геометрических деформационных характеристик. Лазерный сканер предоставляет больший объем данных, по сравнению с традиционными технологиями. Традиционная съёмка профилей выполняется через 10 метров. При этом получается набор сечений, оценить деформации между которыми невозможно.

В результате сканирования получаются несколько миллионов точек. Полученная трехмерная модель сооружения содержит множество точек, каждая из которых имеет свои координаты (рис. 2). По ним можно определять деформации по трем направлениям всех трех координат в любой точке тоннеля [2].

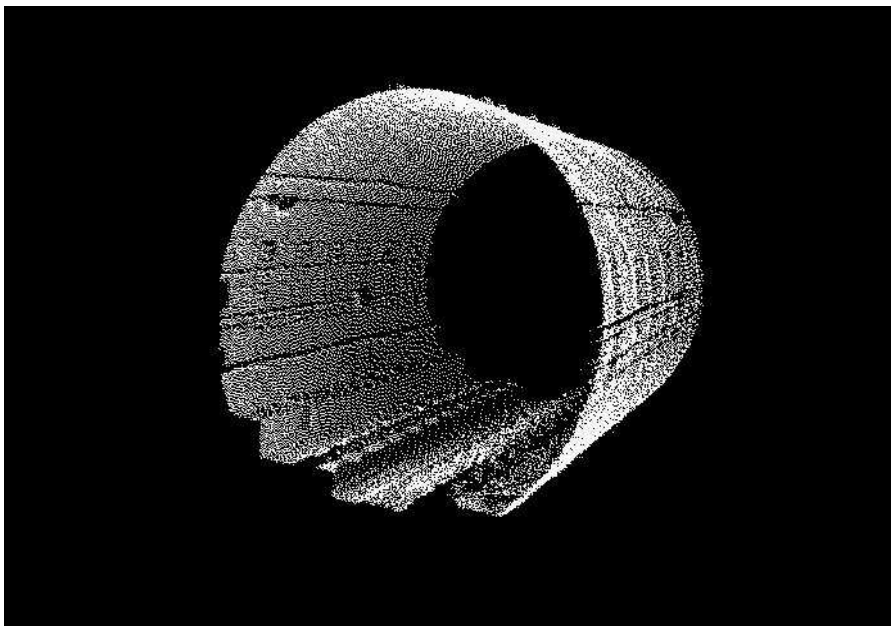


Рис. 2. Точечная модель тоннеля

При использовании наземного лазерного сканирования полевые данные сразу передаются в специализированное программное обеспечение для предварительной обработки. В нём можно получать профили тоннеля из множества точек на определенных (заданных пользователем) расстояниях между выбранными точками, отвечающим определенным критериям, либо можно экспортировать часть или всё облако точек в более мощные программные продукты для инженерных расчётов. Также данные могут быть переданы в специализированные программы для построения трёхмерных моделей тоннеля.

Определение деформаций тоннеля может осуществляться двумя способами:

1. Сравнение сканерных данных с проектными. Данный способ предполагает сравнение величин деформационных характеристик тоннеля сканерных данных какой-либо эпохи измерений с проектными характеристиками. Данный способ позволяет в первую очередь отследить появление и развитие деформаций непосредственно в процессе строительства и в начале эксплуатации и отклонение строящегося тоннеля от проекта.
2. Сравнение данных между двумя эпохами. Данный способ более предпочтителен для наблюдения деформаций в процессе эксплуатации тоннеля.

После обработки результатов всех измерений данные сканирования сравниваются с проектной 3D-моделью тоннеля или сканерными данными предыдущих эпох измерений. Таким образом определяются зоны с различными величинами деформаций и делаются выводы о состоянии тела тоннеля. Величина и направление деформаций вычисляются путём наложения моделей объекта для каждого цикла измерений. На основании полученных данных прогнозируются аварийные ситуации, принимаются меры по их предотвращению, а так же составляются рекомендации по текущему обслуживанию.

Мониторинг деформаций тоннелей является сложной инженерной задачей, при решении которой необходимо учитывать комплекс факторов, влияющих на несущую способность тоннелей. Существующие традиционные методы не дают однозначного решения этого вопроса и не позволяют в полном объеме характеризовать деформативность тоннелей. Поэтому разработка и внедрение новых прогрессивных технологических процессов, связанных с комплексным изучением деформаций тоннелей, является актуальной проблемой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП III-44-77 «Тоннели железнодорожные, автодорожные и гидротехнические. Метрополитены» – М.: Государственный комитет совета министров СССР по делам строительства, 1977.
2. Е.И. Горохова. Сравнение традиционных методов и технологии наземного лазерного сканирования при мониторинге деформаций тоннелей/ ГЕО-СИБИРЬ-2008: сб. материалов IV Международного научного конгресса .Том 1, ч.1. – Новосибирск, СГГА, 2008.- С. 173-176.

© *Е.И. Горохова, 2009*

УДК 528.8.042+[528.48:624.19]

Е.И. Горохова, А.В. Иванов

СГГА, Новосибирск

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ СЪЕМКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Ye.I. Gorokhova, A.V. Ivanov

SSGA, Novosibirsk

THE EXPERIENCE OF LASER SCANNING APPLICATION IN RAILWAY TUNNELS SURVEYING

Tunnels are a significant link in the transport network of any country. That is why mine survey is a very important process at all the stages of tunnels construction and operation. The process is placed heavy demands on, as concerns efficiency, accuracy and reliability of georeferenced data. The paper presents the experience of using terrestrial laser scanning in geodetic survey of the tunnel interior. The main stages of surveying and measurement processing are shown. The conditions of taking measurements in the tunnel are determined.

Тоннели являются важным звеном в транспортной сети любого государства. Поэтому геодезическо-маркшейдерские работы являются необходимым и ответственным процессом на всех этапах строительства и эксплуатации тоннеля, к которому предъявляются особые требования по оперативности, точности и надежности получаемых геопространственных данных. Внедрение новых технологий, а именно наземного лазерного сканирования (НЛС) позволяет автоматизировать работу в тоннеле, что снижает вероятность появления ошибок связанных с человеческим фактором и способствуют сокращению ресурсов, времени затрачиваемые на инженерно – геодезическую съемку.

В период с 22.05.2008 г. по 26.05.2008 г. Региональным центром лазерного сканирования выполнена инженерно-геодезическая съемка внутреннего очертания тоннеля 106-107 км на участке Артышта-Томусинская Западно-Сибирской железной дороги (перегон ст. Курегеш – ст. Карлык) средствами наземного лазерного сканирования (рис. 1).

По результатам съемки требовалось создать триангулированную 3D модель и чертежи сечений внутреннего очертания тоннеля в форме Autodesk AutoCAD, на чертежах сечений отобразить обделку тоннеля, рельсы, границы ниш и камер, кабельные полки. Кроме того, триангулированная 3D модель внутреннего очертания тоннеля согласно техническому заданию должна также содержать все элементы, представленные на чертежах сечений.

Погрешности построения 3D модели и чертежей сечений тоннеля в плане и по высоте не должны превышать 20 мм.

Дополнительно на основе данных НЛС решены следующие задачи:

1. Определены габариты тоннеля;
2. Определены оси рельсов;
3. Определены провисы проводов;
4. Построены коммуникации.



Рис. 1. Восточный портал тоннеля

Начальный этап съемочных работ включал в себя рекогносцировку местности и осмотр объекта съёмки, в результате чего было выявлено приблизительное количество станций сканирования и пунктов съемочного обоснования, необходимых для привязки результатов сканирования к внешней системе координат.

Сканирование тоннеля выполнялось наземным лазерным сканером Riegl LMS-Z420i с 36 сканерных станций бригадой из двух человек. Данный сканер не имеет устройства для горизонтирования и ориентирования, поэтому внешнее ориентирование сканов в местную систему координат производилось с помощью специальных светоотражающих марок, координаты которых определялись при помощи электронного тахеометра Leica TCR 1205 с точек рабочего плано-высотного обоснования (ПВО). Средняя квадратическая ошибка определения координат марок сканером Riegl LMS-Z420i, составляет 1,5 мм.

Непосредственно процесс съемки на каждой станции можно условно разделить на следующие этапы:

- 1) *Установка сканера, подготовка его к работе.*

При выполнении съемки важное место отводилось выбору точек, с которых выполнялось сканирование. При этом обеспечивалось условие перекрытия сканов, полученных с соседних сканерных станций, в зонах с достаточной плотностью съемки. Для улучшения обзорности, мобильности и получения более детальных сканов сканер устанавливался на железнодорожную тележку. При этом штатив закреплялся на ней с помощью специальных устройств, что позволило не только выполнять съемку с железнодорожной тележки, но и перемещаться от станции к станции, не снимая сканер. Это ускорило процесс съемки примерно в 2,5 раза.

2) *Установка и ориентирование тахеометра;*

3) *Расстановка сканерных марок (рабочего ПВО).*

Для создания рабочего ПВО на каждой сканерной станции использовались 8 сканерных марок, располагаемых на расстоянии 20 – 40 м от сканера;

4) *Координирование рабочего ПВО электронным тахеометром;*

5) *Выполнение сканерной съемки.*

Сканирование пространства осуществлялось в пределах поля зрения сканера (360° по горизонтали и 80° по вертикали) с разрешением от $0,18^\circ \times 0,18^\circ$ до $0,01^\circ \times 0,01^\circ$;

6) *координирование рабочего ПВО сканером.*

На полученном в результате сканирования растровом изображении каждый пиксель которого раскрашен в зависимости от интенсивности отраженного лазерного луча, интерактивно отмечалось местоположение светоотражающих марок, которые легко дешифрировались благодаря высокой отражающей способности. Далее производилось сканирование выбранных марок с максимальным разрешением, после чего в программном обеспечении RiSCAN PRO, с использованием заложенного алгоритма, автоматически определялись координаты центров марок в системе координат скана.

Предварительная обработка результатов наземного лазерного сканирования заключалась в ориентировании сканов в местной системе координат и экспорте результатов в программное обеспечение Leica HDS Cyclone.

Для ориентирования сканов, координаты сканерных марок в местной системе координат, полученные при помощи электронного тахеометра, были переданы в программное обеспечение RiSCAN PRO. Данное программное обеспечение автоматически устанавливает соответствие между марками и их координатами, производит преобразование координат, полученных в процессе сканирования, в заданную систему и вычисляет значение средней квадратической ошибки единицы веса пространственного положения марок во внешней системе координат (standard deviation).

В дальнейшем ориентированные сканы переданы в программное обеспечение Leica HDS Cyclone. Создание чертежей внутреннего очертания тоннеля выполнялось в полуавтоматическом режиме и состояло из следующих процессов:

– Сегментирование, фильтрация и разряжение точечной модели для цели формирования профилей в автоматическом режиме;

- Построение чертежей внутреннего очертания тоннеля в автоматическом режиме;
- Редактирование чертежей внутреннего очертания тоннеля.

Для создания триангулированной трехмерной модели (Mesh) выполнена обработка «облака» точек в программных продуктах RealWorks Survey фирмы Trimble и RapidForm фирмы Inus Technology с использованием специализированных фильтров и алгоритмов построения «Mesh». В результате из общего массива точек удалены точки не принадлежащие поверхности обкладки тоннеля. После фильтрации и разряжения плотность точечной модели составила 1 точку на 49 см². Для облегчения дальнейшей работы с триангулированной трехмерной моделью тоннеля единый массив точек разделен на участки по 100 м. Вид одного из участков трехмерной модели представлен на рис. 2.

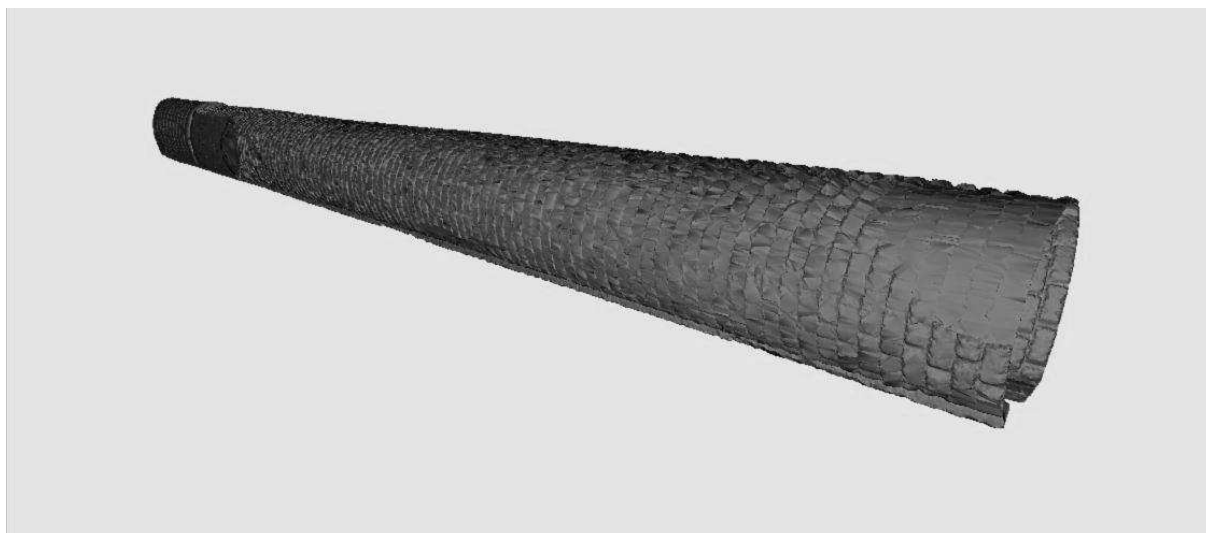


Рис. 2. Трехмерная модель внутреннего очертания обкладки тоннеля

После выполнения съемочных работ выполнен контроль точности съемки тоннеля путем повторных измерений с использованием электронного тахеометра Leica TCR1205. Всего произведено 132 измерения. Максимальное расхождение по всем трем координатам составило 0,031 м. Средняя квадратическая погрешность по трем координатам составила 0,013 м, что соответствует требованиям технического задания.

В результате экспериментальных исследований установлено, что полевые работы по съемке внутреннего тоннеля средствами наземного лазерного сканирования выполняются значительно быстрее, чем традиционным инструментарием. При этом объем и детальность получаемой информации значительно больше относительно классических методов.

УДК 332.334.2

К.Б. Хасенов, И.П. Каретина, М.Е. Рахымбердина, К.М. Калеева
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

ИЗ ОПЫТА УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬ РЕКРЕАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

K.B. Khasenov, I.P. Karetina, M.Ye.Rakhimberdina, K.M. Kaleeva
East-Kazakhstan State Technical University of D. Serikbaev (EKSTU)
19 Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, 070010, Kazakhstan

FROM THE ESTABLISHMENT OF LAND BOUNDARIES OF THE RECREATION DESTINATION LANDS

Specially protected natural areas's lands, recreational, historic and cultural facilities lands includes a variety of natural sites, which have special ecological, scientific and cultural value.

Almost half of all land in this category in the Republic of Kazakhstan is in the East Kazakhstan region, including the unique natural and recreational complexes: Coast Bukhtarma reservoir, Sibin Lakes, Alakol Lake, Katon-Karagaiskiy district and a suburb of the Ridder-city.

Continuous growth of recreational needs of society, as well as the transformation of tourism in the independent sector of the economy, operating recreational resources, require a more precise identification of the most promising resources for recreation . First and foremost, a serious approach requires work to do the borders of recreational destination lands for the withdrawal the lands in these areas from the state fund in the category: recreational destination lands.

Согласно Стратегии территориального развития Республики Казахстан до 2015 года, утвержденной Указом Президента Республики Казахстан от 28 августа 2006 года, в настоящее время одной из сильных сторон ситуации в территориальном развитии нашей страны являются ее уникальные рекреационные ресурсы, но использовать такое преимущество на благо народу и государству можно только при обеспечении рациональной эксплуатации и сохранения (восстановления) этого природного богатства.

Постоянный рост природоохранных мероприятий, направленных на рациональное использование земельных и природных ресурсов, превращение туризма в самостоятельную отрасль экономики, эксплуатирующую рекреационные ресурсы, требуют более точной идентификации наиболее перспективных для этих целей территорий. В первую очередь, серьезного подхода требуют работы по установлению границ земель рекреационного назначения для осуществления вывода земель в этих зонах из государственного фонда в категорию земель рекреационного назначения.

Земли особо охраняемых природных территорий, земли оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения включают в себя различные природные объекты, имеющие особую экологическую, научную и культурную ценность.

Почти половина всех земель данной категории в Республике Казахстан числится в Восточно-Казахстанской области, в том числе уникальные рекреационные природные комплексы: побережье Бухтарминского водохранилища, Сибинские озера, озеро Алаколь, Катон-Карагайского район и пригород города Риддера.

Еще в 2005 году в соответствии с поручением Акимата области, департаментом архитектуры, градостроительства и строительства совместно с территориальным управлением по управлению земельными ресурсами, представителями районных отделов архитектуры была проведена инвентаризация строений и использования земельных участков на территориях Восточно-Казахстанской области, традиционно используемых для целей рекреации. В результате предварительно проведенных проверок и анализа сложившейся ситуации был обозначен ряд проблем: основная часть возводимых и эксплуатируемых объектов не отвечает санитарно-гигиеническим, противопожарным, экологическим нормам и требованиям водоохранного и природоохранного законодательства. На градостроительное освоение данных рекреационных территорий нет разработанных и утвержденных в установленном законодательством порядке проектов застройки территорий, то есть освоение территории ведется хаотично и большей частью не рационально. Основными выявленными нарушениями были строительство без разрешения, утвержденного проекта и согласования с местным органом архитектуры, а также освоение территории без правоустанавливающих документов на земельные участки.

В целях развития туристического кластера, упорядочения хозяйственной деятельности на землях, предназначенных для массового отдыха населения, акиматами нескольких районов были приняты постановления о переводе земель общей площадью 1265,2 га в категорию земель особо охраняемых природных территорий, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения. Основная доля пришлась на побережье Бухтарминского водохранилища (Зыряновский район) и составила 811 га. Хочется отметить, что Бухтарминское водохранилище на р. Иртыш образовано плотиной одноименной ГЭС, которое заполнено в 1960-1967 годах и имеет площадь (с подпором оз. Зайсан) 5490 км², объем воды 49,6 км³, длину 425 км, наибольшую ширину 35 км. Практически вдоль половины всего побережья располагаются дачи, базы и зоны отдыха, в труднодоступных местах развит неорганизованный туризм, то есть выше озвученные 811 га – лишь малая доля земель, фактически занятых под рекреацию.

В соответствии со статьей 126 Земельного кодекса Республики Казахстан в состав земель рекреационного назначения могут входить земельные участки, на которых находятся дома отдыха, пансионаты, кемпинги, объекты физической культуры и спорта, туристические базы, стационарные и палаточные туристско-оздоровительные лагеря, дома рыболова и охотника, лесопарки, туристические

тропы, трассы, детские и спортивные лагеря, другие аналогичные объекты. Порядок и режим использования земель рекреационного назначения определяются местными представительными и исполнительными органами.

В 2005 году было утверждено постановление акимата области «О региональной программе развития туристской отрасли Восточно-Казахстанской области на 2006-2008 годы», предусматривающее ряд мероприятий, которые могут позволить в кратчайшие сроки создать комфортные условия для благоприятного отдыха и улучшения здоровья отдыхающих.

В 2008 году авторами выполнялись работы по разработке землеустроительного проекта установления границ земель рекреационного назначения в районе сел Алтайка и Кремнуха на побережье Бухтарминского водохранилища (Зыряновский район).

В процессе работ было проведено установление границ всех землепользователей в районе ведения работ:

1. Имеющих в наличии правоудостоверяющие документы, по предоставленным ВК ДГП ГосНПЦзем и Зыряновским земельно-кадастровым бюро (ЗКБ) данных государственного земельного кадастра (ГЗК);
2. Не имеющих правоудостоверяющих документов на земельные участки, по фактически занимаемым границам, либо согласно существующим нормам отвода;
3. Отсутствующих на топографических планах, но по существующим границам землепользований, с учетом норм отвода, посредством тахеометрической съемки с привязкой к местной системе координат.

Район ведения работ был разбит на 6 участков общей площадью 721,47 га, на которых выполнено землеустроительное проектирование.

В результате проведенных полевых и камеральных работ было определено, что испрашиваемые земли представлены:

- Землями населенных пунктов, общей площадью 24,61 га;
- Землями сельскохозяйственного назначения, общей площадью 31,89 га;
- Землями промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения, общей площадью 664,97 га.

Согласно ст. 134 Земельного Кодекса РК по берегам водохранилищ по предложению уполномоченного органа управления водными ресурсами местными исполнительными органами выделяются земельные участки под водоохранные зоны и полосы.

В Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Восточно-Казахстанской области были запрошены сведения о наличии водоохранной зоны и полосы на проектной территории, однако областной акимат своими постановлениями водоохранную зону и полосу не устанавливал.

В связи с этим в проекте был определен согласно постановления Правительства Республики Казахстан от 16 января 2004 года №42 «Об утверждении Правил установления водоохранных зон и полос» минимально возможный размер водоохранной зоны и полосы, а именно размер водоохранной зоны принят равным 500 м от линии затопления, водоохранной

полосы - 20 м от линии затопления. В результате все собственники (землепользователи) на каждом из 6 участков попали в водоохранную зону Бухтарминского водохранилища. 161 земельный участок, общей площадью 63,75 га, большинство из которых находятся в частной собственности, оказался в водоохранной полосе (рис. 1, 2).

В соответствии со статьей 132 Земельного кодекса РК, земли, выделенные под водоохранные зоны и полосы, признаются землями водного фонда. В соответствии со 135 статьей Земельного кодекса РК, земельные участки из состава земель водного фонда могут быть предоставлены только во временное землепользование.

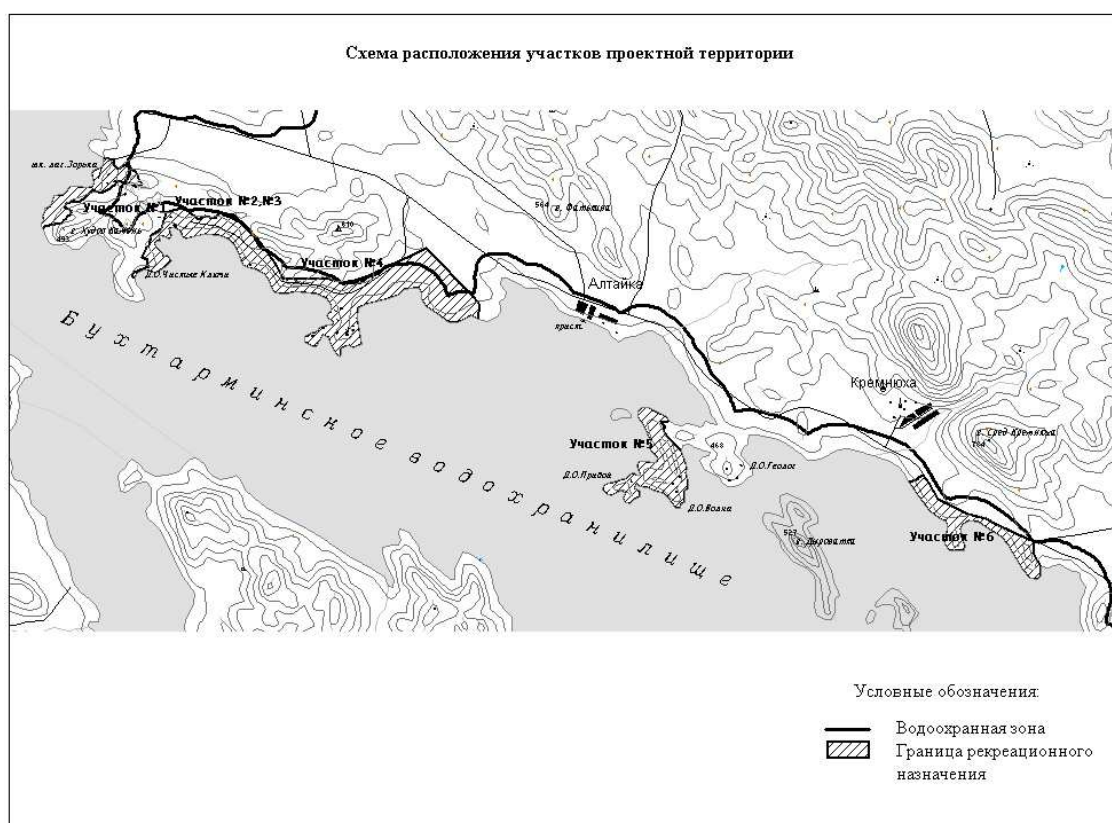


Рис. 1. Схема расположения участков проектной территории

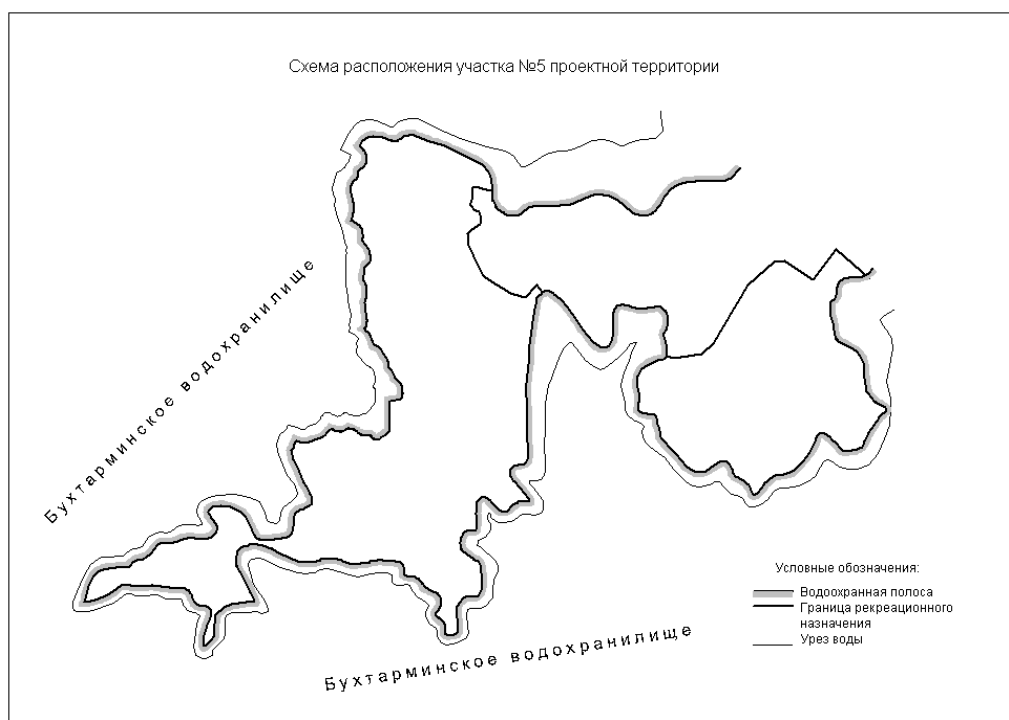


Рис. 2. Схема расположения участка №5 проектной территории

Геодезические работы проводились с целью получения топографического плана в масштабе 1: 2000, 1:10000. Полевые работы проводились в условной системе координат по следующей технологической схеме:

- Анализ имеющихся топографо-геодезических материалов на район работ;
- Рекогносцировочные работы;
- Создание планово-высотного обоснования;
- Тахеометрическая съемка местности;
- Камеральная обработка полевых измерений.

Анализ представленных топографо-геодезических материалов, выполненных различными организациями, с последующими рекогносцировочными работами показал существенные отличия и нестыковки представленных данных. Во-первых, представленные материалы съемок выполнены в различных системах координат. Во-вторых, отсутствие сведений о привязке к существующим пунктам геодезической сети. Натурные изменения в основном были связаны с отсутствием границ землепользователей, которым были выданы земельные участки по документам, либо ликвидацией старых границ. Важным этапом подготовительных работ стала рекогносцировка, т.к. участки расположены не в едином массиве и в условиях сложного рельефа. В результате рекогносцировочных работ были выбраны местоположения съемочных точек, с которых открывался достаточно широкий обзор побережья.

Плановое положение определялось проложением сети теодолитных ходов, высотное – тригонометрическим нивелированием.

Создание съемочного обоснования и тахеометрическая съемка местности были выполнены электронным тахеометром PENTAX R-325NX.

После окончания полевых работ результаты измерения были переданы из памяти тахеометра в РС для дальнейшей обработки. Камеральная обработка полевых материалов выполнялась в соответствии с действующими нормативными документами и представлена в виде топографических планов в масштабах 1: 2000 и 1: 10000.

Камеральная обработка включала следующие основные этапы:

1. Импорт файла измерений.
2. Уравнивание теодолитного хода и хода тригонометрического нивелирования.
3. Создание текстового файла (x, y, z) точек съемки.
4. Построение цифровой модели и создание плана тахеометрической съемки местности.
5. Выпуск чертежей.

При уравнивании сети теодолитных ходов и тригонометрического нивелирования полученная точность планово-высотного обоснования удовлетворяет требованиям технического задания и соответствует в плане 1-му разряду полигонометрии, невязка нивелирного хода – техническому классу нивелирования.

© К.Б. Хасенов, И.П. Каретина, М.Е. Рахымбердина, К.М. Калеева, 2009

УДК 528.93

К.Б. Хасенов, И.П. Каретина, М.К. Исабаева
ВКГТУ, Усть-Каменогорск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ LANDSAT-7 ETM+ ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ МАСШТАБА 1:200 000

K.B. Khasenov, I.P. Karetina, M.K. Isabaeva

East-Kazakhstan State Technical University (EKSTU)

12/1-32 Vinogradova street, Ust-Kamenogorsk-city, 070000, Republic of Kazakhstan

USING THE LANDSAT-7 ETM+ FOR UPDATING TOPOGRAPHIC MAPS EAST-KAZAKHSTAN OF 1: 200 000

The Topographical cards requires systematic updates. The update process takes place differently in different regions. The more territory accustoms man, the more map area requires updating. The use of remote sensing satellites in the update map is an effective means for updating the map information, as well as save time and money, and covers a large territory.

Современный мир очень изменчив, поэтому постоянно возникает задача обновления топографических карт.

В качестве первичного материала для топографических карт традиционно используются аэрофотоснимки. Космические цифровые снимки открывают новые возможности: удешевление повторных съемок, увеличение площади охвата местности и снижение искажений, связанных с рельефом. Поэтому съемки из космоса используются все шире и шире, и в перспективе могут стать основным методом обновления топографических карт.

Целью данной работы является освоение метода обновления топографических карт по космическим снимкам на примере Восточно-Казахстанской области и отражение важности обновления карт масштаба 1:200 000.

В работе были использованы следующие материалы: топографическая карта масштаба 1:200 000, созданная в 1964 г., обновленная в 1984 г.; снимок Landsat-7 ETM+, предоставленный Управлением природных ресурсов и регулирования природопользования Восточно-Казахстанской области, год съемки – 2002 г. Примечательно, что нет ограничений на вторичное распространение данных Landsat-7 ETM+.

Снимки Landsat-7 ETM+ с размером пиксела 15 м позволяют составлять карты масштаба 1:200 000 и мельче. Некоторые мелкие параметры изображаемые на картах 1:200 000, нельзя получать по снимкам, поэтому необходимо привлекать дополнительные источники данных. При обновлении

карт наносятся лишь изменения контуров элементов, а при составлении карт необходимо определить точное положение этих элементов. Поэтому для составления топографических карт требуются космические снимки более высокого разрешения, чем для их обновления.

На сегодняшний день особое внимание уделяется покрытию топографическими картами всей земной поверхности. Данные по Восточно-Казахстанской области приведены в табл. 1.

Таблица 1. Покрытие топографическими картами территории Восточно-Казахстанской области

Наименование области Республики Казахстан	Количество карт, в разрезе масштабов			
	1:500 000	1:200 000	1:100 000	1:50 000
Восточно-Казахстанская	13	74	259	14

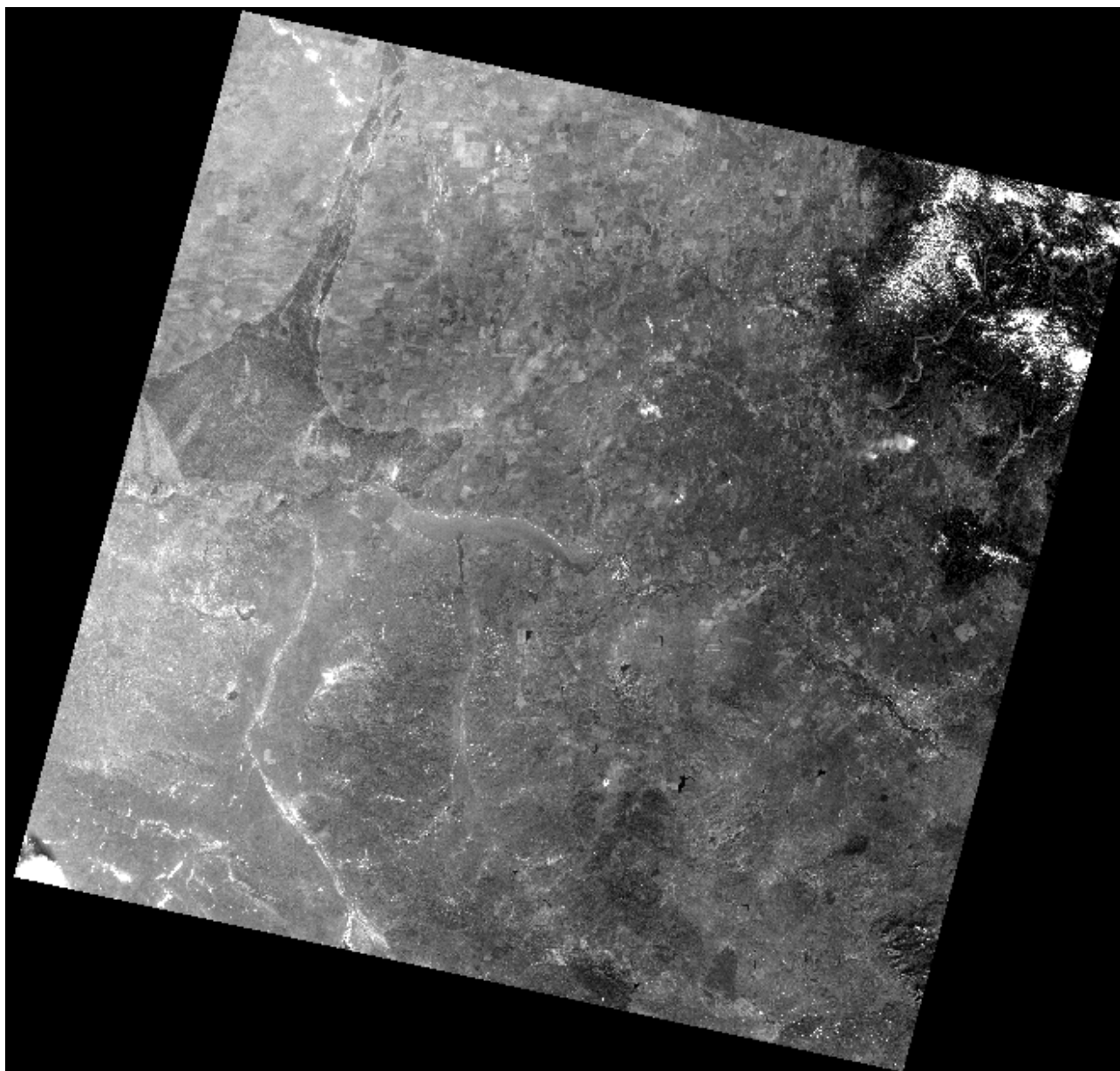
С уменьшением масштаба теряется детальность изображения объектов местности, охват площади увеличивается поэтому количество карт сокращается.

В данной работе процесс создания цифровой карты на территорию Восточно-Казахстанской области осуществлялся методом оцифровки сканированных планшетов в среде программного продукта MapInfo. С целью повышения качества изображения растр был откалиброван в программе Spotlight Pro. Космический снимок Landsat-7 ETM+ (приложение А) с пространственным разрешением 30 м и 8 спектральными зонами поступил в виде отдельных зональных снимков, соединение которых было осуществлено в программе MultiSpec. Формат GeoTIFF многозонального снимка позволил автоматически осуществить аффинную привязку по трем реперам растрового изображения к известной модели геодезической или картографической проекции Гаусса-Крюгера. В ходе анализа совмещенных космического изображения 2002 года и цифровой карты были обнаружены некоторые несовпадения контуров, либо их отсутствие. Таким примером служит отсутствие на карте Шульбинского водохранилища (приложение Б), строительство которого было начато в 1976 году, тогда как топографическая карта была создана в 1964 г. После обновления карты в 1984 г. прошло 2 года, как было закончено строительство. Поэтому на карте отображена лишь ситуация на начальный период строительства – река и плотина (приложение В).

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что топографическая карта нуждается в обновлении, так как она не отображает современную обстановку для ведения производственной деятельности надлежащим образом. Спутниковые данные дистанционного зондирования - эффективное средство обновления картографической информации, поэтому одной из неотложных задач, стоящих перед специализированными предприятиями в области геодезии и картографии является реализация

«космического» обеспечения топографических и других крупномасштабных тематических карт на территорию всей Республики Казахстан.

Приложение А. Снимок Landsat-7 ETM+



Приложение Б. Результаты совмещения космического изображения и цифровой карты

Масштаб 1:100 000



Приложение В. Результаты совмещения космического изображения и цифровой карты

Масштаб 1:50 000



ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В МАРКШЕЙДЕРИИ

А.Л. Okhotin
Irkutsk State Technical University, Irkutsk

LASER SCANNING APPLICATION IN MINING GEODESY

Лазерные сканеры или, как их еще часто называют лидары, сравнительно недавно появились в практике маркшейдерии. Их применение во многом схоже с использованием в топографо-геодезических работах, но есть и отличия.

По видам сканеры различаются на воздушные, наземные и подземные.

Воздушные сканеры предназначены для съемки больших площадных и линейных объектов. В горном деле под такие объекты попадают новые площади проектируемых горных предприятий, существующие карьеры и разрезы, нефте и газопроводы, дороги и ЛЭП. Ранее работы по картированию таких объектов производились методами аэрофотосъемки, альтернативы которой долгое время не существовало.

Лазерная локация имеет ряд неоспоримых преимуществ перед АФС. Сам *технологический цикл полевых работ прост*. Снимаемые точки, после короткого цикла обработки, сразу получают координаты в заданной пользователем системе. Оценка качества полевых работ – полнота облаков точек лазерного отражения и ортофотомозаики, производится в тот же полетный день, что намного уменьшает процент брака. Многократное *уменьшение наземных подготовительных работ*, исключая создание опознаков. При лазерном сканировании требуется наличие ограниченного количества базовых GPS-ГЛОНАСС станций. Для обеспечения координатами лазерно-локационных данных используется метод прямого геопозиционирования, который обеспечивает входящий в состав лидара навигационный блок. *Скорость картографических работ* в целом в 5-10 раз выше, чем при традиционных технологиях. Точность лазерного сканирования, неоднократно проверенная на практике, соответствует требованиям Инструкции по производству маркшейдерских работ. Для ее достижения необходимо четкое исполнение полевой бригадой нормативных требований аэросъемочных работ, калибровочных процедур, которые подробно расписаны в соответствующих руководствах.

Производительность лазерного сканирования очень высока. Реальными являются объемы съемки в 500 км за один день для линейных объектов и до 1000 кв. км для площадных объектов. Принципиальным отличием лазерной локации является *возможность работы в ночное время*. Уникальная

особенность этой технологии – *возможность снимать залесенную территорию с получением при этом цифровой модели рельефа и территорию со слабовыраженным рельефом и отсутствием маркирующей ситуации.*

В качестве примера можно привести проект, выполненный нами в Якутии. В качестве объекта съемки выступало рудное поле площадью 200 кв. км. Там долгие годы шла отработка золоторудного месторождения. В период экономического спада золото добывалось с нарушением технологии производства горных работ. Практиковалась селективная выемка. Маркшейдерская документация велась недобросовестно и частично была утеряна. Местность на момент съемки имела лунный пейзаж с невыраженными контурами. Традиционная съемка была здесь практически не применима. Работа была начата 10 августа, а 10 ноября того же года был сдан отчет, к которому прилагались цифровые топографические планы масштаба 1: 2 000, ортофотопланы, цифровая модель рельефа и 246 маркшейдерских планшетов плана на твердой основе. Ближайший конкурент, участвовавший с нами в тендере, готов был выполнить эту работу за 18 месяцев, применяя классическую аэрофотосъемку. Предприятие, получив от нас доброкачественный картографический материал, за эти месяцы разработало проект и добыло около 3 т золота.



Рис. 1. Работа бригады на борту самолета

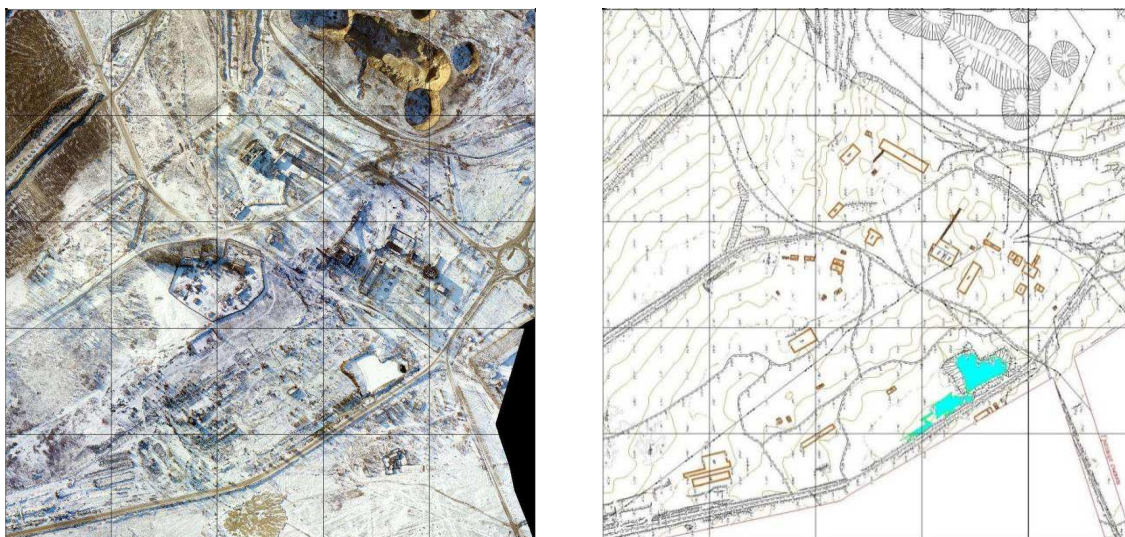


Рис. 2. Фрагменты ортофотоплана и топоплана

Похожая работа была выполнена на золоторудном месторождении в Балее Забайкальского края. На съемку 50 кв км ушло около 3-х полетных часов. Камеральная обработка с выдачей полного комплекта материалов заняла 3 недели.

Лазерное сканирование имеет *высокую экономическую эффективность*. Себестоимость работкратно ниже, чем при АФС. Почему же сметы на производство работ составляются по традиционным ценникам? Объяснение простое – для лазерной локации они еще не созданы. А получаемая прибыль является хорошим стимулом для развития и внедрения новейших технологий и покупки дорогостоящего оборудования.

И все же у лазерного сканирования имеются *недостатки*. Процесс очень сильно зависит от погодных условий. Ему мешают осадки и высокая влажность, низкая облачность и дымка. Имеются ограничения по высоте полета. Излучение от лазера опасно для человеческого глаза. Однако все недостатки надо соотносить с достоинствами технологии и, при этом, понимать, что многие из них характерны и для АФС.

Наземное лазерное сканирование хорошо себя зарекомендовало на карьерах и разрезах. При составлении проекта съемки определяются места установки сканера (сканпозиции). При этом сам сканер может устанавливаться как на штативе, так и на транспортном средстве. Прибор не требует центрирования и горизонтирования, как тахеометр. Его привязка к системе координат производится через марки, устанавливаемые на расстоянии 20-30 м от прибора, которые в свою очередь координируются с помощью электронного тахеометра или GPS-ГЛОНАСС приемника. Прилагаемое к сканеру программное обеспечение позволяет «сшивать» облака точек с разных сканпозиций, получая единую модель. Одновременно со сканированием ведется фотосъемка, которая выполняет функцию абриса и дает возможность дешифровать съемку в камеральных условиях.



Рис.3. Организация полевых работ

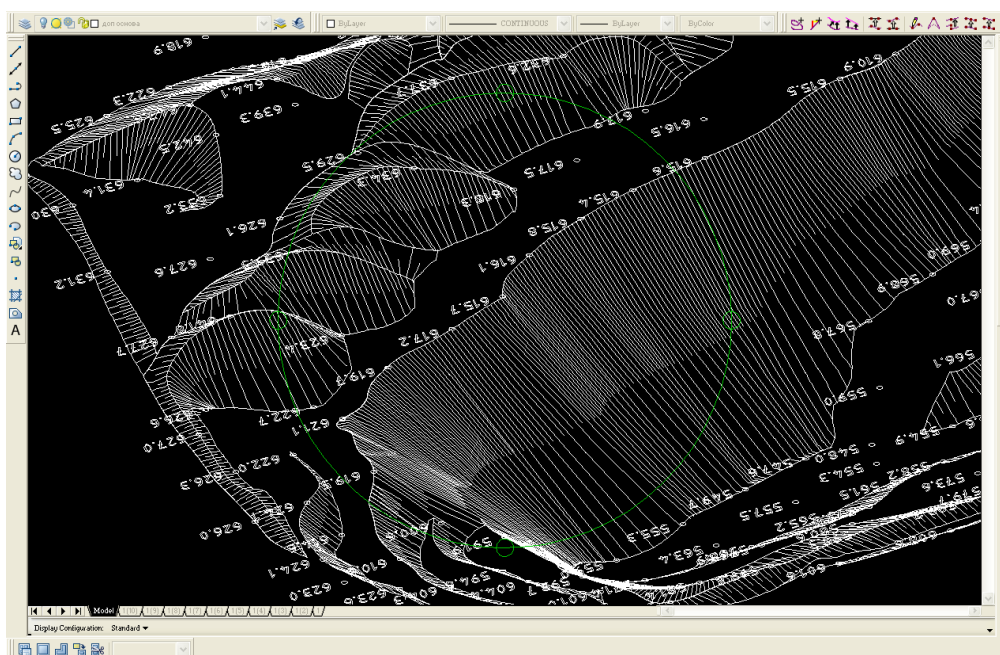


Рис. 4. Топоплан разреза по результатам сканирования

В качестве примера можно привести сканирование угольного разреза Бурятии площадью 500 га. На полевые работы бригада из 3-х исполнителей (один преподаватель и 2 студента) затратила 3 рабочих дня. Камеральная часть заняла 2 недели. При этом выяснилось, что ошибочно было снято и картировано не 500, а 700 га. В дополнение к традиционным материалам - ЦМР, цифровому топоплану и планам на твердой основе была добавлена 3-Д модель разреза.



Рис. 5. Вид золотоизвлекательной фабрики

Однажды перед нами была поставлена задача оценить геометрию несущих конструкций нового здания золотоизвлекательной фабрики в Бодайбо. Опасения заказчика основывались на том, что в строительстве фабрики на разных этапах участвовали 3 организации. Выполнение работ усложнялось тем, что на всех этажах здания уже было установлено технологическое оборудование, затенявшее строительные конструкции.

И все же задача была решена. Сканерный ход, проложенный вокруг здания с заходом на все этажи, позволил создать единую модель, по которой были выделены колонны, балки и связи. По ним построили обмерные чертежи с указанием отклонений от проекта.

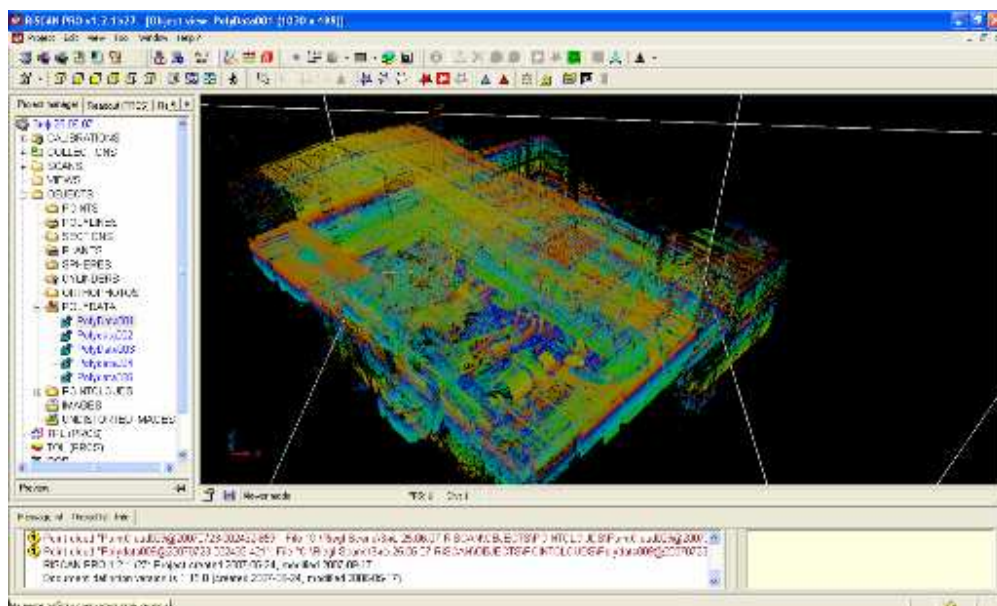


Рис.6. Сшитое облако точек по ЗИФ

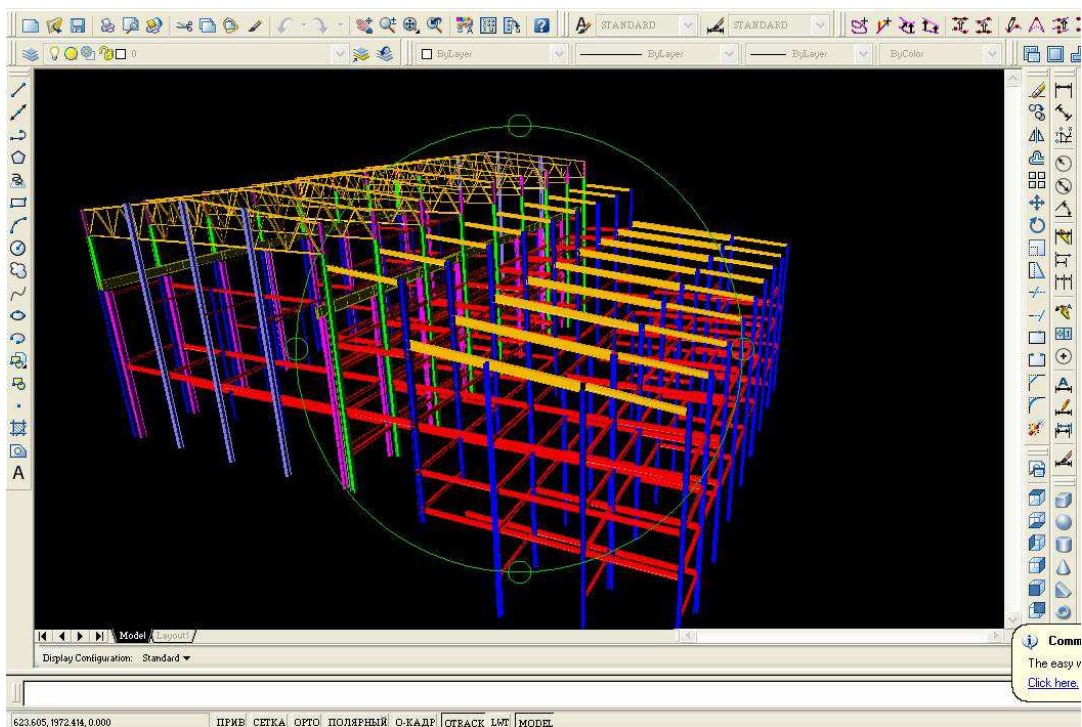


Рис. 7. Выделенные несущие конструкции

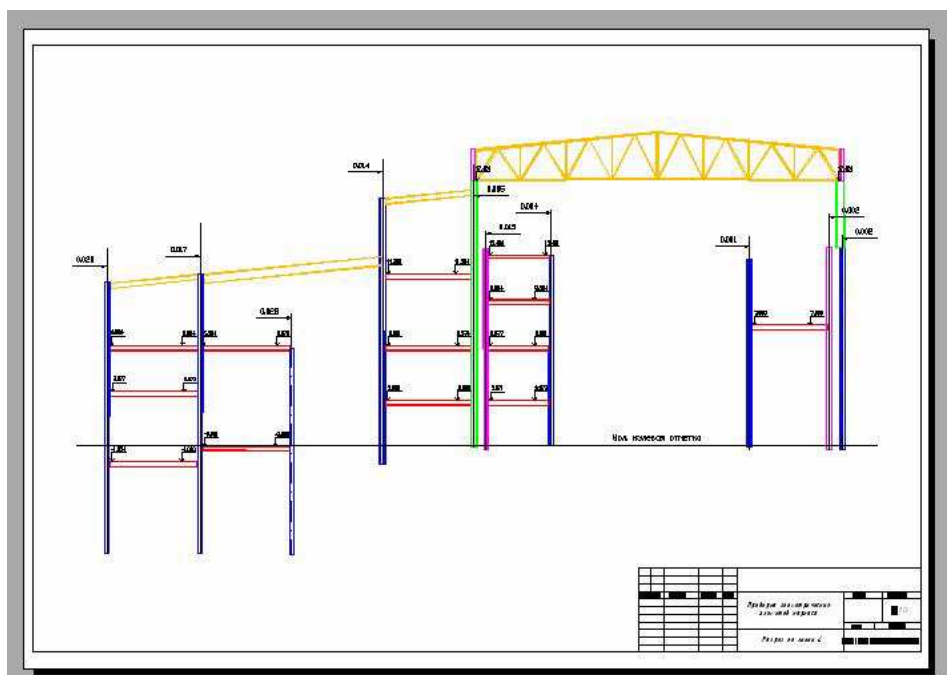


Рис. 8. Исполнительный чертеж

К радости строителей, они оказались в пределах установленных допусков.

Аналогичная задача была поставлена перед нами на Березовской ГРЭС, где предстояло оценить состояние геометрии конструкций самого высокого в России промышленного здания высотой 125 м.



Рис. 9. Цех Березовской ГРЭС

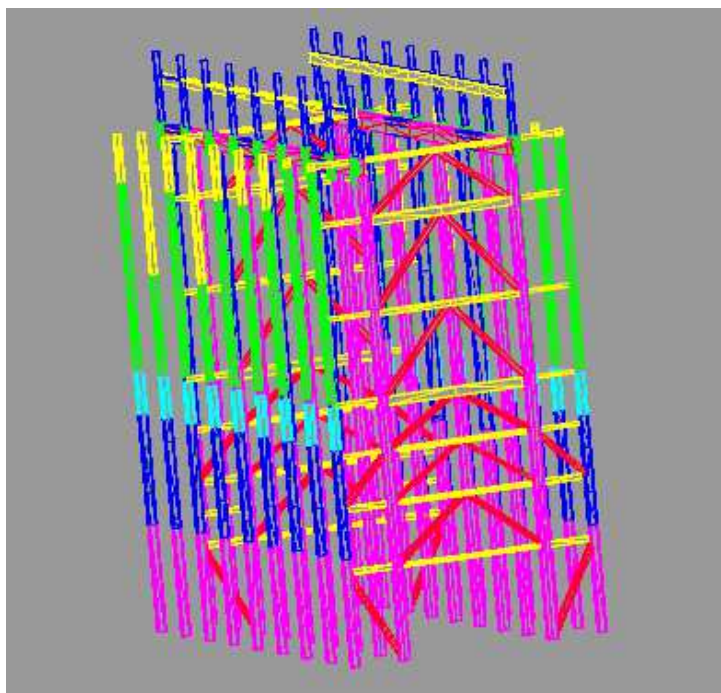


Рис. 10. 3Д модель несущих конструкций

Заказчик пытался решить вопрос проведением съемки электронными безотражательными тахеометрами, но отказался от затеи из-за сложной конфигурации конструкций, их недоступности и опасности. Нами был применен сканер RIEGL LMS 420i. Работа выполнена за 16 дней.

Большой интерес представляют мобильные лазерные сканирующие системы, в которых сканер установлен и производит съемку на движущемся объекте, коими могут быть автомобиль, корабль, локомотив и др. В мире известны готовые решения. К ним относятся StreetMapper компании IGI (Германия) и &&& компании Optech (Канада). Наша кафедра разрабатывает свою версию системы. Ее испытания намечены уже на весну 2009 г.

Лазерные сканеры нашли свое место и в подземных условиях. Главное отличие здесь заключается в том, что снимать нужно не только перед собой, но и сбоку и над собой. Однако это не вносит особых изменений в технологию съемки. Например, нами были сняты выемочные камеры на Тыретском солеруднике.

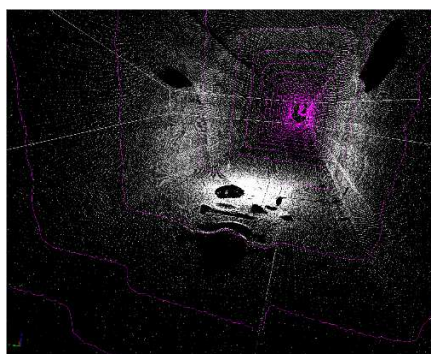


Рис. 11. Облако точек по выемочной камере

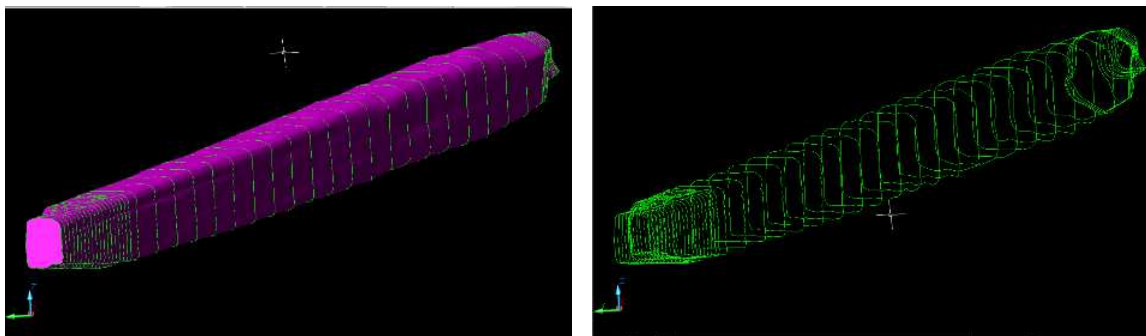


Рис. 12. Выстроенные модель и вертикальные сечения камеры

Одной из сложных задач маркшейдерии является регулярное профилирование вертикальных шахтных стволов. На практике оно заключается в определении отклонений шахтных проводников от вертикали, за которую принимается свободно висящий отвес. Дело усложняется большой глубиной стволов, порою более 1 000 м, турбулентностью воздушного потока, загрязненностью и загазованностью атмосферы и высокой опасностью работ на высоте в непригодных условиях. Решение облегчается применением автоматизированной станции профилирования шахтных стволов СПШ, но и она выдает строго ограниченный объем информации, не позволяющий в полном объеме оценить состояние ствола. На наш взгляд, полноценным ответом на все вопросы станет проведение лазерного сканирования ствола. Теория этого вопроса также разработана. Натурные испытания пройдут в ближайшее время.

Правила безопасности при производстве горных работ требуют периодической съемки капитальных подземных горных выработок, включающую их геометрию, состояние рельсового пути и проложенных коммуникаций. В связи с порою их большой протяженностью и большим объемом текущих задач у маркшейдерской службы не хватает времени на такую работу. Для автоматизации подобной работы нами разработан мобильный сканирующий комплекс. Он будет презентован в ближайшее время.

Отдельной и сложной маркшейдерской задачей является съемка недоступных подземных пространств. Таких бывает немало при камерной системе отработки, при проходке восстающих. В настоящее время имеются сканеры, способные снимать пустоты на расстоянии. Примером может служить сканер CMS 100.



Рис. 13. Принципиальная схема работы сканера

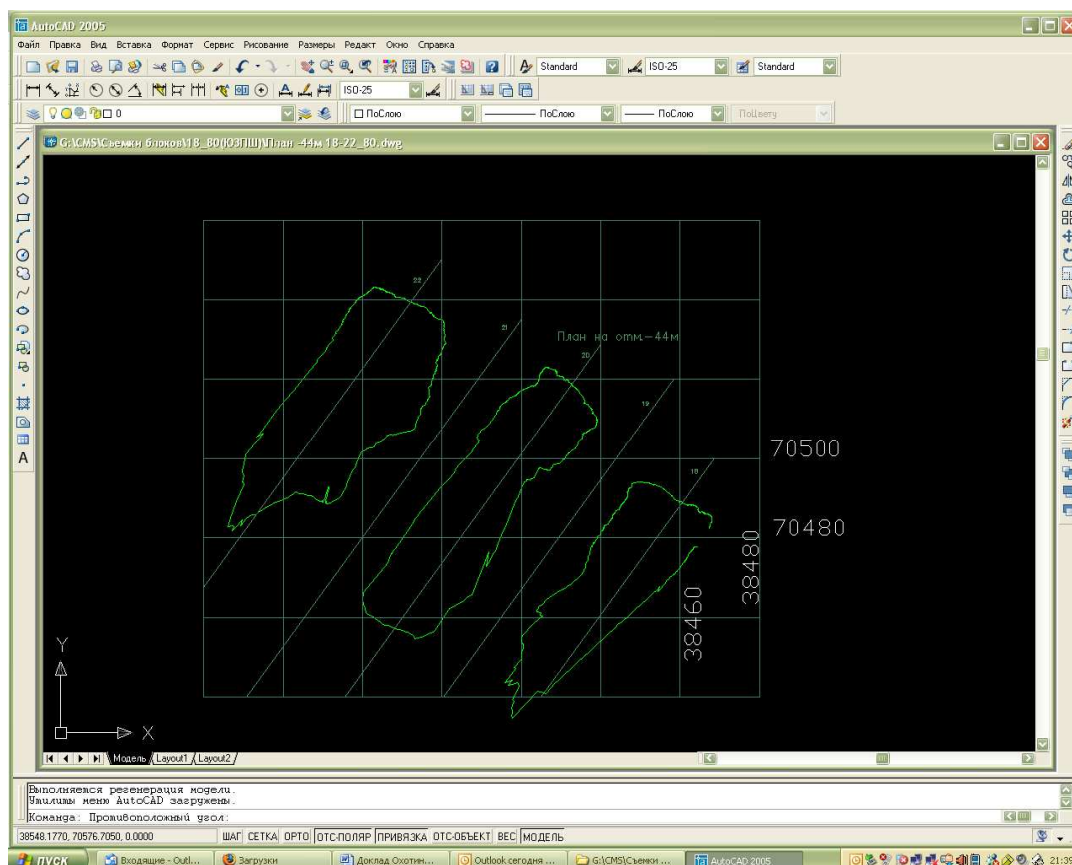


Рис. 14. Пример полученных горизонтальных сечений подземной камеры на руднике Кольской ГМК

В данном докладе приведены примеры применения лазерной локации в маркшейдерии, в которых автор принимал непосредственное участие. Наверняка, можно привести и иные примеры и приложения.

© А.Л. Охотин, 2009

УДК 528.37/38

В.Г. Иванов

Братский государственный университет, Братск

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНИЙ НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛАССА ПО ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕЙ АЗИИ И УКРАИНЫ В АСПЕКТЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ, СВОЙСТВЕННЫХ ЛИНИЯМ ПО ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

V.G. Ivanov

Bratsk State University

INVESTIGATION OF THE FIRST-ORDER LEVELING LINES ON THE TERRITORIES OF MIDDLE ASIA AND UKRAINE IN THE CONTEXT OF THE PATTERNS TYPICAL OF THE LINES THROUGHOUT RUSSIAN TERRITORIES

Применив системный подход к анализу линий нивелирования I класса по территории России и сопредельных стран, бывших республик СССР, разделив их по направлениям на меридиональные, субширотные и широтные, нам удалось установить закономерное изменение всех разностей d [1-3].

По дополнительной информации, полученной в Центральном картографо-геодезическом фонде (ЦКГФ) по 19 линиям нивелирования I класса общей протяженности 8062 км по территории Средней Азии и Украины, с учетом той информации, которой мы располагали, появилась возможность, проанализировать эти линии, разделив их по направлениям относительно меридиана.

Для лучшего сопоставления результатов в табл. 1 и 2 приведены накопления на 100 км нивелирного хода по регионам Средней Азии и Украины.

Таблица 1. Средняя Азия

Направление	Общая протяженность линии, км	Накопление разностей, мм					
		d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
Меридиональное	5318	-11,5	-7,0	-10,6	+7,9	-2,2	-1,4
Субширотное	12003	-2,4	-2,3	-4,5	+0,3	-0,1	-2,1
Широтное	3184	+2,1	-0,8	-6,3	-7,9	+1,5	-7,1

Таблица 2. Украина

Направление	Общая протяженность линии, км	Накопление разностей, мм					
		d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
Меридиональное	858	-3,5	-3,7	-3,1	+5,6	+0,2	+0,1
Субширотное	3711	-4,3	-3,6	-5,6	+2,6	+0,3	-1,4
Широтное	3517	-2,6	-6,1	-8,3	+0,1	+1,8	-4,1

В табл. 3 приведены по всей территории России в сходных климатических зонах [5,6] и сопредельных стран бывших республик СССР. В неё не включены данные по зоне сурового климата с многолетнемерзлыми грунтами, так как накопления разностей d в ней имеют специфический характер [7].

Таблица 3. Россия и сопредельные страны, бывшие республики СССР за период 1950-2006 г.г.

Направление	Общая протяженность линии, км	Накопление разностей, мм					
		d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
Меридиональное	51429	-4,5	-3,8	-5,0	+3,2	-0,4	-0,9
Субширотное	79298	-2,8	-3,3	-5,5	+0,5	+0,2	-2,5
Широтное	43836	-1,6	-3,0	-6,8	-2,3	+0,8	-4,5

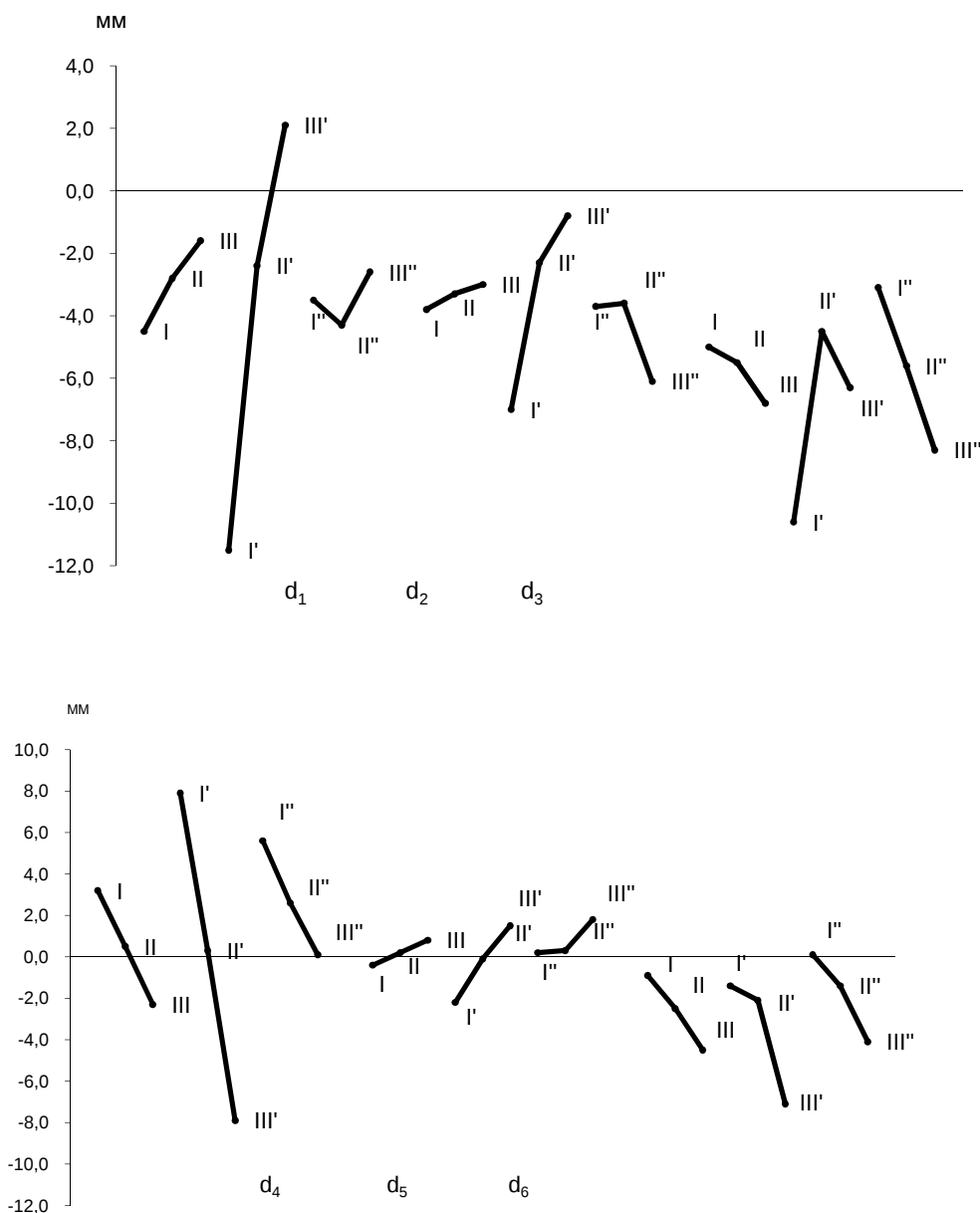
На рисунке приведены графически изменения этих разностей. По территории Средней Азии по разностям d_1 [4] ещё более резко проявилось различие при переходе от линий меридионального направления к широтному. По территории Украины, хотя и не четко, но общая закономерность уменьшения отрицательных разностей в широтном направлении по отношению к меридиональному так же прослеживается.

По разностям d_2 по территории Средней Азии также более резко проявилось различие по сравнению с общей закономерностью. По территории Украины получили обратную картину. В широтном направлении разности возросли по модулю. По нашему мнению это можно объяснить недостаточным объемом информации, особенно в меридиональном направлении всего 858 км, (см. табл. 2) когда случайные факторы могут преобладать над закономерными.

По разностям d_3 , наоборот, по территории Украины закономерность проявилась еще более рельефной по сравнению с общей. По территории Средней Азии в меридиональном направлении точка I явно выпадает из общей закономерности. Причем значительные отрицательные разности d_3 проявились по многим меридиональным линиям. Этот факт требует отдельного анализа и дополнительной информации по другим линиям, по которым мы на сегодня не имеем данных.

По разностям d_4 проявилась четкая согласованность по всем регионам, причем по Средней Азии наиболее рельефно, что требует отдельного анализа и осмысления.

Как нами раньше отмечалось [7], разности d_5 всегда получаются незначительными и представляют собою недокомпенсацию в различиях между правой и левой линиями нивелирования в прямом и обратном ходах. Поскольку в накоплениях разностей d_1 и d_2 проявилась закономерность при переходе от линий меридионального направления к широтному, то она проявилась и в разностях d_5 .



I - меридиональные линии;
 II - субширотные;
 III - широтные.

Рис. Изменение разностей d в линиях нивелирования I класса по территории России, Средней Азии (показаны с индексом ') и Украины (показаны с индексом '')

По разностям d_6 , наиболее важным на наш взгляд для оценки точности нивелирования, проявилась четкая закономерность по всем регионам. Наибольшие по модулю d_6 происходят в линиях широтного направления и минимальные - меридионального.

Средние значения разностей d_6 на 100 км хода достигают -7 мм. На 1 км хода это составит -0,07 мм. Но если учесть, что протяженность нивелирных ходов для нашей обширной территории составляет многие сотни и тысячи километров, например, при передаче отметки от нуля Кронштадского футштока во Владивосток, Якутск, на Чукотку, накопления разностей d достигают десятков и сотен мм.

При замыкании полигонов нивелирования I класса, протяженность которых составляет от нескольких сотен до нескольких тысяч км, накопление малых систематических погрешностей, проявляемых в разностях d часто приводит к невязкам W , превосходящим допустимые $W_{\text{доп}}$ установленные инструкцией [8].

$$W_{\text{доп}} = \pm 3 \text{ мм} \sqrt{P},$$

где P – периметр полигона, км.

Десятки недопустимых невязок по всем регионам России приведены нами в отчете по НИР [9].

Все это требует тщательного анализа по раскрытию природы этих накоплений и возможного уменьшения этого систематического влияния.

Заключение. Проанализировав все имеющиеся в нашей статистике линии по территориям Средней Азии и Украины, установлены те же закономерности в изменении накоплений разностей d при разделении их по направлениям относительно меридиана, свойственные для всей территории страны в сходных климатических зонах. Для территории Средней Азии различия проявились больше, чем по территории России. Возможно это связано с более жарким климатом. По территории Украины по разностям d_1 , d_2 , и d_3 не получилось четкой картины на наш взгляд из-за недостаточного количества информации. В связи с приобретением Украиной «самостийности» получение сейчас дополнительной информации представляется более чем проблематичной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов В.Г. Разделение линий нивелирования I класса относительно меридиана. // Геодезия и картография. – 2003, - № 5. – С. 17-20.
2. Иванов В.Г. Общность и региональные различия в накоплениях разностей d в нивелировании I класса в линиях разного направления // Геодезия и картография. – 2007. - №5. – С. 16-21.
3. Иванов В.Г. Накопление разностей d в нивелирных ходах I класса различной ориентации // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. – 2006. – Вып. 3. (27). – С. 76-79.
4. Инструкция по вычислению нивелировок. – М.: Недра.–1971. – 108 с.
5. Иванов В.Г. Величины и характер накоплений разностей d в нивелирных ходах I класса при разделении их по климатическим зонам //ГЕО-

Сибирь 2005.Т1.Сб. материалов научн. конгресса //ГЕО-Сибирь 2005.- Новосибирск: СГГА, 2005. – С. 48-53.

6. Иванов В.Г. Разделение линий нивелирования I класса по широтному признаку // Геодезия и картография. – 2003. - № 6. – С. 11-16.

7. Иванов В.Г. Величины и характер накоплений разностей d в нивелирных линиях I класса в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. - № 2. – С. 33-45.

8. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: ЦНИИГАиК. – 2004. – 226 с.

9. Анализ точности нивелирования I класса в России по разностям d и по невязкам полигонов. // Отчет по НИР. № гос. рег. 01.2004.07096. БрГУ, Братск, 2006, инв. № 02.2007.03488.

© В.Г. Иванов, 2009

УДК 528.9:528.44

Д. Тувшинбаяр

Монгольский государственный сельскохозяйственный университет, Монголия

КАРТА ПРАВОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ (THE INDEX MAP) – ОДНА ИЗ НОВЫХ ВИДОВ КАДАСТРОВЫХ КАРТ

D. Tuvshinbayar

Agricultural University of Mongolia

THE INDEX MAP AS ONE OF THE TYPES OF CADASTRAL MAPS

В настоящее время при повышении функция земля как элемент рыночной экономики увеличивается потребности в достоверной своевременной информации земельных отношений. Наиболее эффективным методам структуризации, систематизации, обработки и хранения информации о земле, а также адекватным и удобным в использовании видо моделирования свойств земли, в том числе правовых является, как известно, картографирование [4].

Самым эффективным и оптимальным методом моделирования правовых статусов, налагаемых на землю, является картографирование. Следовательно, кадастровые карты выполняют функцию источника и носителя информации кадастровых объектов, а также должны быть отражено правовое положение земли, соответственно с новыми концепциями Международной Федерации Геодезистов (FIG) “Кадастр 2014”. Существенная практическая значимость кадастровых карт и одновременно отсутствие единого комплексного подхода при их создании определяют потребность в разработке методов и приемов картографического отображения состояния земельных отношений. Для решения этих задач необходимо разработать новые виды кадастровых карт разной тематики и методику их создания. В первую очередь это относится к картам правового положения земель.

Карты правового положения земель отображают четкие естественные и юридически установленные и обозначенные в натуре границы местоположения, площадь и фактические границы земельных участков и размещение объектов недвижимости, прочно связанных с земельными участками, а также различные группы земельно-правовых отношений: обременение прав на землю, земельные сервитуты, ограничения использования земель.

Основные задачи составления карт правового положения земель:

- Выявление наличия различных прав, прилегающих на земельных участках, а также документов и материалов, устанавливающих на этих землях обременения в использовании;
- Отображение границ выявленных земельных участков на планово-картографическом материале и их согласование;
- Установление и описание состава обременений в использовании участков;

– Придание материалам статуса правового землеустроительного документа.

Карты правового положения земель составляются, начиная с самого нижнего таксона кадастрового деления – на земельные участки /парцеллы/ и на территории муниципального образования или по категории земель в самых разных масштабах. Это приводит к применению различных методов для их создания. Следовательно, детальные карты создают по данным информационной базы данных государственного земельного кадастра. Обзорные карты можно создавать как по материалам космических съемок, так и собственно картографическими методами и технологиями, а также генерализацией карт государственного земельного кадастра нижнего уровня, обработкой этих карт различными аналитическими или синтетическими методами. Так как данные о правовых характеристиках кадастровых объектов будут отображаться подробно на детальных картах, то это приводит, в основном, к крупномасштабному картографированию.

Соответственно, несмотря на большие различия в масштабах и неравномерное территориальное распределение земельно-правовых отношении в содержание кадастровых карт входят элементы географической основы и тематического содержания.

Для географической основы выбирают некоторые элементы из топографии без пояснительных характеристик. К ним относятся реки, колодцы, источники и ключи, административные границы, дороги, линия электропередачи и связи, населенные пункты, зимники. Эти элементы на кадастровой карте выполняют два роля:

1. Для пространственной привязки и ориентирования на местности.
2. Они являются режимобразующие объекты в земельном отношении.

К элементам тематического содержания кадастровых карт правового положения земель относятся результаты межевания земель, категории земель, территориальные зоны, ограничения (обременение), налагаемые на земельный участок.

Карты правового положения земель составляются на территорию административного района или на крупные единицы кадастрового деления, охватывающие более обширную территорию. На них показывают государственные и частные землепользования, границы зон, особо охраняемых и общего пользования земель, назначение землепользований, а также, обременение прав на землю, земельные сервитуты, ограничения использования земель, развитие использования земель.

Кадастровые правового положения земель составляются на территории муниципального образования или на крупных единицах кадастрового деления, и охватывают более обширную территорию. На картах правового положения земель показываются государственные и частные землепользования, границы зон, особо охраняемых и общего пользования, и назначение землепользований, а также, обременение прав на землю, земельные сервитуты, ограничения использования земель, развитие использования земель.

На ранее созданных картах правового положения земель предложены применять способы картографического изображения, в том числе качественный фон и ареалы. Метод качественного фона и ареала считаются самыми лучшими вариантами для изображения явления с территориальными распределениями и рассеянными локализациями. Но эти методы невозможно изобразить одновременно и однозначно нескольких характеристик и сочетания их приводит к ухудшению читаемости и зрительного воспроизведения. Для того чтобы системно, более информативно, однозначно показать категории, классификации различного уровня по разрешенному пользованию земель и их ограничения предлагается использовать индексы. В качестве индексов могут применять различные кадастровые идентификаторы, которые могут состоять из различных видов кадастровой информации, содержащейся в базе данных. Под индексом понимается комбинация *порядкового номера* земельного участка, присвоенного в государственном учете земельного кадастра, а также некоторые экономические, правовые и другие характеристики [3].

Исходя из этого, для того чтобы на карте однозначно показать правового положения земельно-кадастровых объектов рекомендуется применять индексы, которые состояются из правовых и других кадастровых информации, установленные в результате регистрации земельных участков земельного кадастра. Под индексом понимается признак порядкового номера категории, целевого назначения земельного участка в базе данных государственного земельного кадастра, состоящего из ключевых цифровых обозначений для систематизации земельного участка и других правовых сведений.

Индексы могут представлять собой различные кадастровые идентификаторы, как например:

- Известные идентификаторы участка или основные единицы недвижимого имущества;
- Различные права использования земель;
- Имена и другая информация о собственниках (физических лицах и организаций);
- Адреса (почтовые адреса или другие адресные ориентиры);
- Нумерацию;
- Графическое представление (кадастровые или топографические карты);
- Координаты. [4]

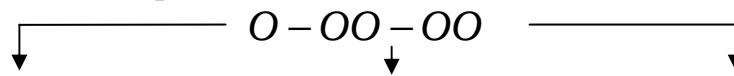
Разработанные индексы для отображения категории земель и различных прав на землю, на кадастровых картах состоят из трех групп цифр: кадастровой номер, площадь земельного участка и правовой статуса земельного участка.

$$\text{индекс} = \{ KKKKKK - KKK \mid SSS.S \mid O - OO - OO \}$$

KKKKKK - KKK - это кадастровый номер земельного участка, который состоит из цифровых кодов административного деления Монголии, установленных по государственным стандартам 2002 года № 01,140,30 и собственный номер данного земельного участка.

SSS.S – площадь земельного участка, на котором установлены ограничения на его использование.

Последняя группа состоит из пятизначных чисел, которые состоят из кадастровых информации характеризующие земельно-правовых отношений. К ним относятся субъект земельных отношений, ограничения в использовании как сервитут и обременение, срок их действия, которые изображается на картах и планах следующим образом.



Субъект земельных отношений — виды ограничения — срок действия.

Для того чтобы систематизировать информацию земельно-правовых отношений, разработан код для субъекта, сервитута и обременений, который представлен в таблице.

Кадастровая карта правового положения земель будет выступать в качестве справочника для потребителя, надписи на ней должны быть подробными, не влияя на ее читаемость и не снижая информативности самой карты. Надписи на картах составляют важный элемент содержания карт, поясняют изображенные объекты, указывают их качественные и количественные характеристики, служат для получения справочных сведений.

Таблица. Содержание индексов сервитута и обременения

Код субъекта права	Цель сервитута и обременения	Код сервитута	Срок действия
1 - Собственник, 2 - Землевладелец, 3- Землепользователь, 4 - Арендатор	Путь через земельные участки	11	OO – это двухзначное число от срока действий права сервитута
	Использование земельного участка в целях ремонта коммунальных инженерных, электрических и других линий и сетей, а также объектов транспортной инфраструктуры	12	
	Размещение на земельном участке межевых государственных знаков и подъездов к ним	13	
	Проведение дренажных работ на земельном участке	14	
	Забор воды и водопроводы	15	
	Прогон скота через земельный участок	16	
	Сенокос или выпас скота	17	
	Использования земельного участка в целях охоты	18	
	Ловли рыбы	19	
	Проведения изыскательных исследовательских и других работ	20	
	Земельный участок под арендой	31	
	Земельный участок под арендой с множественностью лиц на стороне арендатора	32	
	Земельный участок под субарендой	33	
	Земельный участок под ипотеку	34	
	Земельный участок под внесенной в уставной капитал	35	
	Земельный участок под арестом имущества	41	
	Земельный участок, проектируемый для строительства	42	
	Земельный участок, передаваемый другим землепользователем	43	

Они обогащают карту, но могут ухудшить ее читаемость одновременно. Исходя из этого положения, для надписи был выбран более компактный вид, который будет выглядеть следующим образом $\left[\frac{KKK / SSS.S}{O - OO - OO} \right]$.

Здесь для улучшения читаемости и компактности надписи на карте предложены показывать только последние 3 цифры от кадастрового номера земельного участка (KKKKKKK-KKK). Для этого необходимо создать отдельный слой для надписи, состоящий из последних 3 цифр кадастрового номера земельных участков.

Итак, разрабатываемые комплексные обозначения позволяют однозначно показывать земельно-правовой статус кадастрового объекта на карте, и такие карты можно называть *индексными* картами. На следующем рис. 1 представлен фрагмент карты правового положения.

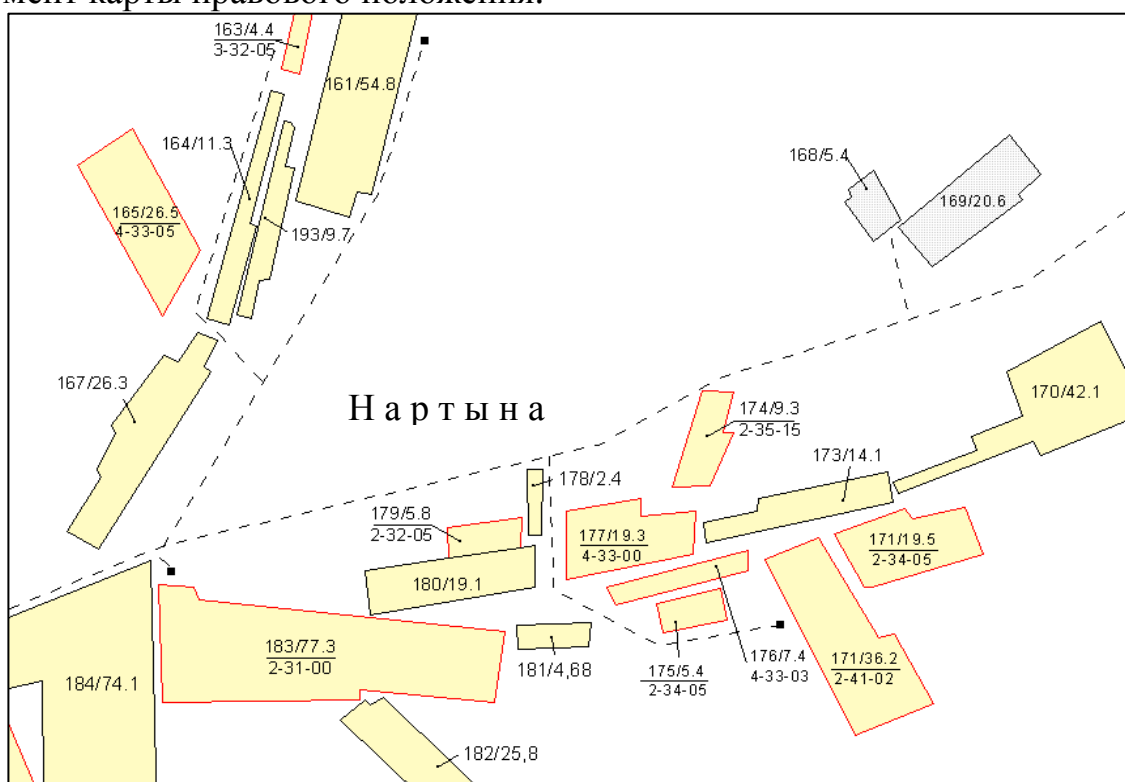


Рис. 1. Фрагмент карты правового положения земель

Таким образом, карта правового положения земель, как нового вида кадастровых тематических карт, отображают правового положения земель с помощью индексов, в состав которой входят различные земельно-кадастровых информации хранящиеся в базе данных государственного земельного кадастра.

Карта правового положения земель предназначена для всех, кто нуждаются в земельно-кадастровых информациях от простого народа до органов власти. Основной ее особенностью является выявление правовое положение земель и существующих ограничений в использовании с помощью карты, как средство передачи массовых информации, которые присвоены с высокой документальной точностью.

Вопросы картографирования правового положения земель являются актуальными, учитывая государственную важность и социально-экономическую значимость земельно-правовой информации, широкий на нее спрос, но ввиду новизны этого направления отмечается плохая обеспеченность методически и отсутствие практических наработок. В настоящее время отдельные вопросы кадастрового картографирования остались открытыми и требующими дальнейших исследований и разработок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Картоведение: учебник для вузов [Текст] / А.М. Берлянт, А.В. Востокова, В.И. Кравцова и др.; под ред. А.М. Берлянта. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 467с.
2. Варламов, А.А. Земельный кадастр В 6т. Т.3. / Варламов, А.А. Гальченко / Государственные регистрация и учет земель. – М.: Колосс, 2006. – 383с.
3. Раклов, В.П. Разработка картографических систем для целей кадастров [Текст]: монография / В.П. Раклов, П.П. Лебедев, Э.Ю. Сафаров. – М.: ГУЗ, 2005 – 274с.
4. Лебедев, П.П. Теория и методы кадастрового картографирования с применением географических информационных систем (ГИС). [Текст]: монография / П.П. Лебедев, В.Н. Раклов // Итоги научно–исследовательской работы Государственного университета по землеустройству в 1996–2000 гг., т. VI. – М.: ГУЗ, 2001. – 128 с.

© Д. Тувшинбаяр, 2009

УДК 528.2

Хуань Фань

Королевский технический институт, Швеция

ПРЯМОЕ РЕШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ КООРДИНАТ

Huaan Fan

Division of Geodesy

Royal Institute of Technology (KTH)

Sweden

Email: hfan@kth.se

DIRECT SOLUTIONS OF 3D COORDINATE TRANSFORMATION PARAMETERS

Abstract

This paper deals with three-dimensional (3D) coordinate transformation between 2 Cartesian coordinate systems using the Helmert-type model, namely with 3 translations, 3 rotations and 1 or 3 scale factors. Without involving the least adjustment procedure, we derive direct solutions of the transformation parameters based on two sets of Cartesian coordinates at 3 or 4 common points. The derived solutions are valid for large rotation angles and large scale changes.

1 Introduction

Two sets of three-dimensional Cartesian coordinates defined in two different coordinate systems may be related to each other by the well known Helmert transformation model:

$$\begin{bmatrix} X^{(2)} \\ Y^{(2)} \\ Z^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix} + s \cdot R(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \cdot \begin{bmatrix} X^{(1)} \\ Y^{(1)} \\ Z^{(1)} \end{bmatrix} \quad (1)$$

where:

$X^{(1)}, Y^{(1)}, Z^{(1)}$ stand for coordinates in the first coordinate system

$X^{(2)}, Y^{(2)}, Z^{(2)}$ stand for coordinates in the second coordinate system

$\delta x, \delta y, \delta z$ denote the three translation parameters

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ denote the three rotation angles around the x-, y- and z-axis, respectively

s is the scale factor which is often written as the sum of unity (1) and a scale change δs , often expressed as *ppm* (part per million):

$$s = 1 + \delta s \quad (2)$$

R denotes the total rotation matrix R which is the product of three separate rotations:

$$R_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_2 \cos \alpha_3 & \cos \alpha_1 \sin \alpha_3 + \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 \cos \alpha_3 & \sin \alpha_1 \sin \alpha_3 - \cos \alpha_1 \sin \alpha_2 \cos \alpha_3 \\ -\cos \alpha_2 \sin \alpha_3 & \cos \alpha_1 \cos \alpha_3 - \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 \sin \alpha_3 & \sin \alpha_1 \cos \alpha_3 + \cos \alpha_1 \sin \alpha_2 \sin \alpha_3 \\ \sin \alpha_2 & -\sin \alpha_1 \cos \alpha_2 & \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Obviously, equations given in Eq. (1) are not linear with respect to the scale factor and the rotation angles. In many applications, one often assumes that the scale factor s is very close to 1 (i.e. the scale change δs is near zero) and that the rotation angles $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ are very small so that

$$\sin \alpha_i \approx \alpha_i, \quad \cos \alpha_i \approx 1, \quad \delta s \cdot \alpha_i \approx 0 \quad (i = 1, 2, 3) \quad (4)$$

$$s \cdot R \approx \begin{bmatrix} 1 + \delta s & \alpha_3 & -\alpha_2 \\ -\alpha_3 & 1 + \delta s & \alpha_1 \\ \alpha_2 & -\alpha_1 & 1 + \delta s \end{bmatrix} \quad (5)$$

Substitution of Eq.(5) in Eq.(1) leads to linear observation equations for the transformation parameters:

$$\begin{bmatrix} X^{(2)} - X^{(1)} \\ Y^{(2)} - Y^{(1)} \\ Z^{(2)} - Z^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X^{(1)} & 0 & -Z^{(1)} & Y^{(1)} \\ 0 & 1 & 0 & Y^{(1)} & Z^{(1)} & 0 & -X^{(1)} \\ 0 & 0 & 1 & Z^{(1)} & -Y^{(1)} & X^{(1)} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \\ \delta s \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Then the scaled rotation matrix can be approximated by:

In some special situations, the rotation angles can be large and the scale factor may differ significantly from 1. In laser scanning, for instance, the internal coordinate system of the scanner may have large rotation with respect the axes of the external (geodetic) coordinate system. Another example is construction of large, pre-manufactured structures (Deakin, 1998), where the coordinate system of the manufacturing site is very different from the coordinate system at the construction site so that Eq. (4) is not valid.

Advanced estimation of transformation parameters using least squares method is based on linearization of the non-linear observation equations expressed by Eq.(1). Linearization requires approximate values of the unknown transformation parameters. If rotations and scale factors are large, there is a need to find efficient approach to obtain approximate values. Deakin (1998) suggested a simple way of estimating the scale factor, namely calculating the ratio between distances in two coordinate systems. In Fan (2005), a direct approach has been proposed to compute the scale factor. However, this approach requires 4 control points at which coordinates in two coordinate systems are given. For each control point, Eq.(1) implies 3 equations. To solve for 7 transformation parameters, one may guess that 3 points should be sufficient as 3 points can give 9 equations.

In this paper, we will present a new solution to determine the transformation parameters based only on 3 control points where coordinates in 2 Cartesian systems are given. The new solution is based on Eq. (1) but introduces three scale factors s_1, s_2, s_3 in the directions of

x - y - and z -axis, respectively.

where S is a diagonal matrix containing the scale factors:

$$S = \begin{bmatrix} s_1 & & \\ & s_2 & \\ & & s_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} X^{(2)} \\ Y^{(2)} \\ Z^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix} + R \cdot S \begin{bmatrix} X^{(1)} \\ Y^{(1)} \\ Z^{(1)} \end{bmatrix} \quad (7)$$

2 Direct solution of 9 transformation parameters

Assume that we have three control points P_i ($i = 1, 2, 3$) at which the Cartesian coordinates $X_i^{(1)}, Y_i^{(1)}, Z_i^{(1)}$ in the first coordinate system and coordinates $X_i^{(2)}, Y_i^{(2)}, Z_i^{(2)}$ in the second coordinate system are given. Assume also that the two coordinate systems is related to each other by a 3D Helmert-type transformation model with 3 translations, 3 rotations and 3 scale factors:

$$\begin{bmatrix} X_i^{(2)} \\ Y_i^{(2)} \\ Z_i^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix} + R \cdot S \begin{bmatrix} X_i^{(1)} \\ Y_i^{(1)} \\ Z_i^{(1)} \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (9)$$

where R is the total rotation matrix given in Eq. (3) and S is scale matrix defined in Eq.(8).

Derivation of the scale factors

Now we sum up the three equations in Eq. (9) for $i = 1, 2, 3$ and then divide both sides by 3. Then we obtain the transformation equation for the geometric center of P_1, P_2 and P_3

$$\begin{bmatrix} X_0^{(2)} \\ Y_0^{(2)} \\ Z_0^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix} + R \cdot S \begin{bmatrix} X_0^{(1)} \\ Y_0^{(1)} \\ Z_0^{(1)} \end{bmatrix} \quad (10)$$

where:

$$X_0^{(1)} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 [X_i^{(1)}], \quad Y_0^{(1)} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 [Y_i^{(1)}], \quad Z_0^{(1)} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 [Z_i^{(1)}]$$

$$X_0^{(2)} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 [X_i^{(2)}], \quad Y_0^{(2)} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 [Y_i^{(2)}], \quad Z_0^{(2)} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 [Z_i^{(2)}]$$

Subtracting Eq. (10) from Eq. (9) for $i = 1, 2, 3$, we eliminate the translation parameters and obtain the transformation between coordinates reduced to the network center:

$$\begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(2)} \\ \bar{Y}_i^{(2)} \\ \bar{Z}_i^{(2)} \end{bmatrix} = R \cdot S \begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(1)} \\ \bar{Y}_i^{(1)} \\ \bar{Z}_i^{(1)} \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(1)} \\ \bar{Y}_i^{(1)} \\ \bar{Z}_i^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i^{(1)} \\ Y_i^{(1)} \\ Z_i^{(1)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_0^{(1)} \\ Y_0^{(1)} \\ Z_0^{(1)} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(2)} \\ \bar{Y}_i^{(2)} \\ \bar{Z}_i^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i^{(2)} \\ Y_i^{(2)} \\ Z_i^{(2)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_0^{(2)} \\ Y_0^{(2)} \\ Z_0^{(2)} \end{bmatrix} \quad (12)$$

with:

Multiplying each side of Eq.(11) by its transpose and noting that R is an orthogonal matrix, i.e. $RR^T = RR^T = I$, we have:

$$\begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(2)} \\ \bar{Y}_i^{(2)} \\ \bar{Z}_i^{(2)} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(2)} \\ \bar{Y}_i^{(2)} \\ \bar{Z}_i^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(1)} \\ \bar{Y}_i^{(1)} \\ \bar{Z}_i^{(1)} \end{bmatrix}^T S^T R^T R S \begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(1)} \\ \bar{Y}_i^{(1)} \\ \bar{Z}_i^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(1)} \\ \bar{Y}_i^{(1)} \\ \bar{Z}_i^{(1)} \end{bmatrix}^T S^T S \begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(1)} \\ \bar{Y}_i^{(1)} \\ \bar{Z}_i^{(1)} \end{bmatrix}$$

$$\left(\bar{X}_i^{(2)}\right)^2 + \left(\bar{Y}_i^{(2)}\right)^2 + \left(\bar{Z}_i^{(2)}\right)^2 = \left(\bar{X}_i^{(1)}\right)^2 s_1^2 + \left(\bar{Y}_i^{(1)}\right)^2 s_2^2 + \left(\bar{Z}_i^{(1)}\right)^2 s_3^2$$

For $i = 1, 2, 3$, the last equation forms a linear equation system for the unknown scale factors

which can be rewritten as:

(squared) :

$$U_{3 \times 3} \begin{bmatrix} s_1^2 \\ s_2^2 \\ s_3^2 \end{bmatrix} = V_{3 \times 1} \quad (13)$$

where U and V are as follows:

$$U_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} (\bar{X}_1^{(1)})^2 & (\bar{Y}_1^{(1)})^2 & (\bar{Z}_1^{(1)})^2 \\ (\bar{X}_2^{(1)})^2 & (\bar{Y}_2^{(1)})^2 & (\bar{Z}_2^{(1)})^2 \\ (\bar{X}_3^{(1)})^2 & (\bar{Y}_3^{(1)})^2 & (\bar{Z}_3^{(1)})^2 \end{bmatrix}, \quad V_{3 \times 1} = \begin{bmatrix} (\bar{X}_1^{(2)})^2 + (\bar{Y}_1^{(2)})^2 + (\bar{Z}_1^{(2)})^2 \\ (\bar{X}_2^{(2)})^2 + (\bar{Y}_2^{(2)})^2 + (\bar{Z}_2^{(2)})^2 \\ (\bar{X}_3^{(2)})^2 + (\bar{Y}_3^{(2)})^2 + (\bar{Z}_3^{(2)})^2 \end{bmatrix} \quad (14)$$

The scale factors (squared) can then be solved directly:

$$\begin{bmatrix} s_1^2 \\ s_2^2 \\ s_3^2 \end{bmatrix} = U^{-1}V, \quad \text{or:} \quad \begin{bmatrix} s_1^2 \\ s_2^2 \\ s_3^2 \end{bmatrix} = (U^T U)^{-1} U^T V \quad (15)$$

If we know in advance that the three scale factors are identical, $s_1 = s_2 = s_3 = s$, Eqs.(13) and (14) lead to a simple solution for the scale factor s :

$$s = \frac{\sqrt{(\bar{X}_i^{(2)})^2 + (\bar{Y}_i^{(2)})^2 + (\bar{Z}_i^{(2)})^2}}{\sqrt{(\bar{X}_i^{(1)})^2 + (\bar{Y}_i^{(1)})^2 + (\bar{Z}_i^{(1)})^2}}, \quad (i = 1, 2, 3) \quad (16)$$

Derivation of the rotation matrix R

When s_1 , s_2 and s_3 have been determined, we can rewrite Eq. (11) as:

$$\begin{bmatrix} \bar{X}_i^{(2)} \\ \bar{Y}_i^{(2)} \\ \bar{Z}_i^{(2)} \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} s_1 \cdot \bar{X}_i^{(1)} \\ s_2 \cdot \bar{Y}_i^{(1)} \\ s_3 \cdot \bar{Z}_i^{(1)} \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (17)$$

In order to solve for the unknown rotation matrix $R_{3 \times 3}$, we make use of a procedure used in Deakin (1998).

The main idea is to use the coordinates for $i = 1, 2$ to construct a set of three orthogonal, unit vectors $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ and $\vec{e}_3$. With respect to $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ and $\vec{e}_3$, one can define a new set of Cartesian coordinates (u_i, v_i, w_i) for $i = 1, 2, 3, \dots$. The elements of these three vectors can be computed from the scaled, reduced coordinates on the right-hand side of Eq. (17) or from the reduced coordinates on the left-hand side of Eq.(17). Details on how to construct the orthogonal vectors are presented in the Appendix.

Once $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ and $\vec{e}_3$ have been constructed, we can relate coordinates (u_i, v_i, w_i) to coordinates in Eq.(17):

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{bmatrix} = E \begin{bmatrix} s_1 \cdot \bar{X}_i^{(1)} \\ s_2 \cdot \bar{Y}_i^{(1)} \\ s_3 \cdot \bar{Z}_i^{(1)} \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ w_i \end{bmatrix} = E' \begin{bmatrix} \overline{X}_i^{(2)} \\ \overline{Y}_i^{(2)} \\ \overline{Z}_i^{(2)} \end{bmatrix} \quad (19)$$

where:

$$E = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & e_{13} \\ e_{21} & e_{22} & e_{23} \\ e_{31} & e_{32} & e_{33} \end{bmatrix}, \quad E' = \begin{bmatrix} e'_{11} & e'_{12} & e'_{13} \\ e'_{21} & e'_{22} & e'_{23} \\ e'_{31} & e'_{32} & e'_{33} \end{bmatrix} \quad (20)$$

All elements e_{ij} and e'_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) can be found in the Appendix.

Substitution of Eq.(18) and Eq.(19) into Eq.(17), we finally obtain the rotation matrix:

$$R = (E')^{-1} E = (E')^T E \quad (21)$$

where we have considered the fact that both E and E' are orthogonal matrices.

Derivation of the rotation angles

That R has been determined in Eq.(21) means that all elements of R are now known:

$$R_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (22)$$

Comparing corresponding matrix elements in Eq. (22) with elements in Eq. (3), the three rotation angles can be easily solved:

$$\sin \alpha_2 = r_{31} \quad (23)$$

$$\sin \alpha_1 = -\frac{r_{32}}{\cos \alpha_2}, \quad \cos \alpha_1 = \frac{r_{33}}{\cos \alpha_2} \quad (24)$$

$$\sin \alpha_3 = -\frac{r_{21}}{\cos \alpha_2}, \quad \cos \alpha_3 = \frac{r_{11}}{\cos \alpha_2} \quad (25)$$

One can notice from Eq. (23) that α_2 may have two solutions, α_2 or $180^\circ - \alpha_2$. However, this uncertainty does not influence coordinate transformation due to the following identity:

$$R(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = R(180^\circ + \alpha_1, 180^\circ - \alpha_2, 180^\circ + \alpha_3) \quad (26)$$

Derivation of the translation parameters

When the scale factors and rotation angles have been solved, the translation parameters can then be found easily from Eq.(9) or Eq.(10):

$$\begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i^{(2)} \\ Y_i^{(2)} \\ Z_i^{(2)} \end{bmatrix} - R \cdot S \begin{bmatrix} X_i^{(1)} \\ Y_i^{(1)} \\ Z_i^{(1)} \end{bmatrix} \quad (i = 0, 1, 2, 3) \quad (27)$$

3 Numerical Test

To demonstrate and also numerically verify the direct solutions given by Eqs.(15), (23), (24), (25) and (27), we create a simulated data set by the following steps: (1) Coordinates at 3 Swedish permanent GPS stations are chosen as the coordinates in the first coordinate system (see Table 1); (2) Numerical values for the 9 Helmert transformation parameters are assumed (see Table 2) and (3) Coordinates in the second system are then obtained by Eq.(9), using the assumed transformation parameters and coordinates in the first system (see Table 3).

Table 1. Correct coordinates in the first coordinate system

i	$X_i^{(1)}$	$Y_i^{(1)}$	$Z_i^{(1)}$
	meter	meter	meter
1	2 998 189.685	931 451.634	5 533 398.462
2	3 370 658.823	711 876.990	5 349 786.786
3	3 246 470.535	1 077 900.355	5 365 277.896

Table 2. Correct transformation parameters

Parameter	Unit	Numerical value
δx	meter	100
δy	meter	200
δz	meter	3000
s_1		1
s_2		1.7
s_3		4
α_1	degree	101
α_2	degree	33
α_3	degree	174

Using formulas in Eq.(12), the reduced coordinates are calculated and listed in Table 4 :

Table 3: Transformed coordinates in the second coordinate system

i	$X_i^{(2)}$	$Y_i^{(2)}$	$Z_i^{(2)}$
	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>
1	-3 390 620.700	-21 898 990.373	-3 209 625.461
2	-3 494 823.674	-21 256 635.402	-2 581 929.125
3	-3 734 545.042	-21 223 609.230	-3 171 749.038

Table 4: Reduced coordinates in the first coordinate system

i	$\bar{X}_i^{(1)}$	$\bar{Y}_i^{(1)}$	$\bar{Z}_i^{(1)}$	$\bar{X}_i^{(2)}$	$\bar{Y}_i^{(2)}$	$\bar{Z}_i^{(2)}$
	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>	<i>meter</i>
1	-206 916.663	24 375.308	117 244.081	149 375.772	-439 245.371	-221 857.587
2	165 552.475	-195 199.336	-66 367.595	45 172.798	203 109.600	405 838.750
3	41 364.187	170 824.029	-50 876.485	-194 548.570	236 135.772	-183 981.163

Matrices U and V can be calculated by Eq.(14):

$$U = \begin{bmatrix} 42814505289.111 & 594155623.845 & 13746174451.372 \\ 27407622088.994 & 38102780904.974 & 4404657710.329 \\ 1710995993.747 & 29180848769.910 & 2588416759.873 \end{bmatrix}, \quad V = \begin{bmatrix} 264470406263.973 \\ 207999182269.633 \\ 127458317096.756 \end{bmatrix}$$

Using Eq.(15), the scale factors can be solved:

$$\begin{bmatrix} s_1^2 \\ s_2^2 \\ s_3^2 \end{bmatrix} = (U^T U)^{-1} U^T V = \begin{bmatrix} 1.000\ 000\ 000\ 000 \\ 2.890\ 000\ 000\ 000 \\ 16.000\ 000\ 000\ 000 \end{bmatrix}$$

or

$$\begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.000\ 000\ 000\ 000 \\ 1.700\ 000\ 000\ 000 \\ 4.000\ 000\ 000\ 000 \end{bmatrix}$$

To determine the rotation matrix, we first use Eqs.(33) and (39) to compute matrices E and E' which contain elements of the 3 orthogonal unit vectors using the scaled coordinates in the first coordinate system and the reduced coordinates in the 2nd system, respectively:

$$E = \begin{bmatrix} 0.098\ 988\ 990\ 101 & -0.986\ 449\ 752\ 273 & 0.130\ 836\ 027\ 455 \\ -0.402\ 352\ 703\ 623 & 0.080\ 576\ 887\ 262 & 0.911\ 931\ 832\ 500 \\ -0.910\ 117\ 290\ 093 & -0.142\ 913\ 440\ 518 & -0.388\ 924\ 500\ 120 \end{bmatrix}$$

$$E' = \begin{bmatrix} 0.461\ 511\ 898\ 923 & -0.269\ 893\ 060\ 194 & 0.845\ 082\ 542\ 248 \\ 0.290\ 463\ 536\ 219 & -0.854\ 119\ 530\ 403 & -0.431\ 405\ 565\ 462 \\ 0.838\ 234\ 872\ 384 & 0.444\ 564\ 465\ 340 & -0.315\ 792\ 233\ 719 \end{bmatrix}$$

The rotation matrix R is given by Eq.(21):

$$R = \begin{bmatrix} -0.834\ 076\ 242\ 823 & -0.551\ 648\ 680\ 326 & -0.000\ 744\ 750\ 388 \\ -0.087\ 664\ 945\ 655 & 0.133\ 879\ 411\ 985 & -0.987\ 112\ 536\ 821 \\ 0.544\ 639\ 035\ 015 & -0.823\ 261\ 827\ 453 & -0.160\ 025\ 888\ 522 \end{bmatrix}$$

From the rotation matrix R , one obtains the first solution for the rotation angles:

$$\begin{cases} \sin \alpha_2 = r_{31} = 0.544\ 639\ 035\ 015 \\ \alpha_2 = 33.000\ 000\ 000^\circ \\ \sin \alpha_1 = -\frac{r_{32}}{\cos \alpha_2} = 0.981\ 627\ 183\ 448 \\ \cos \alpha_1 = \frac{r_{33}}{\cos \alpha_2} = -0.190\ 808\ 995\ 376 \\ \alpha_1 = 101.000\ 000\ 000^\circ \\ \alpha_1 = 180^\circ + 101^\circ = 281^\circ \\ \alpha_2 = 180^\circ - 33^\circ = 147^\circ \\ \alpha_3 = 180^\circ - 174^\circ = 6^\circ \end{cases}$$

Eq. (26) shows, the two solutions of the rotation angles give identical rotation matrix.

Finally, one can calculate the translation parameters using previously derived values for rotation angles and scale factors:

$$\begin{cases} \sin \alpha_3 = -\frac{r_{21}}{\cos \alpha_2} = 0.104\ 528\ 463\ 268 \\ \cos \alpha_3 = \frac{r_{11}}{\cos \alpha_2} = -0.994\ 521\ 895\ 368 \\ \alpha_3 = 174.000\ 000\ 000^\circ \end{cases}$$

The second solution for the rotation angles are:

$$\begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1^{(2)} \\ Y_1^{(2)} \\ Z_1^{(2)} \end{bmatrix} - R \cdot S \begin{bmatrix} X_1^{(1)} \\ Y_1^{(1)} \\ Z_1^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100.0000 \\ 200.0000 \\ 3\ 000.0000 \end{bmatrix} \text{ meters}$$

4 Concluding Remarks

In this paper, we have extended the Helmert-type model for three-dimensional coordinate transformation to include 3 scale factors, in addition to 3 translations and 3 rotations. Based on coordinates at 3 control points in 2 different Cartesian coordinate systems, we have derived direct solutions for the 9 transformation parameters. A numerical example involving errorless coordinate data has verified the derived formulas.

The direct solution is straight-forward and does not require approximate values as in the case of traditional least squares adjustment with linearized observations. The solution is valid for arbitrarily large rotation angles and scale factors which are significantly different from 1. Therefore, the new solution can be used for coordinate transformation in special construction projects or for laser scanning where large rotations are involved. Furthermore, when there are more than 3 control points and coordinate data contain measurement errors, the new solution can be used to derive approximate values for the transformation parameters before a rigorous and linearized least squares adjustment is performed.

Using 3 different scale factors will lead to a non-conformal transformation. If one prefers a conformal transformation model with one common scale factor,

the direct solution derived in this paper may still be used to find approximate value for the scale factor and for checking whether or the the two coordinate systems have different scales.

Appendix Construction of the orthogonal vectors $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ and $\vec{e}_3$ ¹

For the scaled coordinates in the first coordinate system (right-side of Eq. 17), two unit vectors (written as row vectors) can be obtained:

$$\vec{a} = [a_1 \quad a_2 \quad a_3] = \frac{1}{a} [s_1 \cdot \bar{X}_1^{(1)}, \quad s_2 \cdot \bar{Y}_1^{(1)}, \quad s_3 \cdot \bar{Z}_1^{(1)}], \quad (28)$$

$$\vec{b} = [b_1 \quad b_2 \quad b_3] = \frac{1}{b} [s_1 \cdot \bar{X}_2^{(1)}, \quad s_2 \cdot \bar{Y}_2^{(1)}, \quad s_3 \cdot \bar{Z}_2^{(1)}], \quad (29)$$

where a and b are:

$$\left. \begin{aligned} a &= \sqrt{(\bar{X}_1^{(1)})^2 s_1^2 + (\bar{Y}_1^{(1)})^2 s_2^2 + (\bar{Z}_1^{(1)})^2 s_3^2} \\ b &= \sqrt{(\bar{X}_2^{(1)})^2 s_1^2 + (\bar{Y}_2^{(1)})^2 s_2^2 + (\bar{Z}_2^{(1)})^2 s_3^2} \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

The orthogonal unit vectors can then be constructed:

$$\left. \begin{aligned} \vec{e}_2 &= [e_{21} \quad e_{22} \quad e_{23}] = \vec{a} \\ \vec{e}_3 &= [e_{31} \quad e_{32} \quad e_{33}] = \frac{1}{\sin \varepsilon} \vec{b} \times \vec{a} \\ \vec{e}_1 &= [e_{11} \quad e_{12} \quad e_{13}] = \vec{e}_2 \times \vec{e}_3 \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

where e_{ij} are elements of three orthogonal vectors, ε denotes angle between $\vec{a}$ and $\vec{b}$ and be obtained from the inner-product of $\vec{a}$ and $\vec{b}$:

$$\cos \varepsilon = \vec{a} \cdot \vec{b} \quad (32)$$

From Eq.(31), one can find all elements of $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ and $\vec{e}_3$:

$$\left. \begin{aligned} e_{21} &= a_1 \\ e_{22} &= a_2 \\ e_{23} &= a_3 \\ e_{31} &= (b_2 a_3 - b_3 a_2) / \sin \varepsilon \\ e_{32} &= (b_3 a_1 - b_1 a_3) / \sin \varepsilon \\ e_{33} &= (b_1 a_2 - b_2 a_1) / \sin \varepsilon \\ e_{11} &= a_2 e_{33} - a_3 e_{32} \\ e_{12} &= a_3 e_{31} - a_1 e_{33} \\ e_{13} &= a_1 e_{32} - a_2 e_{31} \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

¹ This appendix follows Deakin (1998).

Construction $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ and $\vec{e}_3$ from the reduced coordinates $\bar{X}_1^{(2)}$, $\bar{Y}_1^{(2)}$, $\bar{Z}_1^{(2)}$ in the 2nd system can be done in exactly the same way as described above. We start with the two vectors associated with P_1 and P_2 :

$$\vec{a'} = [a'_1 \quad a'_2 \quad a'_3] = \frac{1}{a'} [\bar{X}_1^{(2)}, \quad \bar{Y}_1^{(2)}, \quad \bar{Z}_1^{(2)}] \quad (34)$$

$$\vec{b'} = [b'_1 \quad b'_2 \quad b'_3] = \frac{1}{b'} [\bar{X}_2^{(2)}, \quad \bar{Y}_2^{(2)}, \quad \bar{Z}_2^{(2)}] \quad (35)$$

with:

$$\left. \begin{aligned} a' &= \sqrt{(\bar{X}_1^{(2)})^2 + (\bar{Y}_1^{(2)})^2 + (\bar{Z}_1^{(2)})^2} \\ b' &= \sqrt{(\bar{X}_2^{(2)})^2 + (\bar{Y}_2^{(2)})^2 + (\bar{Z}_2^{(2)})^2} \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

$\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ and $\vec{e}_3$ can then be constructed:

$$\left. \begin{aligned} \vec{e}_2 &= [e'_{21} \quad e'_{22} \quad e'_{23}] = \vec{a}' \\ \vec{e}_3 &= [e'_{31} \quad e'_{32} \quad e'_{33}] = \frac{1}{\sin \varepsilon'} \vec{b}' \times \vec{a}' \\ \vec{e}_1 &= [e'_{11} \quad e'_{12} \quad e'_{13}] = \vec{e}_2 \times \vec{e}_3 \end{aligned} \right\} \quad (37)$$

where e'_{ij} are elements of the three orthogonal vectors, ε' denotes angle between $\vec{a}'$ and $\vec{b}'$ and be obtained from the inner-product of $\vec{a}'$ and $\vec{b}'$:

$$\cos \varepsilon' = \vec{a}' \cdot \vec{b}' \quad (38)$$

From Eq.(31), one can find all elements of $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$ and $\vec{e}_3$:

$$\left. \begin{aligned} e'_{21} &= a'_1 \\ e'_{22} &= a'_2 \\ e'_{23} &= a'_3 \\ e'_{31} &= (b'_2 a'_3 - b'_3 a'_2) / \sin \varepsilon' \\ e'_{32} &= (b'_3 a'_1 - b'_1 a'_3) / \sin \varepsilon' \\ e'_{33} &= (b'_1 a'_2 - b'_2 a'_1) / \sin \varepsilon' \\ e'_{11} &= a'_2 e'_{33} - a'_3 e'_{32} \\ e'_{12} &= a'_3 e'_{31} - a'_1 e'_{33} \\ e'_{13} &= a'_1 e'_{32} - a'_2 e'_{31} \end{aligned} \right\} \quad (39)$$

References

- Deakin, R.E. (1998). 3-D coordinate transformations. *Surveying and Land Information Systems*, Vol. 58, No.4, 1998, pp.223-234.
- Fan, H. (1997). Theory of errors and least squares adjustment. *TRITA GEOFOTO* 1997:21. Department of Geodesy and Photogrammetry, Royal Institute of Technology, Stockholm, October 1997.
- Fan, H. (2000). Theoretical Geodesy. *TRITA GEOFO* 2000:23. Department of Geodesy and Photogrammetry, Royal Institute of Technology, Stockholm, October 2000.
- Fan, H. (2005). Three-dimensional coordinate transformation with large rotations and scale change. Presented at the International Workshop on Geospatial Information Technology, 27-28 October 2005, Technical University of Moldova, Chisinau, Moldova.
- Wolf, P.R. (1974). *Elements of Photogrammetry*. McGraw Hill, New York, 1974.

УДК 528.9:004

Эмиль Р. Байрамов

British Petroleum, GIS Департамент

Рафаэль В. Байрамов

Бакинский государственный университет

Эмин А. Хамидов

Баку, Азербайджан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ НАРУШЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЗЕМЕЛЬ

Emil R. Bayramov

British Petroleum, GIS Department

Rafael V. Bayramov

Baku State University

Emin A. Hamidov

Baku, Azerbaijan

ENVIRONMENTAL MONITORING OF BIO-RESTORATION PROCESSES FOR DISTURBED LANDS BY HUMAN CONSTRUCTION ACTIVITIES USING GIS AND REMOTE SENSING

Азербайджан - страна нефтяных и газовых ресурсов и это является причиной влияния различных строительных процессов на окружающую среду. Для экспорта нефти и газа используются трубопроводы. В процессе их прокладки было нарушено биологическое разнообразие вдоль трубопроводов. Возникла необходимость восстановления нарушенных земель и возврат их в прежнее состояние, и при этом должны исчезнуть следы строительной деятельности.

Основной целью данного исследования была разработка ГИС и методологий дистанционного зондирования для мониторинга процесса восстановления природного разнообразия, нарушенного в период строительной деятельности. Для проведения этого исследования использовались космические снимки высокого разрешения с применением NDVI-метода, требуемого для мониторинга прироста растений вдоль коридора трубопровода. Результаты анализов показали возможность использования ГИС технологий и дистанционного зондирования для вычисления эффективности процесса восстановления растительного покрова с дальнейшим представлением результатов с помощью ГИС-визуализации и определением участков, где необходимо продолжить работы по восстановлению биологического разнообразия.

Keywords: GIS, Remote Sensing, Transect, NDVI, GPS, IKONOS, FORMOSAT

Introduction

The main goal of this research is to develop GIS based methodology for bio-restoration monitoring. Azerbaijan has few recently constructed pipelines which still have a need for bio-restoration of their footprints. To make this work efficient dealing with relatively small ranges of research objects, it is inevitable to apply to GIS and remote sensing technologies. One of the main peculiarities of this research is that it deals with quite a detailed scale of territory and that's a reason why it was applied to high resolution and accuracy multi-spectral satellite images (Emil R. Bayramov, 2008). Dealing with this detailed scale of territory it is necessary to consider all possible remote sensing corrections to avoid discrepancies in the final results. The final objective and goal in this research is to develop visual representation of vegetation cover based on vegetation index values and estimated transects and evaluate the trend of vegetation cover change between 2007 and 2008 years.

Materials and methods

Materials applied for this research are IKONOS and FORMOSAT satellite images of 2007 and 2008 years, measured GPS coordinates of transects, ground control points, digital elevation model, habitat, land-use. The following stages of on Fig. 4:

Stage1. Collection of transects along the pipeline. It is based on the count of vegetation cover percentage within a special rectangular quadrant. At the same time, GPS coordinates of transects were measured and converted to GIS. It is necessary to point out that collection of images and transects must be done in the same time frame otherwise separation in time yields additional error. The sample of transect is represented on Fig. 1.



Fig. 1. Transect Measurement

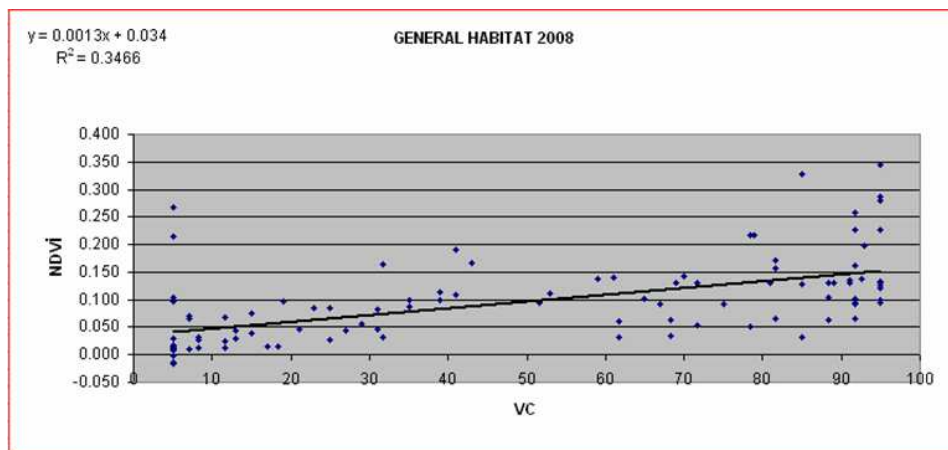
Stage 2. Geometric correction of satellite images was implemented using Ground Control Points and Digital Elevation Models. Quality control of Ortho-photo images using ground control and check points (ERDAS 2000).

Stage 3. Atmospheric Correction for some distorted images. Some of satellite images were distorted during acquisition and appropriate correction were applied.

Stage 4. Calculation of Vegetation Index using IKONOS, FORMOSAT images based on the formula $NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$ was implemented (Bayramov E. R. 2004) Since the sequence of bands in IKONOS and FORMOSAT is 1 -Red, 2- Green, 3- Blue and 4 -Near Infrared, it means that $NDVI = (4 - 1) / (4 + 1)$.

Stage 5. Calculation of NDVI for FORMOSAT and IKONOS images showed that they have different ranges within 0-1 and it was also identified that Atmospheric effects had an impact to acquired NDVI that is a reason why a special atmospheric correction algorithms were applied to distorted images (ERDAS 2000).

Stage 6. On this stage vegetation cover percentage for transects are correlated with NDVI values extracted from satellite images. This helped to make regression between field vegetation cover percentages and NDVI values acquired from satellite images (Graph 1).



Graph 1. Regression between NDVI and Vegetation Cover for 2008

Stage 7. Based on the acquired equation, it was possible to recalculate NDVI values to Vegetation Cover percentages. This calculation was applied for recalculation of vector data to Vegetation Cover. The vegetation cover of 2007 is represented on Fig. 2 and of 2008 is represented on Fig. 3.



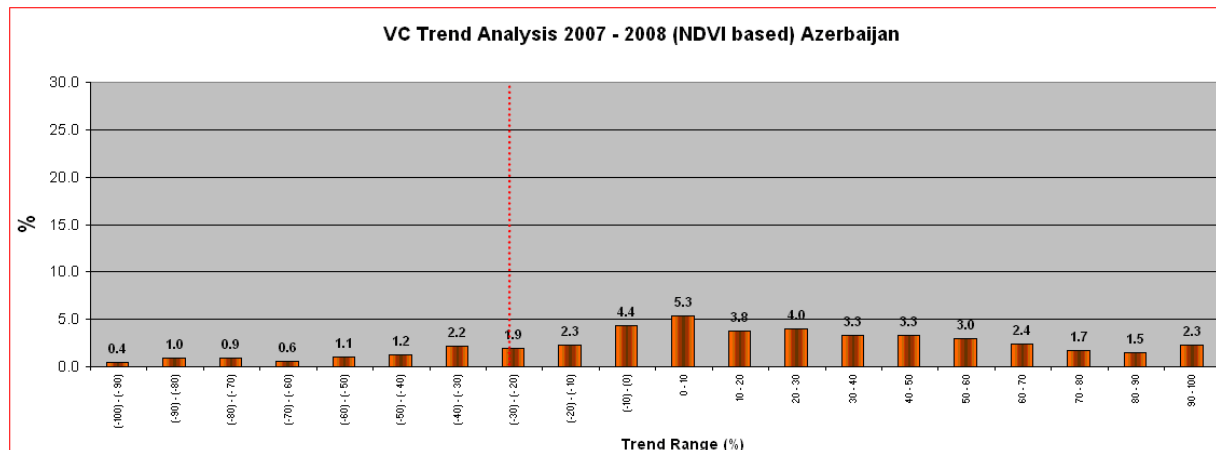
Fig.2: Vegetation Cover 2007



Fig.3: Vegetation Cover 2008

Stage 8. On this stage using calculated Vegetation Cover values from 2007 and 2008 images, it was applied to calculations to make the statistical graph showing the re-growth between two years. To average NDVI along the entire route it was

necessary to divide it into the rational rectangles and extract mean NDVI for each of them. It supported to generalize calculations along the route in a statistical form represented on Graph 2.



Graph 2: Trend between 2007 and 2008

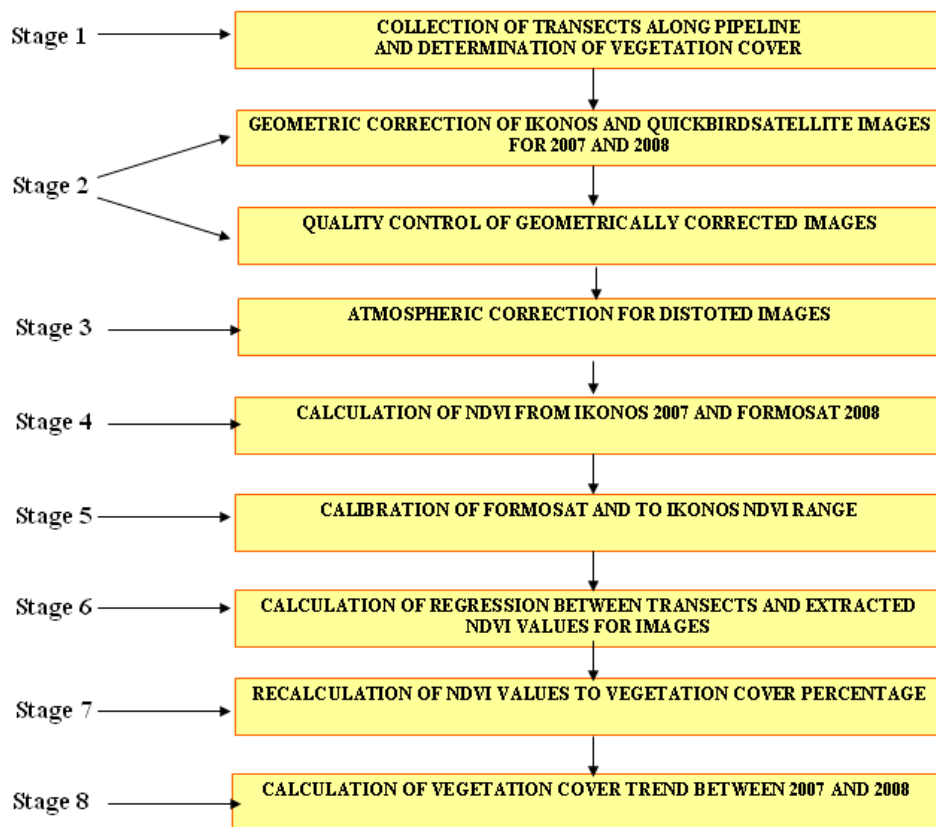


Fig. 4: Workflow for GIS based environmental monitoring

Results

Images with improved accuracy allowed to overlay transects correctly what was inevitable when research deals with similar high scale. Atmospheric correction of some images supported in improvement of accurateness of NDVI acquired from satellite images. Calibrated NDVI for IKONOS and FORMOSAT images gave

possibility to adjust them to the same range. Calibrated NDVI was correlated with vegetation cover from transects. Further on calibrated NDVI gave possibility to recalculate normalized vegetation index to vegetation cover values which is more understandable from environmental analysis aspects. Classification of NDVI values into vegetation cover range gave clear representation of areas with vegetation cover sufficiency and rareness. As a result, vegetation cover trend between 2007 and 2008 years was calculated. Results show quite a good re-growth rate along the researched route corridor.

Discussions and conclusions

The acquired results give a base for analysis of vegetation cover status during 2007 and 2008 and the trend between two years present overall statistics of vegetation trend between two years. Vegetation cover percentage identified based on satellite images allow researchers to investigate and identify areas with increase of vegetation cover, with weak trend for increase of vegetation cover or negative trend expressed in decrease of vegetation cover. Moreover this methodology enables to determine how remotely sensed data correlates with ground-truth data and accurately determines which one of the sources has discrepancies in originally measured quality (Bayramov E. R. 2005). For immense territories it is inevitable to conduct similar analysis for planning of human intervention activities, improvement of vegetation cover and for reporting process to present overall trend. Similar environmental management systems can play a significant role in improving the disturbed nature caused by human construction activities.

References

1. Erdas (2000): ERDAS Imagine Field Guide. ERDAS Inc.: Atlanta.
2. Emil R. Bayramov, Ramiz Mamedov, Coastal Landscape and Environmental Planning of the Azerbaijan Nature Protected Areas Affected by the Caspian Sea Level Fluctuation using Geographical Information Systems and Remote Sensing// Proceedings of IV International Scientific Congress "GEO-Siberia -2008", 22-24 April 2008, Novosibirsk, Russian Federation, p. 191-198.
3. Emil. R. Bayramov, Research of the New GIS Method for the Prediction of Caspian Sea Fluctuation Impacts on the Protected Areas Located along Coastal Line for the Environmental Monitoring Purposes // Proceedings of III International Scientific Congress "GEO-Sibiria-2007", 25 – 27 April 2007, Volume 3: Earth Remote Sensing and Photogrammetry, Environmental Monitoring, and Geoecology, Siberian State Academy of Geodesy (SSGA), Novosibirsk, Russian Federation, p. 81 – 84.
4. Bayramov E. R., Bayramov R.V. (2004) Preparation of Orthophotos from IKONOS Imagery for Cadastre Base Mapping of Nakhchevan Autonomous Republic Territory, In: Proceedings of ISPRS XXXV Congress, 12-23 July 2004 Turkey, Istanbul, p. 21-22.
5. Bayramov E. R. Comparison of Object-based and Pixel-based Classification Methods Based on High Resolution Satellite Imagery, In: Proceedings of the Second

International Conference, EARTH FROM SPACE – THE MOST EFFECTIVE SOLUTIONS, 30 Nov - 2Dec 2005, Russian Federation, Moscow, p. 154.

Background of authors:

Authors of this article have ten-year work experience in the area of GIS and remote sensing applied in oil and gas industry, planning, construction, environmental monitoring, land administration, cadastre, bio-restoration, corporate application development etc. working in Azerbaijan and abroad.

Contact Information of Authors:

Emil Rafael Bayramov, email: emil.bayramov@yahoo.com, bayre3@bp.com

Emin Akif Hamidov, email: hamidoea@bp.com

Rafael Veli Bayramov, email: rafael_karta@mail.ru

© *Эмиль Р. Байрамов, Рафаэль В. Байрамов, Эмин А. Хамидов, 2009*

УДК 528.1

Мусбех Рашид Калун

Мансурский университет, Египет

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ВЫСОТ ГЕОИДА ПО GPS ДАННЫМ

Mosbeh R. Kaloop

Mansoura University, Egypt

MATHEMATICAL TECHNIQUES TO COMPUTE GEOID UNDULATION WITH GPS DATA

Определение геоида было одним из главных направлений научных исследований в области геодезии в течение многих десятилетий. Глобальные навигационные спутниковые системы широко используются в геодезии, и в связи с этим большое внимание уделяется точному определению локального геоида, чтобы заменить геометрическое нивелирование GPS-технологиями.

В данной статье предлагаются различные математические методы для вычисления высот геоида в Египте с помощью GPS данных. Также представлено сравнение точности этих моделей.

Determination of geoid has been one of the main research areas in science of Geodesy for decades. According to the wide spread using of GPS in geodetic applications, great attention is paid to the precise determination of local and regional geoid to replace the geometric leveling, which is very onerous measurement work, with GPS surveys. There are several methods for geoid determination; these methods depend mainly on the available data and the used mathematical models. GPS and leveling method, which is also known as geometric method, is one of these methods. This paper investigates several mathematical techniques for determination the geoid undulation in Egypt from GPS data. Comparison between the accuracy of these models is also presented.

The global positioning system is a satellite based radio positioning system designed for accurate positioning information in three dimensions (Latitude, Longitude and Height), that is, vertical as well as horizontal information is provided. The satellites continuously send radio signals that can be received by suitable equipments. Most topographic elevations are referred to the height above mean sea level (MSL), these heights are determined by leveling and GPS. GPS elevations are called geometric heights and are referenced to the center of earth mass [1].

The geoid is an equipotential surface of the earth that coincides with the undisturbed mean sea level. Therefore it describes the actual shape of the earth. The geoid can be considered as the reference surface for most height networks since

leveling gives the heights above the geoid. In geodesy, these heights are called orthometric [3].

The geoidal undulation can be defined as the separation of the reference ellipsoid with the geoid surface measured along the normal ellipsoid. The combined use of GPS, leveling, and geoid height information has been used as key procedure in various geodetic applications. Although these three types of height information are considerably different in terms of physical meaning, reference surface definition, observational methods, accuracy...etc., they should fulfill the following simple geometrical relationship [5]:

$$N=h-H \quad (1)$$

Where: N is the geoid undulation, h is the ellipsoidal height, H is the orthometric height.

Among the geoid modeling techniques, there is one, which is based on the reference points that have been chosen in the most critical locations for representing of the geoid, is one of the most common used method. In which, representing geoid heights is considered as an analytical surface and deriving the geoid undulation values in new points, which are measured with GPS technique, according to the mathematical formulation of this surface constitutes the basic idea of this technique.

This paper investigates a solution to compute the adjusted values of geoid undulation in Egypt from the data available. The suggested mathematical methods used the least square techniques to solve the derived equations of each suggested method. The suggested mathematical techniques are:

- 1) Multiple regression equation (MRE);
- 2) Least square collocation (LSC);
- 3) Minimum curvature surface (MCS).

According to Erol and Celik, (2004), the important factor which affected on the accuracy of GPS/leveling geoid model is the number of reference stations and its distribution [6]. These stations must be distributed homogeneously to the cover the studied area to detect any changes of geoid surface. The first suggested mathematical model is multiple regression equation (MRE) summarizes as following:

MRE or polynomial approximation functions are subjected to variations which may be achieved by different polynomial functions. The general form of multiple regression equation has the form:

$$N=A_0+A_1U+A_2V+A_3U^2+A_4UV+A_5V^2+.....A_{nn}U^nV^n, \quad (2)$$

Where: $A_0, \dots, A_{nn}$ are the coefficients; N is the geoid undulation; U, V are the available data, that is, the coordinates of points.

The following flowchart (figure 1) explains the MRE technique to compute the geoid undulation. To find out the best suitable degree of polynomial for determination the geoid undulation in Egypt, distortions values of several check points are calculated from known points.

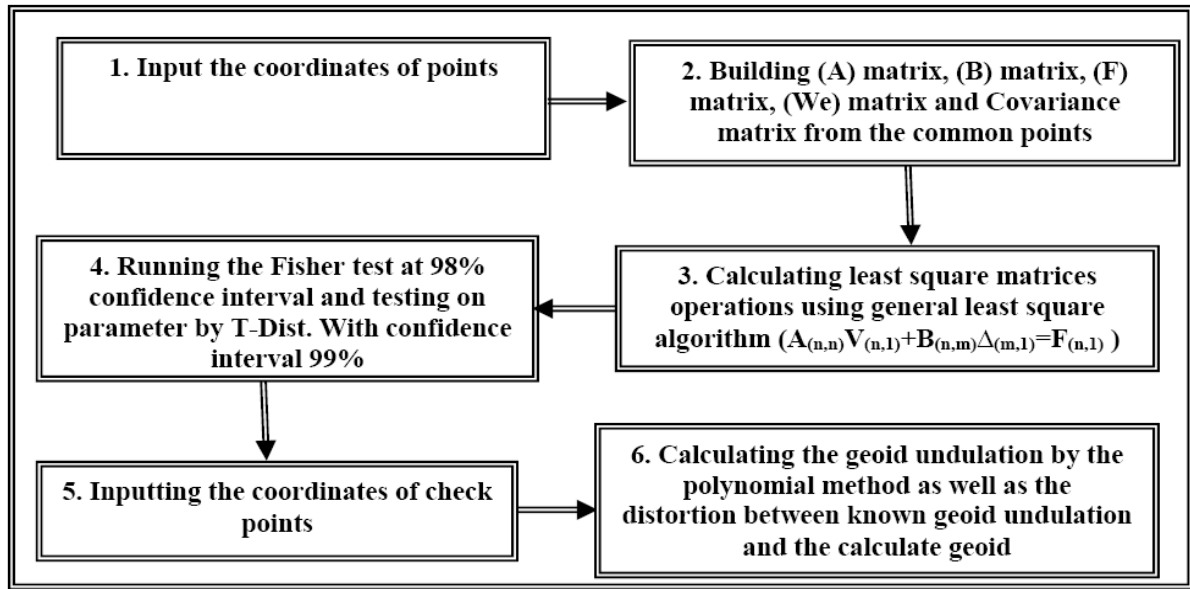


Fig. 1. Flowchart of the solution steps by using polynomial technique

The second suggested technique is least square collocation (LSC). The purpose of using LSC technique is to supplement the GPS/Leveling observations which are made at only a relatively few points. A trial was made to compute the geoid undulation in Egypt by using least square collocation technique as following:

- The first step of the program module is dividing the Egypt map to grids 0.50' x 0.50';
- The second step is designing the covariance matrix between the data points and the computation points. Then the distances between data points and the geoid undulation are computed. The procedure of solution by using LSC is explained as following:

Divide all the distances between every pair of points to equal distance (r_k). So, for the distance r_1 the covariance between every pair of points can be calculated according to the following equation:

$$C_1 = \frac{1}{n_1} \sum U_i U_j \quad , \quad (3)$$

Where: C_1 is the covariance between i, j ; n_1 is the total number of pairs which satisfy the distance $r_{i,j}$; U_i, U_j are the measurements at points i, j .

For the general case for every distance r_k the general equation is as follows:

$$C_k = \frac{1}{n_k} \sum U_i U_j \quad (4)$$

A histogram can be drawn showing the relation between the distance and the covariance between points as shown in figure 1. The curve function can be expressed as:

$$C_{i,j} = a e^{(-br_{ij})} \quad (5)$$

Where: a, b are unknown parameters and C_{ij} are observations of geoid undulation.

Using least square method, we may calculate the parameters a, b (figure 2).

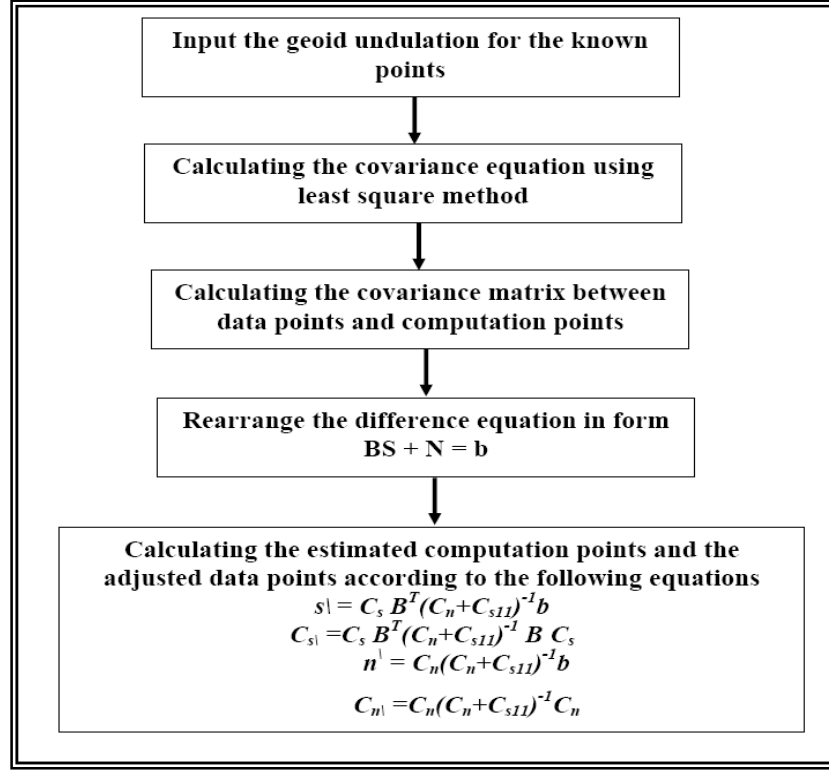


Fig. 2: Flow chart of LSC model

Then the computation value of geoid undulation at the grid can be obtained from the following equations as a special case of least square collocation where the system will be modeled by the signal S and noise n .

$$\left. \begin{aligned} S^{\setminus} &= C_s B^T (C_n + C_{s11})^{-1} b, \\ C_{s^{\setminus}} &= C_s B^T (C_n + C_{s11})^{-1} B C_s, \\ n^{\setminus} &= C_n (C_n + C_{s11})^{-1} b, \\ C_{n^{\setminus}} &= C_n (C_n + C_{s11})^{-1} C_n, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Where: C_n is the covariance matrix of observations.

The third suggested technique is minimum curvature surface (MCS). MCS is an old and over-popular approach for constructing smooth surface from irregularly spaced data. The surface of minimum curvature corresponding to the minimum of the Laplacian power or, in alternative formulation, satisfies the biharmonic differential equation.

In most of practical application cases, the minimum-curvature technique produces a visually pleasing smooth surface. However, in case of large changes in the surface gradient, the method can create strong artificial oscillations in the unconstrained regions [2]. Explanation for how to convert the system of Laplace and Possion equations by MATLAB program is demonstrated by using the same divided grids in the LSC. The four arms about the nodes may be not completed. So, equation 7 can be rearranged as follows to be suitable in our special case such as:

$$\frac{2\phi_a}{k_1(k_1+k_2)} + \frac{2\phi_c}{k_1(k_1+k_2)} + \frac{2\phi_b}{l_1(l_1+l_2)} + \frac{2\phi_4}{l_1(l_1+l_2)} - \left(\frac{2}{(l_1 l_2)} + \frac{2}{(k_1 k_2)} \right) \phi_0 = \begin{cases} 0, \text{Laplace} \\ h^2 f_0, \text{Poisson} \end{cases} \quad (7)$$

Where: K_1, K_2, l_1, l_2 are the ratio from the complete grid arm (h) as shown in figure 3; f_0 - function of unknown value φ_0 .

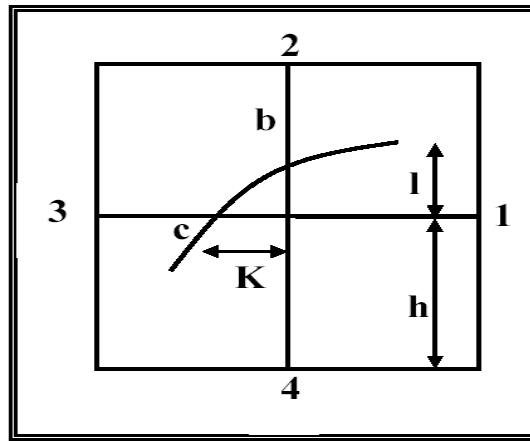


Fig. 3: The case of uncompleted of grid arms

It can be noticed from this formula the position effect of stations on the neighbor nodes.

- For using the grid, there is no information about true difference at the boundaries of the grid to be used in the solution. Unified least square technique will overcome this obstacle and the boundaries difference will be predicted and adjusted according to the available data.

- The number of nodes. This obstacle can be solved by designing a program using MATLAB program. Unified least square can be applied to equations with Laplace equation.

The work is done for the data available from report of S.Powell, 1997 ($oz_2, oz_7, oz_8, oz_9, oz_{10}, oz_{11}, oz_{12}, oz_{13}, oz_{14}, oz_{15}, oz_{16}, oz_{17}, oz_{18}, oz_{19}, oz_{20}, oz_{21}, oz_{22}$) are common points and ($oy_{27}, oy_{35}, oy_{36}, oy_{41}, oz_{32}, oz_{44}, oz_{52}, oz_{66}, oz_{68}, oz_{70}, oz_{74}, oz_{97}$) are check points (at these points, geoid undulation are known) [4]. The comparison between the resulted distortion of MRE, LSC and MCS models was done. The distortion values at check points are calculated. Distortion at check points is shown in figure 3 and the standard deviation of the distortion is shown in figure 4.

From the results, it is obvious that the MCS model has the minimum distortion with high accuracy. This means that the MCS is the best model to compute the geoid undulation in Egypt. The distortion values at check points are calculated. Distortion at check points is shown in figure (5) and the standard deviation of the distortion is shown in figure (5).

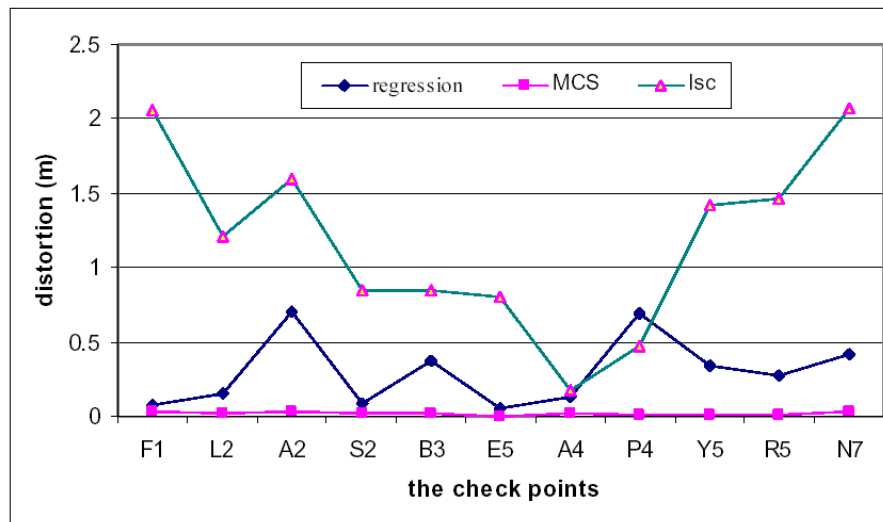


Fig. 4: The distortion at check points by different mathematical models

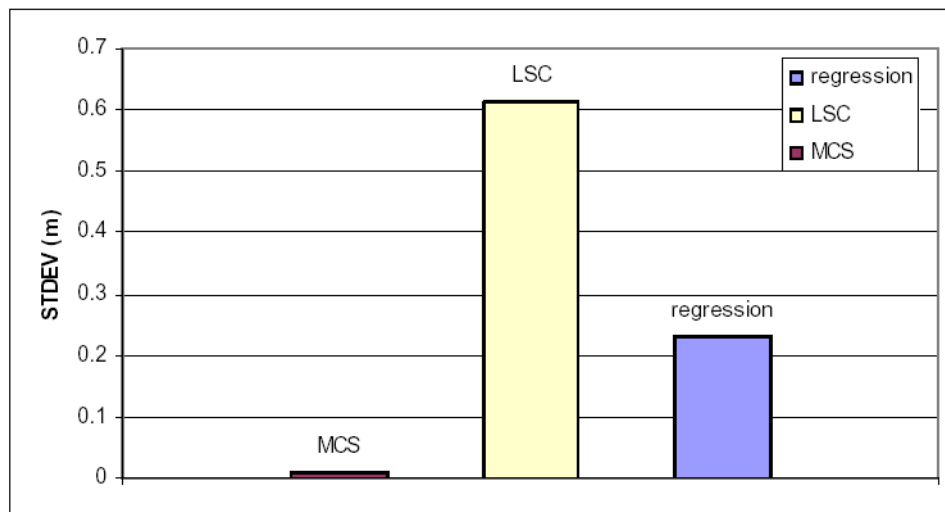


Fig. 5: The standard deviation of the distortion by different mathematical models

As a conclusion, the three suggested method is suitable for determination geoid undulation in Egypt. MCS technique gives the best results for geoid undulation rather than MRE and LSC techniques. It is recommended to use MCS technique to compute the geoid undulation in Egypt.

References

1. M.Kaloop, 2006 "Precise leveling by using global positioning system", M.Sc. thesis, Public Work Department, Faculty of Engineering, Mansoura University, Egypt.
2. H.EL-Shmbaky, 2004 "Development and Improvement the transformation parameters for Egyptian coordinates", Public work Dep., Faculty of Engineering, EL-Mansoura UN. Egypt.
3. Lars Harrie, 1993 "Some specific problems in geoid determination" Department of Geodesy and Photogrammetry Royal Institute of Technology, Sweden.

4. S.Powell, 1997 "Results of the final adjustment of the new national geodetic network", The Egyptian survey authority.
5. G. Fotopoulos, C. Kotsakis, and M.G. Sideris,1999 "Evaluation of Geoid Models and Their Use in Combined GPS/Levelling/Geoid Height Network Adjustments " Department of Geomatics Engineering ,The University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.
6. Erol and Celik, 2004. "Precise local geoid determination to make GPS technique more effective in practical applications of geodesy" FIG Work 2004, 22-27 May, Athens, Greece.Turkey.
7. EUG (Epicenter Usage Guide), 1998 "Geographic coordinate system transformations" Version 2.2.

© *Мусбех Паууд Калын*, 2009