

УДК 528

Б.Б. Серапинас

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТУДЕНТАМИ КООРДИНАТНОЙ ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ**

**Вступление.** Современная подготовка географов-картографов основана на геоинформационных технологиях, и учебный процесс немислим без применения компьютеров и Интернета. К тому же используемые при картографировании цифровые данные должны иметь обязательную пространственную привязку. Поэтому применение компьютеров при изучении координатных систем отсчета и выполнении операций с координатами является очень важным, а сами эти темы составляют главную часть курса "Геодезические основы карт" [3].

Исходные предпосылки. Курс "Геодезические основы карт" содержит разделы сфероидической, теоретической и космической геодезии, геодезической астрономии и теории математической обработки измерений. Он опирается на знания основ геодезии, топографии, высшей математики и является фундаментом курсов по математической картографии и основам спутникового позиционирования. Он также служит основой курсов по географическому картографированию, использованию карт и геоинформационному картографированию.

Основными разделами этого курса являются геодезические координатные системы отсчета и их составные части: системы координат, исходные геодезические и высотные даты и координатная основа — геодезические сети. Изучаются системы астрономических, географических, геодезических и геоцентрических координат, способы отображения земного эллипсоида на шаре, вычисления координат на сфере и на эллипсоиде, системы счета высот, связанных с силой тяжести Земли, прямоугольные плоские и пространственные координаты, способы трансформирования координат и уравнивания геодезических сетей. Рассматриваются также мировые координатные системы отсчета ITRS, WGS-84, Г13-90, региональные системы ETRS, NAD-83, NAVD-88 и, естественно, координатная и высотная основа Российской Федерации, системы СК-42 и СК-95.

Формулирование целей статьи, постановка задачи. Намерением работы является ознакомление с задачами использования компьютерных технологий при изучении разделов курса "Геодезические основы карт".

Изложение основного материала. Автором данной статьи составлены компьютерные программы по следующим пяти блокам упомянутого курса:

1. Земной эллипсоид вращения, его радиусы;

2. Широты, дуги, площади эллипсоида и шара;

3. Главные геодезические задачи;

4. Плоские прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера и UTM;

5. Пространственные Гринвичские геоцентрические координаты  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Первый блок содержит данные о 13 наиболее известных эллипсоидах и служит основой для вычисления всех последующих задач. Если в списке нет нужного эллипсоида, то предусмотрена возможность ввода названия и параметров нового эллипсоида.

Второй блок содержит программы для вычисления на эллипсоиде дуг меридианов, параллелей и площадей сфероидических трапеций. Он также используется при определении упомянутых величин для трапеций листов топографических карт масштабов 1:100 000 - 1:1 000 000. В нем также содержатся программы по пересчету широт с земного эллипсоида на земной шар. Предусмотрено шесть способов отображения эллипсоида на шар: 1) проектирование по нормальям; 2) геоцентрическое отображение; 3) равноугольное отображение способом Мольвейде; 4) равновеликое отображение; 5) отображение сохранением длин дуг параллелей и 6) отображение сохранением длин дуг меридианов.

Третий блок посвящен решению прямой и обратной задач на шаре и эллипсоиде. Современные компьютерные возможности позволяют без особых затруднений выполнять довольно трудоемкие вычисления. Для решения главных геодезических задач на эллипсоиде вращения использован универсальный способ Ф.Б. Бесселя. В некоторых случаях, например, в навигационных целях, главные задачи решают не по геодезической линии, а по локсодромии— линии постоянного азимута, пересекающей все меридианы под одним и тем же углом. Предусмотрена также возможность визуализации на экране компьютера ортодромий и локсодромий в одной из полусотни наиболее употребительных картографических проекций. Это позволяет сопоставлять изображения ортодромий и локсодромий, построенные в разных проекциях.

В пятом блоке содержатся программы для конверсии геодезических координат в плоские и пространственные прямоугольные координаты и наоборот, а также программы для трансформирования координат.

В комплект программ вставлена цифровая модель небольшого участка учебного полигона. По ней можно проложить маршрут и создать файл координат точек в проекции UTM на эллипсоиде WGS-84 и их высот в системе Сатинского учебного полигона. При этом плоские прямоугольные координаты определяются наведением курсора на выбранную точку модели, а высоты интерполируются по горизонталям модели и вводятся

в компьютер с клавиатуры. Данные маршрутов используются для конверсии и трансформирования координат

Предусмотрена возможность трансформирования координат в рамках четырех координатных систем отсчета: WGS-84, ПЗ-90, СК-95 и СК-42. Параметры трансформирования соответствуют приведенным в стандарте ГОСТ Р 51794-2001 [ 1 ]. Однако следует отметить, что параметры трансформирования, отнесенные к СК-42, можно использовать только для учебных целей. Система СК-42 по точности является весьма неоднородной, и по одному набору параметров трансформирование с надлежащей точностью выполнить невозможно. Для более точного трансформирования необходимо использовать опорные пункты, для которых известны координаты в двух системах. С этой целью в системе Роскартографии разработан комплекс программ под названием ГЕОМАСТЕР и созданы банки геодезической основы в рамках топографо-геодезического и картографического производства РФ [4].

Трансформирование плоских прямоугольных UTM координат в местную систему учебного полигона также выполняется по опорным точкам.

Важным является пересчет высот, определенных при помощи спутниковых GPS-приемников в общеземной системе над эллипсоидом WGS-84, в местную систему учебного полигона в Сатино. Для этого использованы результаты измерений спутниковыми приемниками на пунктах геодезической сети полигона. Высоты полигона  $H_{\text{Сатино}}$  связаны с высотами  $H_{\text{gps}}$  простым соотношением:

$$H_{\text{Сатино}} = H_{\text{gps}} - \zeta$$

В этом выражении  $\zeta$  — высоты отсчетной поверхности Сатинского учебного полигона над эллипсоидом WGS-84 (высоты "Сатинского квазигеоида"). Они интерполируются по значениям  $\zeta$ , известным для тех пунктов полигона, на которых GPS-приемниками были выполнены точные измерения в режиме статического позиционирования с длительностью сеансов в 1 час.

По выше указанным пяти темам составлены контрольные вопросы и разработаны программы по компьютерной реализации на их основе самоконтроля и оценки знаний студентов. Теоретическая сторона этого вопроса кратко изложена в работе [4].

Предусмотрено пять лабораторных работ с использованием выше указанных программ. По каждой из них преподавателем готовятся индивидуальные варианты. Отчет по работе должен содержать: название темы и текст задания; формулы, использованные при составлении математической программы решаемых задач; схематические рисунки, поясняющие геометрическую сущность задания; таблицы, содержащие исходные данные и результаты решений.

Ранее при выполнении подобных работ в учебном процессе и на производстве использовались соответствующие геодезические и картографические таблицы. В данном случае также рекомендуется знакомиться с этими таблицами и использовать их для контроля соответствующих собственных вычислений.

Все упомянутые вычислительные программы составлены на языке Visual Basic 6 и в совокупности образуют некий электронный практикум. В 2006 г. они апробированы на практических занятиях студентов-картографов географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Выводы и перспективы дальнейших изысканий. Использование в учебном процессе компьютерных технологий позволяет за отведенное время ознакомить географов-картографов с решением большого количества разнообразных задач и оперативно проводить контроль знаний. Чтобы решения не превратились в формальный процесс, следует уделять должное внимание полноте и качеству представляемых отчетов. Отчеты обязательно должны содержать алгоритмы и формулы, использованные при решении на компьютере тех или иных задач. В дальнейшем перечень выполняемых работ предполагается пополнить задачами по уравниванию небольших геодезических, в первую очередь нивелирных, сетей.

#### Литература:

1 ГОСТ Р 51794-2001. Аппаратура радионавигационная глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. - М.: Госстандарт России, ИПК Изд-во стандартов, 2001. - И с.

2.Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95). Издание официальное. - М.: ЦНИИГАиК, 2004. - 138 с.

3.Серапинас Б.Б. Геодезические основы карт: Учебное пособие. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001.- 133 с.

4.Серапинас Б.Б. Исследования студентами математической основы геоизображений // Проблемы географического образования и картографии: Сб. науч. трудов. -К.: Институт передовых технологий. - 2006. - № 6. - С. 200-204.