

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

О.Ф.КУЗНЕЦОВ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов по направлению подготовки «Строительство»

Оренбург 2009

УДК 271.023(0758)
ББК 38.2Я7

К89

Рецензент
кандидат технических наук, доцент С.В.Миронов

Кузнецов О.Ф.
К89 Инженерная геодезия: учебное пособие/ О.Ф. Кузнецов – Оренбург:
ИПК ГОУ ОГУ, 2009 - 258с

ISBN 978 – 5 – 7410 – 0718 – 1

В учебном пособии изложен материал по инженерно-геодезическим изысканиям, проектированию, геодезическим разбивочным работам, инженерно-динамическим наблюдениям и организации инженерно-геодезических работ.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки «Строительство», а также может быть рекомендовано к использованию инженерно-техническими работниками строительных специальностей.

К $\frac{3300110000}{679-09}$

ББК 38.2Я7

ISBN 978-5-7410-0718-1
2009

© Кузнецов О.Ф.

© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение.....	7
1 Угловые измерения.....	11
1.1 Принципы измерения углов. Схема устройства угломерного прибора.....	11
1.2 Устройство основных частей теодолита.....	14
1.3 Типы теодолитов. Конструкция теодолита Т15.....	18
1.4 Поверки и юстировки теодолитов.....	21
1.5 Измерение горизонтальных углов.....	26
1.6 Измерение вертикальных углов.....	30
1.7 Приведение измеренных углов к центрам пунктов.....	31
2 Измерение длин линий.....	33
2.1 Меры длины.....	33
2.2 Измерение длины линии лентами.....	36
2.2.1 Порядок измерения длины линии штриховыми лентами (ЛЗ).....	36
2.3 Определение и учет поправок к измеренному значению длины линии.....	38
2.4 Определение расстояния с помощью оптических дальномеров.....	40
2.5 Параллактические способы определения расстояний.....	42
2.6 Понятие о свето и радиодальномерных способах определения расстояний.....	43
3 Нивелирование.....	45
3.1 Виды нивелирования.....	45
3.2 Геометрическое нивелирование.....	46
3.3 Влияние кривизны земли и рефракции на результаты нивелирования.....	48
3.4 Приборы для геометрического нивелирования.....	51
3.5 Проверки нивелиров.....	56
3.5.1 Проверки нивелиров с цилиндрическими уровнями.....	56
3.5.2 Проверки нивелиров с компенсаторами.....	58
3.6 Точность геометрического нивелирования.....	58
3.7 Тригонометрическое нивелирование.....	60
3.7.1 Точность тригонометрического нивелирования.....	61
3.8 Барометрическое нивелирование.....	62
3.9 Гидростатическое нивелирование.....	63
3.10 Механическое нивелирование.....	64
4 Плановая геодезическая основа съёмочных работ.....	65
5 Нивелирные сети сгущения и высотные съёмочные сети... 67	67
6 Нивелирование четвертого класса.....	69
7 Техническое нивелирование.....	71
8 Инженерно-геодезические.....	72
9 Топографические съёмки.....	74

9.1 Общие сведения о топографических съемках.....	74
9.2 Тахеометрическая съемка.....	77
9.2.1 Сущность и назначение, тахеометрической съемки.....	77
9.2.2 Полевые работы.....	78
9.2.3 Камеральные работы.....	82
9.3 Понятие теодолитная съемка.....	83
9.4 Мензуральная съемка.....	84
9.4.1 Сущность и назначение мензуральной съемки.....	84
9.4.2 Приборы для мензуральной съемки.....	85
9.4.3 Создание плановой и высотной съемочных сетей.....	87
9.4.4 Съемка местных предметов и рельефа.....	90
9.5 Нивелирование поверхности.....	91
9.6 Фототопографическая съемка.....	95
9.6.1 Сущность, виды назначение фототопографической съемки.....	95
9.6.2 Аэрофототопографическая съемка.....	97
9.7 Наземная фототопографическая съемка.....	104
9.8 Понятие о инженерном дешифрировании.....	105
10 Инженерно-геодезические работы при изысканиях трасс линейных сооружений.....	107
10.1 Общие сведения.....	107
10.2 Камеральное трассирование.....	108
10.2.1. Детальное камеральное трассирование.....	111
10.2.2 Ведомость прямых и кривых. Оформление плана трассы.....	114
10.3 Полевое трассирование.....	121
10.4. Нивелирные и съемочные работы.....	123
10.5 Привязочные работы и оформление материалов трассирования.....	126
10.6 Приемы полевого трассирования.....	128
10.7 Перенесение проекта трассы в натуру.....	128
10.8 Измерение углов трассы.....	129
11 Детальная разбивка кривых.....	130
11.1 Способ прямоугольных координат.....	130
11.2 Способ полярных координат.....	131
11.3 Способ продолженных хорд.....	131
11.4 Разбивка вертикальных кривых.....	132
11.5 Переходные кривые. Определение их элементов без таблиц.....	134
11.6 Сопряженные кривые.....	137
12 Разбивка земляного полотна автомобильных дорог.....	138
13 Инженерно-геодезическое обеспечение строительства малых искусственных сооружений и мостов.....	143
13.1 Разбивка водопропускных труб.....	143
13.2 Разбивочные работы при строительстве мостов.....	144
14 Геодезический контроль качества дорожного строительства и монтажных работ.....	147

14.1 Контроль при строительстве дорог.....	147
14.2 Контроль при возведении мостов.....	149
15 Автоматизация дорожного строительства.....	150
15.1 Использование GPS-технологий при изысканиях автомобильных дорог.....	150
15.2 Использование GPS-технологий при строительстве автомобильных дорог.....	151
15.3 Наземно-космическая топографическая съемка местности.....	151
16 Элементы инженерно-геодезических работ при изысканиях магистральных трубопроводов, линий электропередач и других линейных сооружений.....	153
16.1 Магистральные трубопроводы.....	153
16.2 Линии электропередач.....	152
16.3 Линии связи.....	158
16.4 Системы водопровода, водоотвода, канализации, теплогазоснабжения (инженерные сети).....	159
16.5 Геодезические работы при инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканиях.....	160
17 Основные сведения об инженерно-геодезических изысканиях в сложных условиях	161
17.1 Особенности ускоренной фототопографической съемки в сложных условиях.....	161
17.2 Полуавтоматическое картирование.....	162
17.3 Нивелирование поверхности лазерными приборами.....	163
17.4 Тахеометрическая съемка по квадратам.....	167
17.5 Полуинструментальная съемка.....	168
17.6. Глазомерная съемка.....	169
17.7. Некоторые сведения о топографических съемках в ночных условиях.....	172
18 Понятие об инженерно-геодезическом проектировании площадных сооружений	173
18.1 Понятие о проекте производства геодезических работ.....	173
18.2 Понятие о проекте инженерно-геодезического обеспечения эксплуата- ции объек- тов.....	174
19 Инженерно-геодезическое обеспечение строительства пло- щадных сооружений.....	175
19.1 Геодезическая разбивочная основа для обеспечения строительства.....	175
19.2 Геодезические разбивочные работы.....	179
19.2.1 Основные положения и определения.....	179
19.2.2 Геодезическая подготовка проекта.....	181
19.2.3 Вынос в натуру основных плановых элементов проекта.....	183
19.2.4. Способы выноса в натуру осей и точек сооружений в плане.....	187

19.2.5 Основные элементы высотных разбивочных работ.....	192
19.2.6 Построение и закрепление главных и основных осей сооружений.....	196
19.2.7 Детальные разбивочные работы по выносу в натуру осей отметок.....	199
19.2.8 Способы разбивочных работ при строительстве различных типов сооружений.....	206
19.3 Геодезический контроль точности производства строительномонтажных работ.....	211
19.3.1 Общие сведения.....	211
19.3.2 Характеристика точности. Термины и определения.....	212
19.3.3 Общие правила расчета точности.....	215
19.3.4 Система технологических допусков.....	219
19.3.5 Геодезический контроль точности монтажа фундамента.....	223
19.3.6 Геодезический контроль точности монтажа колонн, балок и ферм.....	225
19.3.7 Геодезический контроль точности монтажа стен, плит покрытий и перекрытий, арочных покрытий.....	229
19.4 Геодезические исполнительные съемки при подготовке и сдаче объектов в эксплуатацию.....	232
19.4.1 Основные сведения.....	232
19.4.2 Текущие геодезические исполнительные съемки.....	233
19.4.3 Геодезические съемки для составления исполнительного генерального плана.....	236
20 Инженерно-геодезическое обеспечение эксплуатации сооружений	238
20.1 Содержание и организация инженерно-геодезического обеспечения эксплуатации сооружений.....	238
20.1.1 Понятие об инженерно-геодезическом обеспечении эксплуатации сооружений.....	238
20.1.2 Основные сведения об организации инженерно-геодезического обеспечения эксплуатации сооружения.....	240
20.2 Средства и методы геодезического контроля пространственной стабильности сооружений.....	244
20.2.1 Геодезический контроль высотного положения и кренов сооружений.....	244
20.2.2 Геодезический контроль плавного и азимутального положения сооружений.....	248
20.2.3 Понятие об обработке и использовании геодезической информации для оценки эксплуатационного состояния сооружений.....	254
21 Литература, рекомендуемая для изучения тем.....	258

Введение

Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Строительство», составлено на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и требований к уровню подготовки выпускников вузов.

При подготовке настоящего учебного пособия был использован материал и опыт геодезической работы в строительстве как площадных, так и линейных сооружений. Кроме того, изложенная методика при проектировании, изысканиях и строительстве линейных сооружений в геодезическом отношении, основана на темах учебных семинаров, проводимых со специалистами «Оренбурггемдорстрой» в межотраслевом региональном центре повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов ГОУ ОГУ. В учебном пособии не рассматривались разделы:

- сведения о фигуре Земли и системы координат, применимые в геодезии;
- топографические планы и карты;
- оценка точности геодезических измерений.

Указанные разделы подробно изложены в учебном пособии «Основы геодезии и топографии местности» под редакцией Кузнецова О.Ф., Оренбургский государственный университет – Оренбург, 2008 – 309 с.

Инженерно-геодезические работы, выполненные для изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений, оказывают значительное влияние на рост производительности труда, повышения качества строительно-монтажных работ.

Инженерная геодезия является областью прикладной геодезии, в которой изучают теорию и практику приложения геодезии, топографии и картографии в процессе инженерных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений.

Инженерная геодезия расположена на стыке геодезической и строительной наук. Во всех подразделениях геодезии изучают методы определения взаимного положения разных физических объектов, находящихся на земной поверхности, над и под ней. Эти объекты могут быть в состоянии покоя(равновесия) и в движении.

Инженерно-геодезические работы направлены на создание геодезической, топографической и картографической информации, необходимой для инженерных изысканий, проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений. Целями инженерно-геодезических изысканий являются: изучение топографических условий района возведения инженерных сооружений, создание топографической основы, необходимой для выполнения других видов изысканий (инженерно-экономических, инженерно-геологических, инженерно-гидрологических и т.д.), съемка, привязка и пространственное изображение объектов на топографической основе для проектирования сооружений, геодезические наблюдения за

объектами, изменение положения которых влияет на работу сооружений, выбор и трассировку главных и основных сооружений.

Состав инженерно-геодезических изысканий зависит от типа строительства и характера сооружений. В общем случае различают линейные изыскания, относящиеся к линейным сооружениям (дорога, канал, ЛЭП и др.), и площадные (завод, поселок и т.д.). Они специфичны для разных сооружений. В необходимых случаях в состав инженерно-геодезических изысканий включают производство маркшейдерско-геодезических и гидрографо-геодезических работ, обмерные работы, съемку подземных коммуникаций, нивелирование рек и др. Существенное место в инженерно-геодезических изысканиях занимают трассировочные работы.

Инженерно-геодезическое проектирование объединяет решение различных задач инженерного проектирования геодезическими методами. Оно включает в себя инженерный геоморфометрический анализ, геодезическое проектирование горизонтальной и вертикальной планировки, вычисление и деление площадей, вычисление и распределение объемов земляных масс, исследование проектного рельефа, привязку к местности и геодезическую подготовку проектов инженерных сооружений для переноса их в натуру. К инженерно-геодезическому проектированию относят разработку проектов производства геодезических работ (ППГР) на строительной площадке, подробная информация об этом виде работ изложена в учебном пособии «Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации сооружений» под редакцией Кузнецова О.Ф., ГОУ ОГУ, 2008 – 201с.

Геодезические разбивочные работы охватывают большой комплекс геодезических измерений, сопутствующих возведению сооружений, начиная с инженерной подготовки территории и заканчивая сдачей законченного сооружения в эксплуатацию. Для соблюдения заданных (проектных) размеров и форм сооружений пользуются положениями строительной метрологии, включающей метрологическое обеспечение строительных процессов, теорию допусков, теорию и расчет размерных цепей и теорию погрешностей возведения сооружений. На основе таких положений определяют необходимую точность (допуски) производства геодезических работ.

В состав геодезических разбивочных работ входят: создание геодезической основы, основные и детальные разбивочные работы, геодезические контрольно-монтажные измерения, строительные обмеры, исполнительные съемки и натурные исследования точности возведенных сооружений. Основные геодезические разбивочные работы заключаются в переносе в натуру главных и основных осей сооружений. Главные оси, или оси симметрии, сооружений могут быть горизонтальные, вертикальные и наклонные, прямолинейные и ломаные. Аналогично деление основных осей, очерчивающих форму сооружения в целом. Обычно основные оси переносят в натуру от главных осей, разбитых от пунктов рабочей геодезической основы. В последнее время стремятся строить осевую рабочую геодезическую основу, в которой сторонами являются главные, или основные, оси сооружений. Таким путем разбивают строительные и строительномонтажные сетки. Осевая рабочая геодезическая основа сокращает разрядность

геодезических построений и уменьшает накопление погрешностей во взаимном положении пунктов.

Наиболее прогрессивным является производство основных геодезических разбивочных работ путем развития поярусной геодезической сети. Эта сеть создается в пределах сооружения по мере его возведения. Хотя она не всегда является осевой, тем не менее, с ее помощью образуется геометрический каркас, обеспечивающий разбивку основных, рабочих и вспомогательных осей и выполнение детальных разбивочных работ. Конструкция такой сети зависит от конструкции сооружения и имеет несколько ярусов, соответствующих этажам здания или размещению технологического оборудования по высоте.

Детальные геодезические разбивочные работы ведутся для того, чтобы обеспечить заданные формы и размеры частей сооружений, установку строительных конструкций и технологического оборудования в проектное положение. Они сводятся к разбивке рабочих и вспомогательных осей, создающих своеобразный геометрический каркас, указывающий положение в пространстве элементов сооружения.

Сопряжение таких осей закрепляется строительными маяками, определенным путем выполнения разбивки точки в плане и по высоте. Установка строительных конструкций и технологического оборудования в проектное положение сопровождается геодезическими контрольно-монтажными измерениями. Такие измерения разнообразны по используемым приемам и методам.

Уместно отметить, что в настоящее время в строительстве находят применение и спутниковые приемники, такие как «Stratus» (Sokkia, Япония), которые прошли сертификацию в Госстандарте РФ и рекомендованы для геодезического обеспечения строительного-монтажных работ. Особенно эффективно их применение при возведении крупномасштабных объектов, где требуется точная стыковка и увязка в одной строительной системе координат отдельных строящихся блоков, находящихся на значительном расстоянии друг от друга в условиях отсутствия прямой видимости между ними.

Перспектива широкого внедрения в строительство аналоговых технологий очевидна.

Вместе с тем в настоящее время технологию геодезического обеспечения строительства, в силу известных причин (прежде всего – развитие системы ГЛОНАСС, подготовка высококвалифицированных специалистов в структуре геодезических подразделений, приобретении дорогостоящих спутниковых приемников, работающих как в системе GPS, так и в системе ГЛОНАСС и т.п.), целесообразно рассматривать как традиционную.

Исполнительная съемка относится к одному из основных способов оценки качества строительного-монтажных работ. Однако нередко исполнительная съемка является средством изучения эксплуатационного состояния сооружений, знание которого необходимо при реконструкции и выполнении ремонтно-строительных работ. Кроме того, исполнительная съемка применяется для изучения старинных архитектурных конструкций (архитектурные обмеры). В таких случаях требуется создание геодезической основы (плановой и высотной), обеспечивающей не-