В.И.Павлов, С.А.Коробков, Г.А.Головин, А.В.Зубов, В.А.Киселев, Ю.Н.Корнилов, И.С.Пандул, В.В.Петров, О.Е.Хазов, В.Г.Потюхляев

УДК 528:001.89

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА КАФЕДРЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

Кратко освещены направления научно-исследовательской работы кафедры инженерной геодезии. Продолжена разработка научных методик комплексного исследования пространственных деформаций сооружений башенного типа и памятников древнерусской архитектуры. Получены новые формулы вычисления крена, определенного в стесненных условиях. В области прикладной фотограмметрии разработан аналитический способ обработки пары снимков.
Разработаны методики применения координатоопределяющих систем. В рамках кадастровой оценки земель и объектов недвижимости Министерства образования разрабатывалось методическое обеспечение кадастровых съемок с применением современных электронных геодезических приборов. В области математической обработки геодезических измерений разработана новая методика оценки точности на основе применения тензорного анализа и теории векториальных ошибок. Ведутся исследования в области горной геомеханики – построена трехмерная компьютерная модель массива горных пород вдоль трассы нефтепровода.

Main trends of research and engineering activities of the Department of Engineering Geodesy are given a brief account of. Development of science-based methods of complex investigation of three-dimensional deformation of tower-like constructions and architectural monuments of Old Russia has been continued. New formulae for inclination calculation for constrained conditions have been introduced. An analytical method of paired photographs processing for applied photographic survey has been developed. Principles of coordinate measuring systems application have been worked out. Methodological provisions for cadastral mapping using modern electronic geodesic devices have been developed for cadastral valuation of lands and real estate of the Ministry of Education of Russian Federation. A new accuracy estimation procedure has been developed on the basis of tensor analysis and vectorial mistake theory application. Investigation in mining geomechanics has also been proceeded with: a three-dimensional computer model of a rock massif along the oil pipeline route has been created.

* * *

В течение 2000 г. на кафедре инженерной геодезии СПГГИ научно-исследовательская работа производилась по многим направлениям. Она складывалась из госбюджетной работы «Исследования современных методов и средств ведения геодезических и фотограмметрических работ на промышленно-гражданских объемах» и инициативных тем сотрудников кафедры.

Были продолжены наблюдения за пространственными деформациями каменных храмов домонгольского периода (вторая половина XII века), сохранившимися на всю высоту. Эти церкви являются уникальными историческими памятниками древнерусской архитектуры. Их исследования кафедра ведет непрерывно с 1988 г. За этот период выполнено 36 циклов измерений. Одновременно проводились исследования деформаций памятника деревянного зодчества Русского Севера – Успенской церкви в г.Кондопога (Республика Карелия). Сооруженное в 1773 г. здание башенного типа высотой 37 м имеет явно выраженный крен. Наблюдения за креном здания Успенской церкви начаты осенью 1999 г. Создано планово-высотное обоснование, ориентированное по астрономическому меридиану. Определены конкретные размеры и направленность динамики крена. Разработаны новые формулы вычисления значений крена, определенного в стесненных услови-

ях. Исследования включены в план госбюджетной работы кафедры.

В 2000 г. начаты подготовительные работы по изучению пространственных деформаций Никольского собора на территории Никольского монастыря в Старой Ладоге – первой столице Российского государства. Современные исследователи относят строительство Никольского собора к концу XII – началу XIII века. Первоначально он был одноэтажным, но в середине XV века перестроен. Новое здание на старом фундаменте стало двухэтажным. В 1611 г. шведские войска разорили храм. Перестройка собора началась в 1668 г. Теперь это трехапсидный одноглавый храм, высота которого под яблочко креста 23 м.

Никольский собор является уникальным памятником, сочетающим в себе архитектурные элементы XIII, XV и XVII веков. Он является национальным достоянием России. В настоящее время собор нуждается в научно обоснованной реставрации, в течение которой целесообразно вести мониторинг за деформациями храма и его основания. Исследования, связанные с изучением этого здания, будут продолжены в следующем пятилетии. В настоящее время в несущие стены собора заложены осадочные реперы и интерьерные марки. В мае 2001 г. планируется начало высокоточных натурных измерений. За прошедшее время разработан ряд методик, часть из которых опубликована [2-5].

Разработан аналитический способ обработки пары снимков, когда элементы их внешнего ориентирования имеют произвольные значения. Способ применим при наземной фотограмметрической съемке. Математической основой способа является уравнение коллинеарности, которое приведено к линейному виду. При вычислении высот точек местности учитываются поправки за суммарное влияние кривизны Земли и рефракции. Задача решается итерациями по методу наименьших квадратов с оценкой точности определяемых величин. В конце 2000 г. кафедра приобрела лицензионные программные продукты по цифровой фотограмметрии. Это позволит шире использовать бесконтактные (дистанционные) методы исследований деформаций фасадов и других элементов зданий.

Одно из направлений деятельности кафедры разработка методов решения различных инженерных задач на базе прецизионных тахеометров и электронных теодолитов. Развитие электроники положило начало новой эпохе средств и методов геодезических работ. Современный геодезический прибор сегодня – это продукт высоких технологий, объединяющий в себе последние достижения электроники, оптики, точной механики и других наук. В основе методов, разрабатываемых кафедрой, лежит определение с высокой точностью координат точек путем создания и наблюдения специальной пространственной линейно-угловой сети. Полученные координаты поверхности исследуемого объекта используют для оценки его геометрических характеристик. Поскольку обработка результатов наблюдений происходит в режиме реального времени, такая методика является высокомобильной и позволяет решать не только статистические обмерные задачи, но и динамические (исследование деформации механизмов и узлов, контроль за проведением подобных работ и т.д.).

Преимуществами применения координатоопределяющей технологии также являются:

- Высокая скорость проведения работ за счет применения мощной вычислительной техники, электронных геодезических приборов, обладающих функцией самонаведения.
- Высокая точность определения координат точек на поверхности объекта (порядка 0,02-0,05 мм).
- Применение однотипной методики и приборов для решения разнообразных задач.
- Высокая мобильность и устойчивость к внешним воздействиям, необходимая в условиях реального производства.

В 2000 г. сотрудники кафедры инженерной геодезии принимали участие в разработке методик геодезического контроля пространственного положения объектов и исследований геометрии их отдельных бло-

ков с применением комплекса координатоопределяющих приборов.

В рамках научной программы «Научное, научно-методическое, материально-техническое и информационное обеспечение системы образования» в 2000 г. силами кафедры инженерной геодезии проводилась научная работа по теме «Кадастровая оценка земли и объектов недвижимости Министерства образования». Кадастр объектов недвижимого имущества Минобразования невозможен без качественных кадастровых съемок. Анализ состояния работ по данному вопросу показывает, что необходим переход к системному решению проблемы – созданию единой целостной системы кадастра в условиях большого увеличения информации. При этом цифровая топооснова создается в разных организациях различными техническими средствами и методами, в среде различных ГИС и программных продуктов. Возникает несогласованность, да и точность такой основы недостаточно высока.

Целью работы кафедры являлось методическое обеспечение кадастровых съемок с применением современных электронных приборов, техническая, экологическая оценка земли и объектов недвижимости Министерства образования. На первом этапе был произведен обзор современных электронных геодезических приборов для кадастровых съемок. В результате предпочтение было отдано тахеометрам фирм «Leica» и «Carl Zeiss» (различные электронные приборы этих фирм имеются в СПГГИ). Оборудование фирмы «Carl Zeiss» давно и широко известно геодезистам. Нынешнее поколение теодолитов, тахеометров и GPS-систем отличает продуманность в деталях, невысокая цена и хорошее качество, что создает благоприятные условия для внедрения приборов этой фирмы на российский рынок. Однако неактивный маркетинг, высокие таможенные сборы, отсутствие в России сервис-центров препятствуют этому.

Выполнена разработка алгоритма строгого уравнивания, позволяющего не только уравнять, оценить результаты измерений и обработки, но и при «неудачном» уравнивании определить места грубых ошибок, величины этих искажений. Разработанный алгоритм опробован в ряде программных продуктов, например в программном комплексе «GeoCAD», предназначенном для обработки кадастровых съемок. Кроме того, рассмотрена возможность использования других программных продуктов, например «CREDO», функции модулей которого представляют возможности, необходимые для реализации кадастровых и обмерных съемок.

В рамках данной НИР была рассмотрена методика балльной оценки технического и экологического состояния объектов недвижимости. В 1999 г. было создано Северо-Западное региональное кадастровое бюро как структурное подразделение НИЧ СПГГИ, в работе которого активное участие принимают сотрудники кафедры инженерной геодезии. Основными задачами и целями Северно-Западного регионального кадастрового бюро являются:

- Создание системы оперативного учета федеральной собственности и механизма эффективного управления федеральной собственностью, ее рационального использования.
- Участие в разработке структуры ведомственного кадастра.
- Осуществление подготовки и переподготовки специалистов.
- Осуществление других видов хозяйственной деятельности, не противоречащих действующему законодательству Российской Федерации: создание научно-технической продукции, оказание посреднических консультационных услуг по направлению основной деятельности.

Теоретические исследования кафедры позволили разработать новую методику оценки точности пространственных координатных определений на основе теории векториальных ошибок. Предложенная методика [1] нашла приложение в инженерных расчетах тоннельных сбоек для горных выработок произвольной пространственной конфигурации. Совместно с кафедрой маркшейдерского дела был выполнен предрасчет точности сбоек горных выработок.

Проведены исследования в области горной геомеханики. В рамках этих работ

построена трехмерная компьютерная модель массива горных пород вдоль трассы нефтепровода. Определены напряжения и деформации, возникающие вследствие статических и динамических нагрузок при перемещении нефтепродуктов по трубопроводу. Выполнена оценка напряженного состояния в геодинамически опасных зонах и их влияния на конструкцию трубопровода. В качестве исходного материала использовались топографическая карта масштаба 1:10 000 и результаты изучения прочностных и сейсмических свойств горных пород в приповерхностных и глубинных областях массива горных пород, осложненных субвертикальными разломами. На основе трансформированного растрового изображения и отсканированной карты создана трехмерная векторная модель земной поверхности и тектонических нарушений. Оценка напряжений в массиве горных пород выполнялась по вертикальным разрезам методом конечных элементов. Формирование граничных условий осуществлялось с учетом нагрузки от трубопровода и наличия тектонических нарушений. По результатам исследований сформулированы рекомендации по оптимизации размещения трассы нефтепровода в конкретных геодинамических и морфологических условиях.

Таким образом, сотрудники кафедры ведут довольно широкий спектр исследовательских работ, позволяющих решать важные народно-хозяйственные задачи. Есть все основания полагать, что внедрение современных средств измерений, а также ГИС-технологий позволит получить новые и полезные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Коробков С.А.* Тензор ошибок на плоскости и в пространстве // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 2. С.3-20.

2. *Мартынов В.Д.* Анализ динамики трещин в архитектурных сооружениях / В.Д.Мартынов, И.С.Пандул // Геодезия и картография. 1997. № 3. С.25-27.

3. *Пандул И.С.* Геодезические методы исследования деформаций уникальных памятников древнерусской архитектуры в Старой Ладоге И.С.Пандул, В.Д.Мартынов // Вопросы методики и технологии маркшейдерско-геодезических работ / СПГГИ. СПб, 1995. С.44-48.

4. *Пандул И.С.* Повышение точности измерения длин линий светодальномером СТ-5 И.С.Пандул, В.И.Павлов, В.Д.Мартынов // Новые методы производства геодезических и маркшейдерских работ / СПГГИ. СПб,1997. С.61-62.

5. *Пандул И.С.* Опыт изучения деформации памятников дневнерусской культуры на примере церкви Св.Георгия в Старой Ладоге // Староладожский сборник. Ст.Ладога-СПб, 1999. Вып.2. С.43-47.