

**Научно-производственный центр
«Геодинамика» МИИГАиК
(2009)**

НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК: информация о компании

«Центр «Геодинамика» является современной организацией, ориентированной на решение широкого спектра топографо-геодезических задач. Квалификация персонала и прекрасная техническая оснащённость позволяют «Геодинамике» уверенно занимать лидирующие позиции на отечественном рынке».

*Виктор Савиных,
президент МИИГАиК, член-корреспондент РАН,
дважды Герой Советского Союза, лётчик-космонавт СССР*

Научно-производственный центр «Геодинамика» Московского государственного университета геодезии и картографии создан в 1992 году. Сегодня это одно из ведущих геодезических предприятий России, специализирующееся на выполнении высокоточных работ в области построения государственных геодезических сетей, инженерной геодезии и геодезического обеспечения авиации.

Направления деятельности

Построение геодезических сетей

- Высокоточные геодезические построения для научных исследований
- Геодинамические полигоны
- Городские геодезические сети
- Опорные геодезические сети

НПЦ «Геодинамика» — одна из первых российских организаций, приступившая к построению высокоточных геодезических сетей с использованием спутниковых технологий.

К настоящему времени Центром реализованы десятки проектов по созданию и реконструкции опорных геодезических и геодинамических сетей городов России и зарубежья (в т. ч. проект спутниковой геодезической сети города Москвы, удостоенный высшей награды в геодезии — премии имени Ф. Н. Красовского).

Сотрудники НПЦ «Геодинамика» принимали практическое участие в реализации научно-технической программы построения фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) и высокоточной геодезической сети (ВГС), подготовке проекта создания Самогловского геодинамического полигона, проведении спутниковых наблюдений на пунктах геодинамической сети Каира, привязке опорной геодезической сети Азербайджана к Международной сети ITRF, исследовании вертикальных движений земной коры в районе Средиземноморья (проект Комиссии Европейского Сообщества SELF II).

Заказчики: предприятия Федерального агентства геодезии и картографии РФ, администрации городов Москва, Суздаль, Красноярск, Владимир, Каунас, Киржач, администрации Владимирской, Ивановской и других областей.

Инженерная геодезия

- Геодезическая экспертиза и аудит состояния строительных и инженерных объектов
- Сопровождение строительства и реконструкции, независимый геодезический контроль
- Мониторинг деформационных процессов строительных и инженерных объектов
- Съёмка инженерных сетей и коммуникаций
- Исполнительная съёмка
- Топографическая съёмка

В активе НПЦ «Геодинамика» — проекты по наблюдению деформационных процессов крупных гидротехнических сооружений (Рыбинская ГЭС, Угличская ГЭС, Загорская ГАЭС), геодинамическому мониторингу зданий и сооружений культурно-исторического центра Москвы, высотных жилых комплексов на Ленинском проспекте, памятников архитектуры Московского Кремля.

Специалисты НПЦ «Геодинамика» используют лучшие европейские технологии, оборудование и программное обеспечение для организации геодезических наблюдений и интерпретации данных, в том числе:

- система непрерывного наблюдения за деформациями GeoMoS (технология наблюдения, оборудование и ПО обработки данных компании Leica, Швейцария);
- программное обеспечение обработки и интерпретации результатов геодезических наблюдений GOCA (University of Applied Sciences Karlsruhe, Германия).

Заказчики: Корпорация «Транстрой», ОАО «Центродорстрой», ОАО «Квартал», ОАО «РусГидро», Загорская ГАЭС, ООО «Инжиниринговый центр «Ямал», Государственный историко-культурный музей-заповедник «Московский Кремль» и др.

Геодезическое обеспечение авиации

- Геодезические работы для сертификации аэродромов, вертодромов и вертолётных площадок

- Геодезическая съёмка объектов, формирование базы данных аэронавигационной информации
- Расчёт схем маневрирования
- Подготовка аэронавигационной информации в соответствии с документами ИКАО
- Геодезическое сопровождение строительства и реконструкции аэродромов, вертодромов, геодезический надзор
- Инженерно-геодезические изыскания для подготовки проектов реконструкции аэропортов и строительства вертолётных площадок
- Создание высокоточных трёхмерных геопространственных данных с использованием космических снимков
- Создание банков геопространственных данных и ГИС

НПЦ «Геодинамика» рекомендован Межгосударственным авиационным комитетом (МАК) и Минтрансом РФ для проведения работ по геодезическому обеспечению авиации.

Специалистами Центра реализовано свыше 70 проектов в аэропортах стран СНГ и более чем на 40 вертолётных площадках России.

НПЦ «Геодинамика» сотрудничает с организациями ИКАО, МАК, ГУ «Московский авиационный центр», ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», ГосНИИ «Аэронавигация», ГУП «Мосгоргеотрест», Северо-западный региональный Центр аэронавигационной информации (СЗРЦАИ), Группа компаний «Транзас», ОАО «Аэролайт», ГУ «Московские авиационные услуги».

Заказчики: аэропорты «Шереметьево», «Домодедово», «Пулково», «Внуково», «Казань», «Самара», «Быково», «Челябинск», «Минск», «Брест», «Гродно» и др., Администрация Президента РФ, Правительство Москвы, МЧС России.

Контактные данные

НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК

Адрес: 105064, Москва, ул. Казакова, 13

Тел./факс: +7 (499) 267-27-09, 261-18-32

E-mail: info@geodinamika.ru

Web: www.geodinamika.ru

Проекты НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК

Реконструкция геодезической сети города Москвы

Целью проекта являлось создание единой спутниковой геодезической сети, которая стала бы основой для всех видов топографо-геодезических работ, проводимых на территории Москвы и прилегающих районов. Было необходимо также подготовить комплект нормативно-технических документов, устанавливающих общие принципы развития геодезической сети.

По итогам реализации проекта сотрудники МИИГАиК В. П. Савиных, Х. К. Ямбаев, Ю. Г. Карпушин и В. Я. Лобазов были удостоены высшей геодезической награды — премии имени Ф. Н. Красовского.

Заказчик:	Правительство города Москвы
Оборудование и технологии:	<ul style="list-style-type: none">▪ Спутниковые приёмники Wild GPS System 200, Wild GPS System 300 (Leica Geosystems, Швейцария);▪ программное обеспечение WinGIS (PROGIS, Австрия), ArcInfo (ESRI, США);▪ пакеты профессиональных программ МИИГАиК
Сроки реализации проекта:	1996 — 1997 гг.

Геодезическая сеть — это система закреплённых на местности точек (геодезических пунктов), плановое положение и высота которых определены в единой системе координат.

Первая тригонометрическая сеть, охватывающая Москву и её окрестности, была создана генералом Ф. Ф. Шубертом в 1833 году. С этого момента берёт начало история Московской городской геодезической сети (МГГС). В дальнейшем геодезическая сеть многократно перестраивалась. К 1930 году МГГС состояла из трёх сравнительно независимых сетей — Государственной геодезической службы, Мосгоргеотреста и Метрополитена.

Ситуация

Построенные много лет назад опорные геодезические сети малоэффективны для качественного решения таких задач, как проведение инженерно-геодезических изысканий, организация землеустроительных и кадастровых работ, геодезическое обеспечение строительства, наблюдение за деформациями зданий и сооружений, создание топографических карт и планов, разработка геоинформационных систем (ГИС), навигация наземного транспорта. Кроме того, плотность современной застройки, высота зданий и сооружений существенно ограничивают взаимную видимость между пунктами сети, а это сказывается на возможности использования традиционных геодезических методов для определения координат и высот объектов. Оставляет желать лучшего и точность измерений, присущая традиционным методам.

Для успешного решения перечисленных задач необходима опорная геодезическая сеть, созданная с применением спутниковых технологий. В соответствии с международными стандартами для крупных городов точность взаимного положения пунктов такой сети не должна превышать 1-2 см.

Решение

Процесс создания или реконструкции опорных городских геодезических сетей с использованием спутниковых технологий требует не только инженерно-технической подготовки вопросов, но и проведения научно-исследовательских и экспериментальных работ. Геодезические организации, предоставляющие подобного рода услуги, должны располагать штатом квалифицированных специалистов и соответствующей научной и инструментальной базой. В связи с этим представляется неслучайным выбор Московского государственного университета геодезии и картографии, конкретно НПЦ «Геодинамика», в качестве головного исполнителя проекта. В работах участвовали также специалисты ОИФЗ им. О. Ю. Шмидта, Института геологии и геоэкологии, Мосгоргеотреста, ТОО «Радиус-М», Московского и Верхневолжского АГП.

Применение спутниковых технологий при реконструкции опорных городских геодезических сетей продиктовано, прежде всего, требованиями обеспечения согласованности различных координатных систем. Налицо и значительный технико-экономический эффект, обусловленный сокращением сил, средств и времени, необходимых на выполнение работ. Точность же измерений, которая может быть достигнута посредством GPS-технологий, существенно превышает предельную точность традиционных геодезических методов.

Работы по реконструкции МГГС, включающие подготовку концепции, технико-экономического обоснования, технического проекта, а также проведение полевых измерений и камеральной обработки данных, были выполнены в период 1996 — 1997 годов. Наблюдения на пунктах сети производились синхронно, что позволило получить значительный объём избыточных данных, способствующих повышению точности и надёжности координатных определений. В ходе работ была учтена специфика применения спутниковых измерений в городских условиях, проявляющаяся в выборе мест расположения пунктов — в основном, на крышах зданий — и принятие во внимание влияния различных источников ошибок (в том числе повышенного уровня радиопомех, характерного для крупных мегаполисов). Исполнителями проекта была в максимальной степени использована геодезическая и картографическая информация, собранная в прошлые годы.



Схема опорной геодезической сети города Москвы

Общая информация о Московской городской геодезической сети:

- площадь МГГС (с учётом прилегающих районов) — 2500 кв. км;
- МГГС включает 222 опорных геодезических пункта:
 - 3 исходных пункта (МИИГАиК, Менделеево, Звенигород);
 - 36 пунктов геодинамической сети;
 - 183 рядовых пункта;
- в процессе геодезических наблюдений одновременно использовалось до 22 станций GPS;
- всего выполнено 36 сеансов наблюдений продолжительностью 6-часов каждый;
- число связей между пунктами — не менее 12;
- повторные геодезические наблюдения проведены на 67 пунктах;
- относительная погрешность измерений по повторным наблюдениям линий составила 1:4700000;
- погрешность взаимного расположения пунктов, полученная по результатам уравнивания сети в системе координат WGS84, — 6 мм.

Создание геодинамической сети города Москвы

Целью проекта являлось создание спутниковой геодинамической сети города Москвы, предназначенной для отслеживания деформационных процессов земной поверхности. Работы были выполнены специалистами НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК в рамках Комплексной программы «Безопасность Москвы».

Заказчик:	Правительство города Москвы
Оборудование и технологии:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Спутниковые приёмники Wild GPS System 200, Wild GPS System 300 (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ программное обеспечение WinGIS (PROGIS, Австрия), ArcInfo (ESRI, США); ▪ пакеты профессиональных программ МИИГАиК
Сроки реализации проекта:	1996 — 2001 гг.

Среди многообразия методов изучения состояния геологической среды особое место занимают геодезические методы. Они дают возможность не только количественно, но и качественно оценивать деформации земной поверхности и расположенных на ней зданий и сооружений. Современные подходы, основанные на применении спутниковых технологий, позволяют вести геодезический мониторинг практически непрерывно и в любых физико-географических условиях; при этом деформации отслеживаются на миллиметровом уровне точности.

Ситуация

Вероятность возникновения деформаций земной поверхности для крупных мегаполисов, каковым является Москва, достаточно велика. Деформации могут быть вызваны как техногенными, так и вполне естественными факторами: давлением на грунт зданий и сооружений (на территории столицы находится порядка 40 тысяч жилых зданий и 3 тысяч промышленных объектов), масштабным многоэтажным строительством, интенсивным освоением подземного пространства (прокладка тоннелей, линий метро, коммуникаций и т. п.), нарастанием транспортных потоков, изменением уровня грунтовых вод и пр.

В этих условиях проведение геодинамического мониторинга весьма актуально, ведь деформации земной поверхности были и остаются причинами возможных обрушений объектов городской и хозяйственной застройки и представляют собой серьёзную опасность для жизнедеятельности населения и окружающей среды.

Решение

К работам по созданию геодинамической сети города Москвы были привлечены ведущие специалисты России в области геодезии, геологии и геофизики — сотрудники Московского государственного университета геодезии и картографии (НПЦ «Геодинамика») и Института физики Земли РАН. Построению сети предшествовали детальные геологические и геоморфологические исследования, позволившие идентифицировать зоны трещиноватости и флексурно-разрывные зоны.

Геодинамическая сеть города Москвы охватывает площадь свыше 2 тысяч квадратных километров и включает 40 пунктов. Для выявления активности отдельных участков геологической среды пункты сети отнесены к определённым структурным зонам. В сеть включён и ряд пунктов, удалённых от зон активного техногенного воздействия на среду — на расстояние, позволяющее считать положение данных пунктов стабильным. Подобный подход позволил более объективно оценить значения возникающих деформаций.

При построении сети особое внимание было уделено центральной части города, подверженной повышенным антропогенным воздействиям: здесь была увеличена плотность сети, более тщательно произведён выбор мест заложения пунктов.

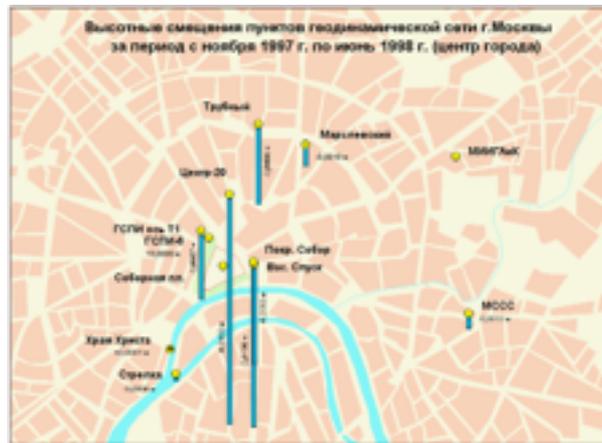
Высокая потенциальная точность современных спутниковых методов координатных определений создаёт все предпосылки для организации эффективного геодинамического мониторинга. Вместе с тем, в целях получения уровня точности, необходимого для геодинамических сетей, были предусмотрены двукратные наблюдения, увеличена продолжительность сеансов наблюдений. С максимальной тщательностью осуществлялась центрировка аппаратуры, устанавливаемой на пунктах. Кроме того, была усовершенствована методика обработки данных, позволившая разделить показатели, характеризующие смещения пунктов, вызванные геологическими факторами и ошибками измерений.

По завершении полевых работ каждого цикла наблюдений производилась обработка данных, позволяющая судить о смещениях пунктов сети — в горизонтальной плоскости и по вертикали.

Первое время (1996 — 1998 гг.) наблюдения на пунктах геодинамической сети города Москвы выполнялись два раза в год, а начиная с 1999 года — один раз. Как показали результаты наблюдений, выбранная периодичность вполне достаточна для геодинамической оценки деформационных процессов, имеющих место в данном регионе.



Схема спутниковой геодинамической сети города Москвы



Высотные смещения пунктов геодинимической сети Москвы в центре города

На основе результатов измерений были построены схемы плановых и высотных деформаций. Анализ деформационных процессов позволил судить о наличии как трендовых деформаций, так и сезонных (имеющих циклический характер) вертикальных изменений уровня земной поверхности.

Опыт, полученный специалистами НПЦ «Геодинамика» при создании геодинимической сети города Москвы, впоследствии был многократно использован в ряде других городов России и зарубежья.

Реконструкция геодезической сети города Владимира

Целью проекта было создание опорной геодезической сети города Владимира с точностью взаимного расположения пунктов порядка 1-2 см на расстояниях 3-5 км — для обеспечения однородной метрологической основой служб городского кадастра и упорядочения связей между существующими геодезическими сетями (системами координат) на уровне города, района, области, Российской Федерации.

Заказчик:	Администрация города Владимира
Оборудование и технологии:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Спутниковые приёмники Wild GPS System 200/300 (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ программное обеспечение SKI (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ программное обеспечение BERNESE (Astronomisches Institut Universität Bern, Швейцария)
Сроки реализации проекта:	1997 г.

Геодезическая сеть (ГС) представляет собой совокупность точек земной поверхности, взаимное положение которых приведено в некоторой единой системе координат и высот над уровнем моря. Для определения координат пунктов ГС используют методы триангуляции и полигонометрии, а также результаты наблюдений искусственных спутников Земли (спутники рассматриваются как подвижные носители координат или как промежуточные точки, служащие для передачи координат на большие расстояния). Высоты пунктов определяют методами нивелирования. Пункты ГС закрепляются на местности геодезическими знаками и являются исходной основой при картографировании земной поверхности и геодезических измерениях на местности в связи с инженерными изысканиями и хозяйственной деятельностью.

Ситуация

Геодезическая сеть города Владимира, объединявшая триангуляционные и полигонометрические построения прошлых лет, выполненные различными ведомствами в соответствии с различными нормативными документами, не удовлетворяла по точности современным и перспективным направлениям развития инфраструктуры города. Наибольшие проблемы возникали при оформлении документов на землю, проведении инженерно-строительных работ, прокладке коммуникаций и т. п. В связи с этим было признано необходимым создать спутниковую геодезическую сеть, включающую 30-40 пунктов, расположенных равномерно на территории города и его окрестностях, и совместить опорные пункты с пунктами государственной геодезической сети (ГГС).

Решение

Реконструкция геодезической сети города Владимира была выполнена НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК совместно с Верхневолжским аэрогеодезическим предприятием и Комитетом по земельной реформе города Владимира в период с июля по сентябрь 1997 года.

При подготовке к полевым работам была проведена рекогносцировка пунктов (обследовано более 50 пунктов геодезической сети города Владимира и Владимирской области), составлено расписание спутниковых наблюдений, определены места установки опорных и мобильных станций, рассчитаны длительности сеансов и графики наблюдений, продуманы схемы перемещения станций на объектах, решён целый ряд вспомогательных вопросов.

Программа построения сети состояла из двух этапов:

- 1) создание каркаса, включающего пункты 1, 2 классов и наиболее надёжные — с точки зрения GPS-измерений и конфигурации объекта — пункты городской сети;
- 2) последовательное заполнение сети синхронными измерениями по секциям.

В ходе полевых работ был выполнен 21 сеанс спутниковых измерений.

Учитывая достаточно высокую плотность проектируемой сети, а также то, что средние длины измеряемых сторон в заполняющих треугольниках составляли менее 5-10 км, за основу была принята двухчасовая продолжительность сеансов синхронных измерений в секциях.

Заполнение опорной сети осуществлялось последовательными сеансами измерений по площади объекта с использованием 8 GPS-станций Wild GPS System 200/300. В каждом сеансе образовывалась центральная система (секция) с захватом пунктов смежных секций (3-4 пункта) и пунктов каркаса; при этом в каждой секции выполнялись двойные измерения по 2 часа с переустановкой антенны (изменение высоты прибора, повторное центрирование), что обеспечивало контроль и независимые измерения лучевых и замыкающих сторон треугольников. В течение рабочего дня измерения выполнялись последовательно на двух секциях, то есть после четырёх часов работы (2 двухчасовых сеанса) на одной секции часть станций, согласно расписанию, перемещалась на смежную. По мере заполнения сети производилась повторная установка станций на пункты каркасной сети — это давало избыточные измерения и дополнительный контроль.

В процессе полевых работ велись предварительная обработка поступающей информации (с помощью программных пакетов SKI и BERNESE), анализ и отбраковка некачественных измерений. Контроль качества осуществлялся по невязкам замкнутых построений и разностям двойных измерений.

В общей сложности было обработано и урavnено 426 связей между пунктами сети; получены следующие значения оценки точности:

- погрешность взаимного положения пунктов — 6 мм;
- средняя квадратическая ошибка среднего значения линии — 4 мм;
- относительная погрешность измерения линии — 1:950000;
- относительная погрешность урavnенного значения линии — 1:1350000.

Для урavnивания сети в местной системе координат исполнителями проекта были выбраны 10 пунктов каркаса, совмещённых с наиболее надёжными пунктами городской сети; они и составили сеть первого ранга.

Взаимное положение пунктов сети первого ранга после урavnивания характеризуется следующими погрешностями: средняя относительная ошибка сети первого ранга — 1:200000000, средняя квадратическая ошибка линии в сети — 0,002 м.

Пункты сети первого ранга были приняты в качестве исходных для урavnивания сети второго ранга. Урavnиваемая сеть второго ранга состояла из 31 пункта; конфигурация сети представляла собой геодезические фигуры со сторонами от 1 до 10 км. При урavnивании каждой линии присваивался свой вес (в зависимости от точности измерительной аппаратуры и длины линии).

В итоге были получены следующие характеристики сети: средняя относительная ошибка сети второго ранга — 1:3000000, средняя квадратическая ошибка линии в сети — 0,001 м.



Схема построения опорной геодезической сети города Владимира

По мнению экспертов, геодезическую сеть города Владимира, реконструированную с применением спутниковых технологий, можно считать образцовой для относительно небольшого по масштабам населённого пункта.

Владимирская область: современный подход к организации землеустроительных и кадастровых работ

Целью проекта являлось:

- создание опорной межевой сети Владимирской области;
- внедрение в землеустроительное производство современных технологий управления земельным фондом, обеспечения земельного кадастра, мониторинга земель и др.;

- проведение геодезических работ по установлению местных систем координат.

Заказчик:	Администрация Владимирской области
Оборудование и технологии:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Спутниковые приёмники Wild GPS System 200/1200 (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ электронные тахеометры Leica TC400/1200 (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ программное обеспечение WinGIS (PROGIS, Австрия); ▪ программное обеспечение AutoCAD (Autodesk, США); ▪ программное обеспечение MapInfo (MapInfo, США); ▪ программное обеспечение Leica Geo Office; SKI; LISCAD (Leica Geosystems, Швейцария)
Сроки реализации проекта:	1994 г. — наст. время

Опорная межевая сеть (ОМС) является геодезической сетью специального назначения, создаваемой для координатного обеспечения государственного земельного кадастра, мониторинга земель, землеустройства и других мероприятий по управлению земельным фондом.

Точность построения ОМС характеризуется средней квадратической погрешностью взаимного положения смежных пунктов (опорных межевых знаков — ОМЗ): не более 0,05 м для сетей первого разряда и 0,1 м — для второго. Плотность ОМЗ на 1 кв. км должна быть не менее: 4 знаков в черте города; 2 — в черте других поселений; 4 на один населённый пункт — в поселениях площадью менее 2 кв. км; для земель сельскохозяйственного назначения и других земель плотность ОМЗ устанавливается техническим проектом.

Ситуация

Процессы проведения инвентаризации и межевания земель, создания систем государственного земельного кадастра, регистрации прав собственности, оценки стоимости земельных угодий и т. п. должны быть информационно, технически и технологически обеспечены. Специалисты земельных комитетов местных органов власти, ответственные за организацию таких процессов, должны иметь доступ к электронным базам экономических, географических, социальных и правовых данных. В этой связи представляется необходимой высокоточная привязка данных к координатной основе. Регламентирующие документы Росземкадастра определяют, что такая привязка может быть выполнена только при наличии в регионе опорной межевой сети.

Решение

Центральным направлением работ по проекту¹ стало создание опорной межевой сети (ОМС) Владимирской области как исходной метрологической основы для решения всех землеустроительных и кадастровых задач — на уровне отдельных населённых пунктов и региона в целом.

Определение координат пунктов опорной межевой сети Владимирской области выполнялось с использованием спутниковых систем позиционирования с последующей привязкой к Государственной геодезической сети (ГГС). Измерения на исходных пунктах велись в режиме «Статика» с погрешностью не более 5 мм + 1 ppm (при длине базовой линии до 10 км это соответствует 15 мм); измерения на других пунктах — в режиме «Быстрая статическая съёмка» с погрешностью до 10 мм + 1 ppm. Обработка измерений и уравнивание производились с помощью пакета программ SKI. Контроль качества координирования пунктов сети был выполнен посредством измерения длин линий между межевыми знаками в выборочных населённых пунктах.

На сегодняшний день опорная межевая сеть Владимирской области создана. ОМС охватывает все 16 районов; количество знаков сети — 15500 (не менее 2 в каждом населённом пункте). Теперь, например, для обмера участка нет необходимости вести теодолитный ход или полигонометрию от ближайшего пункта ГГС (который может находиться на удалении в 5-10 км от населённого пункта). Дальнейшее взаимодействие с Заказчиком предусматривает участие специалистов НПЦ «Геодинамика» в восстановлении утраченных опорных межевых знаков, а также знаков, у которых истёк срок службы.

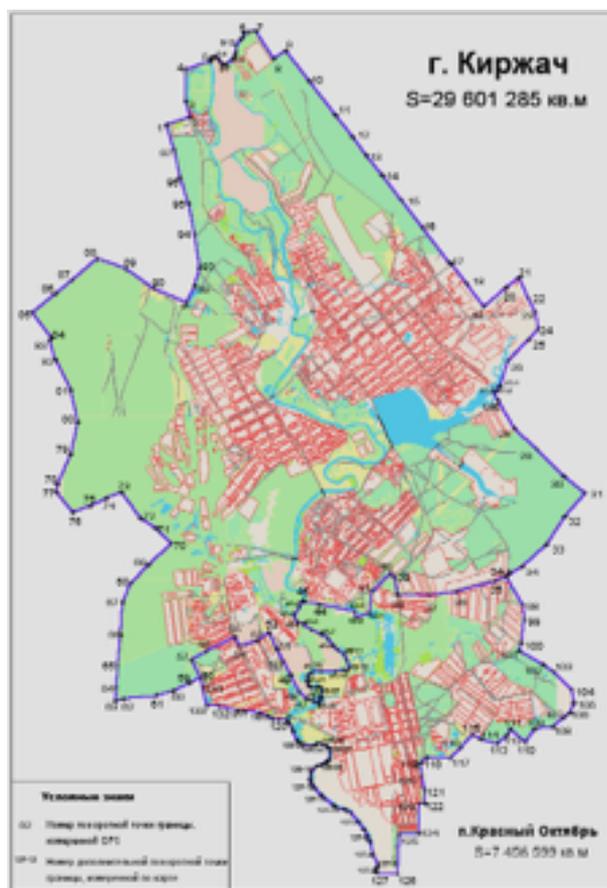
Наличие опорной межевой сети, построенной с применением систем спутникового позиционирования, наряду с возможностью использования современных технологий регистрации, анализа и наглядного представления данных, обобщения графической и семантической информации посредством ГИС, совмещённых с электронными базами данных, обеспечивает существенное ускорение процессов проведения инвентаризации земель, закрепления на местности и координирования границ населённых пунктов и территорий, решения целого ряда других задач в области землеустройства и кадастра. Так, например, к настоящему времени отработаны и широко внедряются в землеустроительное производство:

- спутниковая технология установления границ населённых пунктов (гг. Владимир, Киржач, Суздаль, Покров и др.);
- технология сгущения геодезических сетей;
- технология создания на основе картографических материалов (гг. Киржач, Суздаль, н. п. Радужный) и данных аэрофотосъёмки (н. п. Малыгино, Суходол) цифровых моделей населённых пунктов;
- технология создания и ведения электронных баз данных, информационно-справочных систем;
- технология объединения на основе ГИС землеустроительной информации с данными коммунальных служб населённых пунктов (г. Киржач);
- технология проведения инвентаризации земель — как инструментальными методами, так и с использованием аэрофотоматериалов (н. п. Суздальского и Ковровского районов)».

¹ Работы по реконструкции геодезических сетей ряда крупных городов Владимирской области (Владимир, Суздаль, Киржач, Покров и др.) также были выполнены специалистами НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК.



Схемы кадастровых кварталов в центральной части Суздаля



Граница города Киржач и посёлка Красный Октябрь

Развитием настоящего проекта стали проведённые специалистами НПЦ «Геодинамика» в 2008 году мероприятия по установлению местных систем координат районов Владимирской области. Погрешность взаимного положения пунктов каркасной геодезической GPS-сети региона не превышает 1-2 сантиметра (существовавшая ранее геодезическая сеть имела дециметровую точность). Местные системы координат могут быть использованы для производства геодезических и топографических работ при инженерных изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, межевании земель, ведении кадастров и осуществлении иных специальных работ.

При реализации проекта значительное внимание исполнителей было уделено обучению персонала земельных комитетов и землеустроительных организаций Владимирской области использованию современного оборудования и технологий проведения землеустроительных и кадастровых работ.

Мониторинг деформационных процессов памятников архитектуры Московского Кремля

Целью настоящего проекта, реализуемого специалистами НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК на территории Музея-заповедника «Московский Кремль», является организация систематических наблюдений за деформациями памятников архитектуры, анализ происходящих и ожидаемых деформационных процессов, создание динамических моделей развития деформаций, подготовка рекомендаций по минимизации и предотвращению возможных неблагоприятных последствий.

Заказчик:

Государственный историко-культурный музей-заповедник
«Московский Кремль»

Оборудование и технологии:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Электронные нивелиры NA 3000 (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ программно-аппаратный комплекс непрерывного наблюдения за деформациями GeoMoS (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ ПО обработки и интерпретации результатов геодезических наблюдений GOCA (University of Applied Sciences Karlsruhe, Германия); ▪ программное обеспечение WinGIS (PROGIS, Австрия)
Сроки реализации проекта:	1996 г. — наст. время

Московский Кремль — символ российской государственности, один из крупнейших архитектурных ансамблей, входящих в число объектов всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО, богатейшая сокровищница национальных исторических реликвий. На территории Кремля располагаются памятники архитектуры и искусства XIV-XX веков. Музеи Кремля хранят уникальные экспонаты, дающие представление о быте и парадном церемониале дворов светских и духовных правителей; здания и сооружения являют собой творения выдающихся мастеров различных эпох, жанров, школ и направлений.

В Кремле находится резиденция Президента Российской Федерации. В дни больших церковных праздников в соборах Кремля проходят торжественные богослужения.

В целях обеспечения сохранности объектов и образцов культурно-исторического наследия, а также для их изучения и максимальной популяризации в 1991 году было образовано Федеральное государственное учреждение «Государственный историко-культурный музей-заповедник «Московский Кремль».

Ситуация

Проведение реставрации памятников Московского Кремля требует предварительного анализа динамики имеющих место деформационных процессов, подготовки научно-обоснованных прогнозов возможного развития деформаций и осадок фундаментов зданий и сооружений. Это достаточно сложная геодезическая задача, особенно если учесть произошедшие с момента возведения исследуемых объектов изменения геологического и гидрологического режимов, состояние насыпных грунтов, наличие пустот, образовавшихся в местах сгнивших деревянных свай, прохождение в непосредственной близости от исторического центра столицы линий метрополитена, воздействие целого ряда других факторов, способных оказывать влияние на развитие деформаций.

Высока и общественная значимость проекта: в числе объектов геодезического мониторинга — Архангельский, Благовещенский и Успенский соборы, Патриарший дворец с церковью Двенадцати апостолов, церковь Ризположения, ансамбль колокольни Ивана Великого, Оружейная палата, Царь-колокол.

Решение

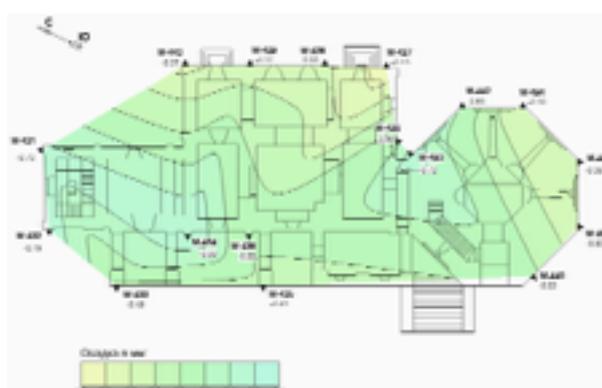
Центр «Геодинамика» с 1992 года выполняет проекты по исследованию деформаций природных и инженерных объектов. Сотрудниками накоплен уникальный опыт организации систематических наблюдений, сбора, обработки, анализа и интерпретации геодезических данных.

Технология наблюдений за осадками деформационных марок памятников архитектуры Кремля предусматривает проведение геометрического нивелирования с использованием электронных нивелиров с кодовыми рейками.

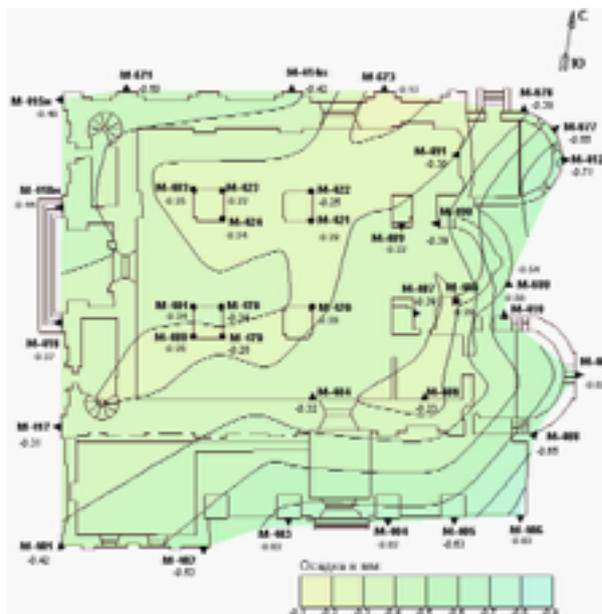
На основе многолетних данных нивелирования по значениям высот марок был выполнен статистический анализ результатов наблюдений, позволивший построить динамическую модель развития деформационных процессов для каждого исследуемого объекта. При этом была принята следующая стратегия:

- анализ результатов наблюдений на наличие грубых ошибок позволил исключить заведомо недостоверные данные (например, вызванные принудительным изменением положения марок);
- при наличии систематических смещений оценке была подвергнута временная динамика смещения центра распределения;
- после выявления временного динамического процесса изменения высотного положения марок для каждой из них были построены корреляционные зависимости развития деформаций;
- завершающей частью анализа явилось графическое отображение развития деформационных процессов, выполненное с использованием ГИС-технологий.

Для построения в графическом виде динамических моделей развития деформационных процессов были выбраны временные периоды 1967 — 1977, 1977 — 1987, 1988 — 1998, 1998 — 2008 гг., за которые имелись наиболее полные геодезические данные.



Вариант динамической модели развития деформаций ансамбля колокольни Ивана Великого



Вариант динамической модели развития деформаций Архангельского собора

Выполненные по проекту работы позволили выявить «группу риска», в которую вошли шедевры древнерусской архитектуры: колокольня Ивана Великого Успенского собора, Царь-колокол, Архангельский собор. Но главное, была создана динамическая модель развития деформаций и проседания памятников; именно на основе этой модели разрабатываются решения, призванные защитить объекты культурно-исторического наследия от дальнейшего образования трещин и проседания.

В настоящее время специалисты НПЦ «Геодинамика» продолжают вести наблюдения за деформационными процессами памятников Московского Кремля — этого требует уникальность и общественная значимость объектов.

Каскад Верхневолжских ГЭС: наблюдения за осадками сооружений

Целью данного проекта, реализуемого НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК, является организация геодезических наблюдений за осадками гидротехнических сооружений — зданий гидроэлектростанций, плотин, дамб — каскада Верхневолжских ГЭС.

Заказчик:	Филиал ОАО «РусГидро» — ОАО «Каскад Верхневолжских ГЭС»
Оборудование и технологии:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Цифровой нивелир DNA03 (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ рейки инварные штрих-кодовые GPCL2, GPCL3 (Leica Geosystems, Швейцария)
Сроки реализации проекта:	2006 г. — наст. время

Каскад Верхневолжских ГЭС образуют Рыбинский и Угличский гидроузлы. В состав сооружений Угличского гидроузла входят здание ГЭС, водосбросная железобетонная плотина (длина 179 м; рассчитана на пропуск воды до 11600 кубометров в секунду), однокамерный шлюз, земляная русловая плотина (длина 310 м, высота — 27) и сопрягающие дамбы. В составе сооружений Волжского створа Рыбинского гидроузла — бетонная водосбросная плотина (длина 104 м; рассчитана на пропуск воды до 5800 кубометров в секунду), земляная русловая плотина (длина 524 м, высота — 27), двухкамерный одноступенчатый шлюз и сопрягающие сооружения; в составе сооружений Шекснинского створа — здание ГЭС, земляная русловая плотина (длина 470 м, высота до 35 м), левобережная земляная дамба (длина 3398 м), правобережная земляная сопрягающая дамба (длина 2637 м).

Ситуация

Наблюдения за осадками гидротехнических сооружений Рыбинской и Угличской ГЭС, проводимые с момента возведения данных объектов (1950 г.), в условиях российских реалий 90-х годов XX века были полностью прекращены. Эта ситуация является совершенно недопустимой с точки зрения возможности обеспечения условий безопасной эксплуатации гидроэлектростанций для жизни и здоровья людей, окружающей среды и хозяйственной инфраструктуры. Действующие ГЭС в ряде случаев несут потенциальную угрозу: в процессе многолетней эксплуатации изменяются физико-механические свойства материалов сооружений и грунтов в их основаниях. Организация же и проведение работ по наблюдению за осадочными процессами, происходящими на гидротехнических сооружениях, способствует своевременному установлению предельно допустимых величин смещений, предупреждению возникающих рисков и принятию необходимых мер по их предотвращению.

Решение

Заказчиком работ по наблюдению за осадками сооружений Рыбинской и Угличской ГЭС выступил филиал ОАО «РусГидро» — ОАО «Каскад Верхневолжских ГЭС». Исполнителем проекта был выбран НПЦ «Геодинамика».

Наблюдения осадок сооружений Рыбинской и Угличской ГЭС выполняются раз в год — как показала практика, это оптимальный период для гидроэлектростанций, построенных в середине прошлого века. Примерно месяц делятся полевые работы, ещё месяц уходит на камеральную обработку данных.

По результатам измерений определяется стабильность положения базовых точек (реперов) опорных геодезических сетей и смещения контрольных точек (осадочных марок). Посредством обобщения и анализа измерений выявляются зоны, характеризующиеся теми или иными значениями вертикальных смещений, а также делаются выводы по состоянию сооружений ГЭС в целом. Полученные данные используются для подготовки рекомендаций по текущему обслуживанию объектов ГЭС, а также прогнозов о возможном возникновении и развитии неблагоприятных и аномальных ситуаций.

Контроль вертикальных смещений объектов ГЭС ведётся методом классического нивелирования. Измерения состояния реперов осуществляются нивелированием I класса (с точностью до сотых долей миллиметра), осадочных марок — нивелированием II класса (с точностью до десятых долей миллиметра). Измерения выполняются с применением оборудования фирмы Leica Geosystems: цифрового прецизионного нивелира DNA03 и инварных кодовых реек.

Опорные геодезические сети как на Угличском створе, так и на обоих створах Рыбинского гидроузла состоят из куста реперов (не менее 9 на каждом створе). Используются глубинные и стенные реперы. Территориально реперы размещены достаточно равномерно относительно наблюдаемых объектов и, соответственно, мест заложения осадочных марок.

На сооружениях Каскада Верхневолжских ГЭС заложено 217 осадочных марок: 155 на Рыбинском гидроузле (Шекнинский створ — 86, Волжский створ — 69) и 62 на Угличском.

Все осадочные марки при наблюдениях объединены в систему полигонов II класса, с привязкой к ходам нивелирования I класса.

Каждый цикл геодезических наблюдений начинается с оценки степени устойчивости исходных реперов — в качестве исходного берётся отметка того репера, состояние которого отличается наименьшей ошибкой. Схема ходов нивелирования по исходным реперам и осадочным маркам из цикла в цикл повторяется. Изменение положения осадочных марок свидетельствует об оседании, провалах и подъёмах грунтов, оседании самих сооружений, наличии каких-либо аномальных отклонений.

По результатам измерений определяются невязки; в зависимости от величин невязок принимаются решения о необходимости повторных измерений в том или ином полигоне.

Завершающим этапом является камеральная обработка данных, выполняемая в лабораториях НИЦ «Геодинамика».

В настоящее время реализация проекта продолжается.

Геодезическое обеспечение Международного аэропорта «Шереметьево»

Целью проекта являлось комплексное геодезическое обеспечение Международного аэропорта «Шереметьево» для его сертификации в соответствии с нормативами ИКАО.

Заказчик:	ОАО «Международный аэропорт Шереметьево»
Оборудование и технологии:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Спутниковые приёмники Wild GPS System 200/300 (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ оптические теодолиты 3Т2КП, 2Т5КП, 2Т30П (ФГУП «ПО «Уральский оптико-механический завод» имени Э. С. Яламова», Россия); ▪ лазерный импульсный топографический дальномер КТД-2-2 (ЛДИ-4) (ОАО «НПП Ульяновский радиоламповый завод», Россия); ▪ программное обеспечение SKI (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ программное обеспечение BERNESE (Astronomisches Institut Universität Bern, Швейцария)
Сроки реализации проектов:	2003 — 2004 гг.

ОАО «Международный аэропорт Шереметьево» является крупнейшим российским аэропортом по объёмам международных перевозок (более 60 % рынка). Доля регулярных рейсов в общем объёме перевозок составляет 90 %. Аэродром «Шереметьево» относится к классу «А» и приспособлен для эксплуатации всех типов воздушных судов. Ежегодно аэропорт обслуживает свыше 14 млн. пассажиров и более 260 тыс. тонн грузов. Услугами аэропорта пользуются российские и иностранные перевозчики, среди которых мировые лидеры — KLM-Air France, Delta, Finnair, Alitalia, «Аэрофлот» и многие другие.

Ситуация

Перевод навигационного и геодезического обеспечения аэродрома на современный уровень, в соответствии с Распоряжением Минтранса России² и рекомендациями Международной ассоциации гражданской авиации (ИКАО)³, требует проведения геодезической съёмки аэронавигационных ориентиров (АНО) во Всемирной геодезической системе координат WGS-84 и российской геодезической системе координат ПЗ-90.

Данное требование в полной мере было учтено и стратегией развития Международного аэропорта «Шереметьево», направленной на преобразование его в крупный авиационный транзитный узел.

² Распоряжение Минтранса России № КР-14-р. от 04.04.2003 г. — М.: Минтранс РФ, 2003.

³ Руководство по Всемирной геодезической системе — 1984 (WGS-84), издание второе. — ИКАО, 2002.

Решение

Наличие у аэродромных служб геодезических данных, представленных в системе координат WGS-84 и отвечающих по полноте, качеству и точности стандартам ИКАО, — это необходимый инструментарий для реализации концепции обеспечения безопасности полётов.

Кроме того, это хорошая основа для решения таких задач, как:

- повышение точности и надёжности самолётовождения за счёт использования спутниковых технологий;
- внедрение схем полётов в системе зональной навигации, отвечающих требованиям RNP-5;
- внедрение схем неточного захода на посадку с помощью спутниковых навигационных систем (без использования наземного радиотехнического оборудования);
- внедрение системы наземных функциональных дополнений (GBAS), обеспечивающей посадку по минимуму 1 категории ИКАО;
- внедрение высокоэкономичных схем прибытия (STAR) и убытия (SID), автоматически выполняемых воздушными судами (оборудованными современными бортовыми системами управления полётом);
- использование систем раннего предупреждения столкновения с землёй.

Проект реализован в период с июля 2003 по февраль 2004 года. Участие НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК было обусловлено победой в конкурсе среди организаций, аккредитованных Минтранс России для проведения данного вида геодезических работ. К этому времени Центром выполнено более 50 проектов для аэропортов СНГ и свыше 15 — для вертолётных площадок РФ. Неоднократно НПЦ «Геодинамика» выступал подрядной организацией ОАО «Международный аэропорт Шереметьево», а его сотрудники хорошо знают специфику аэропорта. Дополнительным доводом в пользу НПЦ «Геодинамика» послужило также и то, что Центр является подразделением Московского государственного университета геодезии и картографии — крупнейшего геодезического вуза страны.

На территории аэропорта «Шереметьево» была создана сеть опорных геодезических пунктов — основа для любых геодезических и инженерных работ на объекте. Всего, с учётом рельефа, схем движения воздушных судов и наземного транспорта, было заложено 5 пунктов. С использованием GPS-приёмников была выполнена их привязка к постоянно работающей станции международной сети IGS, с помощью же профессионального программного обеспечение BERNESE были вычислены значения координат пунктов в системе WGS-84. Затем были определены координаты объектов — контрольной точки аэродрома (КТА), элементов взлётно-посадочных полос (ВПП), радиотехнических средств, мест стоянок воздушных судов, элементов рулёжных дорожек, — а также истинные и магнитные азимуты ВПП.

В рамках работ были получены профили для каждой взлётно-посадочной полосы, выявлены и определены координаты всех высотных объектов в I-IV зонах, которые могли бы быть препятствиями и оказывать влияние на безопасность полётов.

Все значения координат, помимо перевода в WGS-84, были переведены в российскую геодезическую систему координат ПЗ-90 и, для удобства использования внутренними службами аэропорта, — в системы координат СК-95 и локальные системы аэродрома. Значения высот аэронавигационных ориентиров и препятствий на приаэродромной территории были представлены: геодезическая высота — в WGS-84; геодезическая высота — в ПЗ-90; ортометрическая высота — в EGM96; ортометрическая высота — в Балтийской системе высот 1977 года; для высот препятствий дополнительно были приведены приращения высот относительно КТА.

Итоговые материалы были переданы на экспертизу в ФГУП ГосНИИ «Аэронавигация» и получили положительное заключение. На этом комплекс геодезических работ для сертификации Международного аэропорта «Шереметьево» в соответствии с нормативами ИКАО был выполнен.

С проведением геодезической съёмки аэронавигационных объектов аэропорта «Шереметьево» в системе координат WGS-84 был обеспечен необходимый уровень требований, предъявляемых ИКАО (Doc 9674) к точности, разрешающей способности и целостности аэронавигационной информации. Геодезические же и картографические данные, полученные в ходе проекта, могут быть с успехом востребованы и для решения ряда других задач, например, таких как:

- подготовка паспорта аэродрома в соответствии с международными стандартами;
- создание баз аэронавигационных данных по аэропортам и воздушным трассам;
- подготовка правоустанавливающих документов на территорию аэропорта и постановка её на кадастровый учёт;
- создание электронного плана аэропорта для диспетчеризации воздушных судов и транспортных средств;
- разработка трёхмерной модели приаэродромной территории для управления воздушным движением, оценки экологического воздействия авиации на окружающую среду.

Геодезическое обеспечение авиации Республики Беларусь

Целью проекта являлось проведение геодезической съёмки аэронавигационных объектов Республики Беларусь на аэродромах городов Минска, Гомеля, Бреста, Гродно, Витебска, Могилёва и воздушных трассах в системе координат WGS-84 — в связи с принятием её в качестве единой геодезической опорной системы для международной гражданской авиации и необходимостью обеспечения требований, предъявляемых ИКАО (Doc 9674), к уровню точности, разрешающей способности и целостности аэронавигационных данных.

Заказчик:

Республиканское унитарное предприятие по аэронавигационному обслуживанию воздушного движения «Белэроавиация»

Оборудование и технологии:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Спутниковые приёмники Leica GPS1200 (Leica Geosystems, Швейцария); Topcon GB-500, Topcon GB-1000 (Topcon Corporation, Япония); ▪ электронные тахеометры Leica TPS1203, Leica TPS1205 (Leica Geosystems, Швейцария); ▪ лазерный импульсный топографический дальномер КТД-2-2 (ЛДИ-4) (ОАО «НПП Ульяновский радиоламповый завод», Россия); ▪ программное обеспечение BERNESE (Astronomisches Institut Universität Bern, Швейцария); ▪ программное обеспечение Leica Geo Office; SKI; LISCAD (Leica Geosystems, Швейцария)
Сроки реализации проекта:	2007 — 2008 гг.

Республиканское унитарное предприятие по аэронавигационному обслуживанию воздушного движения «Белаэронавигация» (Государственное предприятие «Белаэронавигация») было создано в 1996 году.

В настоящее время предприятие обеспечивает обслуживание 55 международных трасс, в числе которых 33 маршрута зональной навигации и 3 внутригосударственные воздушные трассы. Протяжённость сети международных трасс в воздушном пространстве Республики Беларусь превышает 25 тысяч километров, через Беларусь проходят маршруты более 900 авиакомпаний мира, ежегодно над территорией республики совершается свыше 180 тысяч полётов.

Ситуация

Государственной программой развития гражданской авиации Республики Беларусь на 2006 — 2010 годы предусмотрен перевод систем и средств аэронавигационного обеспечения аэродромов и воздушных трасс республики на новый информационно-технологический уровень, соответствующий международным стандартам безопасности полётов. Особые требования предъявляются к аэронавигационным данным: согласно нормативам Международной ассоциации гражданской авиации (ИКАО) они должны быть представлены во Всемирной геодезической системе — 1984 (WGS-84).

Решение

Проект был выполнен специалистами НПЦ «Геодинамика» МИИГАиК в период с октября 2007 по декабрь 2008 года. Субподрядчиком с белорусской стороны выступило Республиканское унитарное предприятие аэрокосмических методов в геодезии «Белаэрокосмогеодезия» (РУП «Белаэрокосмогеодезия»). Заказчик работ по проекту — Государственное предприятие «Белаэронавигация».

Инженерно-геодезические изыскания проводились для 6 аэропортов и 5 трассовых объектов Республики Беларусь.

На начальном этапе — за 6 дней в конце ноября 2007 года — было выполнено порядка 40 % полевых работ, включающих создание опорных геодезических сетей аэродромов (в системе WGS-84 с привязкой к мировой геодезической сети IGS), определение аэронавигационных данных аэродромов, а также координат навигационных объектов на аэродромах и воздушных трассах. Программа геодезических наблюдений была составлена с учётом наличия специалистов (было сформировано 3 бригады специалистов по GPS-измерениям, 3 бригады нивелировщиков и 1 — трассовиков), организации эффективного взаимодействия бригад, имеющейся аппаратуры (так, например, были задействованы 24 станции GPS).

На следующем этапе — в феврале-марте 2008 года — была проведена съёмка координат и высот препятствий, сделаны контрольные измерения.

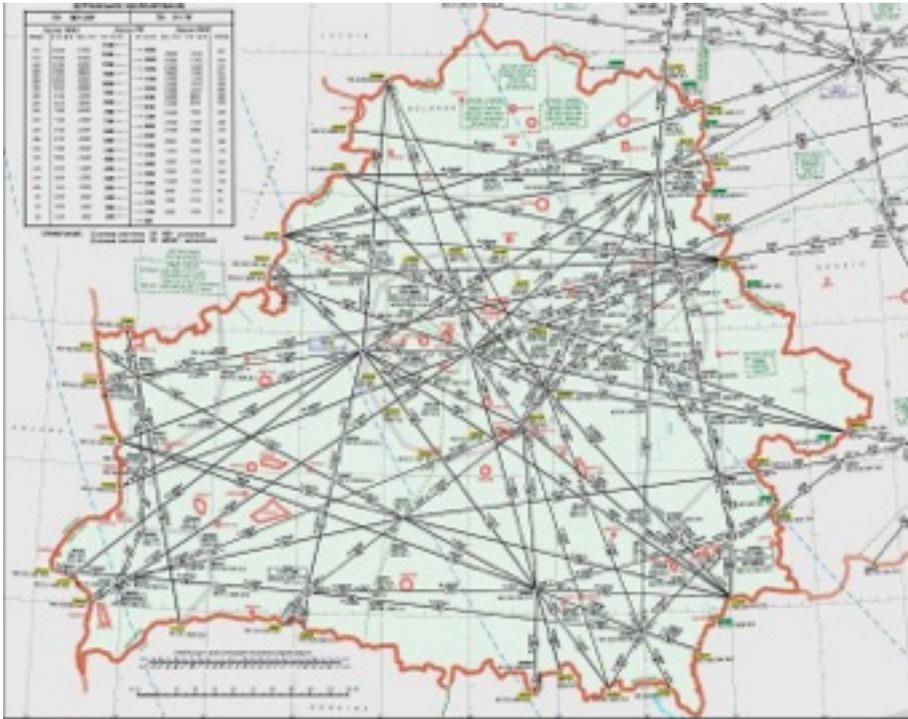
Заключительный этап был посвящён камеральной обработке данных, проводившейся в лабораториях НПЦ «Геодинамика».

В ходе реализации проекта исполнители руководствовались следующими регламентирующими документами:

1. Руководство по Всемирной геодезической системе — 1984 (WGS-84), издание второе. — ИКАО, 2002;
2. Аэродромы. Приложение № 14 к Конвенции о международной гражданской авиации, издание четвёртое. — ИКАО, 2004;
3. Службы аэронавигационной информации. Приложение № 15 к Конвенции о международной гражданской авиации, издание двенадцатое. — ИКАО, 2004;
4. Основные требования к качеству топографо-геодезических работ, выполняемых в РУП «Белаэрокосмогеодезия». — Минск, 2003.

По завершении проекта Заказчику был предоставлен акт о выполнении работ, а также технический отчёт по объектам (в графическом и цифровом виде).

Результаты инженерно-геодезических изысканий прошли независимую экспертизу в ИКАО и получили положительное экспертное заключение на соответствие требованиям Руководства по Всемирной геодезической системе — 1984 (Doc 9674 — AN/946).



Структура воздушного пространства Республики Беларусь