

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет »

О. Ф. КУЗНЕЦОВ

СПУТНИКОВАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности «Городской кадастр»

Оренбург 2009

УДК 721.023(0758)

ББК 38.2 Я 7

К 89

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент С.В.Миронов

Кузнецов О. Ф.

К 89 Основы спутниковой геодезии: Учебное пособие,
О. Ф. Кузнецов-Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009 – 147 с.

ISBN 5- 7410- 0544-6

В пособии приведен необходимый теоретический материал курса, изложена методика геодезических работ, с использованием спутниковых систем и электронных тахеометров при изысканиях и ведении земельного кадастра, рассмотрены основы гравитационного поля Земли, а также методика определения ускорения силы тяжести с помощью отечественных приборов.

Учебное пособие предназначено для студентов старших курсов специальности 120303 «Городской кадастр» всех форм обучения, изучивших ранее курс геодезии.

К 3300100000
6 л 9-09

ББК 38. 2 Я 7

© Кузнецов О. Ф., 2009

ISBN 5- 7410- 0544-6

© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение.....	5
1 Искусственные небесные тела солнечной системы.....	8
1.1 Невозмущенное движение искусственных спутников Земли.....	12
1.2 Возмущения в движении искусственных спутников Земли.....	17
1.3 Принцип использования искусственных спутников Земли в геодезии.....	20
2 Способы наблюдения искусственных спутников Земли, применяющиеся при этом инструменты.....	22
3 Общие понятия о системах спутниковой навигации «GPS».....	25
4 Системы координат.....	28
5 Баллистическая структура	32
5.1 Сигналы спутниковой радионавигационной системы GPS.....	34
5.2 Навигационная радиолиния	37
5.3 Принципы построения приемной аппаратуры.....	39
6 Приёмники «GPS».....	40
6.1 Организация геодезических работ с использованием базовых станций «DGPS».....	43
6.2 Предварительная обработка наблюдений	45
6.3 Общие требования к эталонной сети для проверок и аттестации спутниковых систем.....	47
7 Принцип пространственной трилатерации.....	49
8 Электронные тахеометры.....	51
8.1 Общие сведения.....	51
8.2 Электронный тахеометр TOPCON серии GTS-230.....	55
8.2.1 Определение координат.....	60
8.2.2 Создание системы координат.....	64
8.3 Электронный тахеометр 3TA5p UOM3.....	68
8.3.1 Измерения при не благоприятных условиях.....	70
8.3.2 Измерение углов.....	70
8.3.3 Измерение дирекционных углов.....	71
8.3.4 Режим съемки в полярных координатах	71
8.3.5 Режим съемки в прямоугольных координатах.....	72
8.3.6 Режим измерения углов, горизонтального проложения и превышения.....	73
8.3.7 Режим измерения расстояний без измерения углов.....	74
8.4 Поверки и юстировки электронных тахеометров	75
9 Принцип спутниковой триангуляции.....	75
10 Основы построения спутниковой триангуляции. Определение положения спутника.....	79
11 Методы определения координат.....	81
12 Определение взаимного (относительного) геоположения пунктов.....	86

13 Совместное использование спутниковых систем и электронных тахеометров при регистрации границ земельных участков.....	87
14 Определение положения по сигналам искусственных спутников Земли.....	90
15 Принципы определения координатной точки местности с использованием «GPS».....	94
16 Измерение расстояний до навигационных спутников Земли.....	95
17 Технологическая последовательность работ при определении положения пунктов.....	100
18 Спутниковые системы.....	102
18.1 Широкозонные системы спутниковой дифференциальной навигации.....	102
18.2 Интегральные навигационные комплексы GPS/IMU.....	107
18.3 STRATUS - универсальная спутниковая геодезическая система....	110
19 Пример определения координат пунктов методы трилатерации.....	114
20 Сведения из гравиметрии.....	118
20.1 Общие сведения.....	118
20.2 Нормальное гравитационное поле.....	120
20.3 Аномальное гравитационное поле.....	121
20.4 Определение ускорения силы тяжести.....	123
20.4.1 Общие сведения.....	123
20.5 Гравиметрические приборы.....	125
20.5.1 Гравиметр ГНШ – МТ2(ГМТ-1).....	128
20.5.2 Методика определения ускорения силы тяжести с точностью 0,5 и 1,0 м Гал.....	130
20.5.3 Методика определения ускорения силы тяжести с точностью 2 и 5 м Гал.....	141
21 Использование GPS – технологии при строительстве автомобильных дорог.....	143
22 Наземно-космическая топографическая съемка местности.....	144
23 Использование GPS – технологии при изысканиях автомобильных дорог	145
24 Литература, рекомендуемая для изучения тем.....	147

«Любое образование – есть самообразование»
Л.Н. Толстой

Введение

В настоящее время запуск искусственных спутников качественно повлиял на ход научных исследований и решение практических вопросов в области геодезии. Использование искусственных спутников Земли дало геодезии методы, позволяющие решать ранее неразрешимые задачи, и чрезвычайно расширило её возможности, причем спутниковые методы обогатили как геометрическую геодезию, так и физическую – гравиметрическую.

Одной из наиболее важных и очевидных задач являлась возможность создания единой геодезической сети, охватывающей весь земной шар, а на первых шагах возможность геодезической связи континентов. Спутник, движущийся на большой высоте, может наблюдаться одновременно с весьма удаленных пунктов, и таким образом возможно построение триангуляции с очень большими сторонами треугольников, в тысячу и более километров. Кроме того, наблюдая возмущения (возмущённое движение) элементов орбит спутников, оказалось возможным определить координаты самого спутника, координаты станций (координаты границ земельных участков) наблюдения и основных элементов гравитационного поля. Соответственно возникли два метода спутниковой геодезии: геометрический, в котором спутник используется как пассивный элемент, когда спутник служит чем-то вроде сигнала в триангуляции, и орбитальной, или динамический, в котором по возмущениям элементов орбиты находятся силы, их возмущившие, то есть гравитационное поле и отклонения его от нормы, а по предвычисленным и наблюдаемым положениям уточняются координаты станций.

Так возникли методы трёхмерной спутниковой триангуляции, методы определения центра масс Земли и координат с началом в этом центре масс, появилась возможность связи триангуляции отдельных континентов и создания единой общеземной геодезической системы, а также построения пространственной геодезической системы без необходимого ранее введения вспомогательной отсчетной поверхности в виде референц - эллипсоида. Широкие перспективы открыли спутники и в физической геодезии, изучающие гравитационное поле и фигуру Земли. Уже первые наблюдения возмущения орбит спутников позволили уточнить сжатие Земли и определить его на два порядка выше, чем это позволяли сделать гравиметрический или геометрический методы. Этот способ даёт возможность также установить главные крупные черты отклонения формы Земли от общего гравиметрического эллипсоида; он подтвердил и открыл полярную и эквивалентную асимметрию Земли. Вместе с тем чрезмерное увлечение спутниковой геодезией на первых порах, когда некоторые специалисты считали, что она полностью заменит

наземные методы, прошло, и сейчас наука развивается гармонически, используя и сочетания как наземные, так и спутниковые методы.

Учебное пособие составлено по материалам лекций, читаемых в Оренбургском государственном университете. Учитывая узкий круг студентов, изучающих данную дисциплину, в основу учебного пособия положены три направления: «Сведения об искусственных спутниках Земли», «использование» приёмных спутниковых систем и электронных тахеометров при ведении земельного кадастра», «задачи геодезической гравиметрии». В пособии приведены примеры определения и обработки геодезических и гравиметрических данных, полученных в ходе решения полевых и камеральных производственных работ, что по мнению автора, будет полезным для студентов при выполнении ими научно – исследовательских задач. Некоторые окончательные формулы в учебном пособии приведены без вывода, так как их вывод потребовал бы более углубленного изложения материала спутниковой геодезии, что заметно увеличило бы объем учебного пособия и повторяло бы соответствующие дисциплины.

Настоящее пособие систематизировано по следующим основным разделам:

- 1 Искусственные небесные тела солнечной системы
- 2 Способы наблюдения искусственных спутников Земли
- 3 Общее понятие о системах спутниковой навигации
- 4 Системы координат
- 5 Баллистическая структура сети НИСЗ
- 6 Приёмники «GPS»
- 7 Принцип пространственной трилатерации
- 8 Электронные тахеометры
- 9 Принцип спутниковой триангуляции
- 10 Основы построения спутниковой триангуляции, определение положения спутника
- 11 Методы определения координат
- 12 Определение взаимного (относительного) положения пунктов
- 13 Совместное использование спутниковых систем и электронных тахеометров
- 14 Определение положения по сигналам искусственных спутников Земли
- 15 Принципы определения координат точек местности с использованием «GPS»
- 16 Измерение расстояний до навигационных спутников Земли
- 17 Технологическая последовательность работ при определении положения пунктов
- 18 Спутниковые системы
- 19 Пример определения координат пунктов методом трилатерации
- 20 Общие сведения из гравиметрии
- 21 Использование «GPS»-технологий при строительстве автомобильных дорог
- 22 Наземно-космическая топографическая съемка местности

23 Использование «GPS»-технологий при изысканиях автомобильных дорог

Работая над учебным пособием, автор стремился изложить материал в доходчивой форме, проиллюстрировать наиболее сложные в теоретическом отношении вопросы рисунками, чертежами, более рационально разместить материал с методической точки зрения.

Автор будет признателен всем заинтересованным лицам, особенно пользователям-студентам, за замечания и предложения, направленные на содержание и редакцию текста данного пособия, выражая при этом особую благодарность заведующему кафедрой ТСП, доценту С.В. Миронову за техническую коррекцию текста, ведущему инженеру-геодезисту «ВолгаТелеком» С.В. Никищенко за консультации в области «GPS»-технологий и практическому использованию современных электронных тахеометров, а также студенткам старших курсов ГОУ ОГУ специальности «Городской кадастр» М.А. Агеевой, В.А. Афанасьевой, с которыми обсуждались отдельные главы и которые внесли ряд ценных предложений в изложенный материал.