

В.П. Подшивалов М.С. Нестеренок

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Утверждено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебника для студентов
учреждений высшего образования
по строительным специальностям

2-е издание, исправленное



Минск
«Вышэйшая школа»

УДК 528.48(075.8)
ББК 26.1я73
П156

Рецензенты: кафедра «Изыскания и проектирования дорог» Белорусского государственного университета транспорта (кандидат технических наук, доцент *М.М. Иванова*); кандидат технических наук, доцент *Л.Ф. Зуева*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Подшивалов, В. П.

П156 Инженерная геодезия : учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 463 с. : ил.
ISBN 978-985-06-2429-1.

Рассматриваются основы теории и практики инженерно-геодезических работ в промышленном и гражданском строительстве в объеме, необходимом для усвоения значения геодезического обеспечения геометрической точности строительства. Даны сведения о современных средствах измерений, применяемых в геодезии (электронных тахеометрах, лазерных рулетках, спутниковых приборах, сканерах).

Первое издание вышло в 2011 г.

Для студентов учреждений высшего образования по строительным специальностям. Будет полезен учащимся УССО, преподавателям, практическим работникам строительной отрасли.

УДК 528.48(075.8)
ББК 26.1я73

ISBN 978-985-06-2429-1

© Подшивалов В.П., Нестеренок М.С., 2011
© Подшивалов В.П., Нестеренок М.С., 2014,
с изменениями
© Оформление. УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2014

ОТ АВТОРОВ

Инженер-строитель *должен знать* назначение и методы производства геодезических работ на всех этапах строительства, а также при эксплуатации различных сооружений; технологию топографо-геодезических съемок, представляющих неотъемлемую часть комплекса инженерных изысканий, использование топографических планов и цифровых моделей местности при проектировании и размещении на местности зданий, сооружений и инженерных сетей.

Инженер-строитель *обязан уметь* выполнять доступные типичные разбивочные работы в процессе текущих строительно-монтажных операций на строительной площадке, производить исполнительные съемки, документально отражающие соответствие геометрической точности монтажа конструкций проектным требованиям.

Теоретические знания и практические умения по инженерной геодезии необходимы строителям всех специальностей для взаимодействия с работниками геодезической службы, обеспечивающими выполнение основного комплекса работ по геодезическому обеспечению строительства.

Учебник написан в соответствии с типовой учебной программой курса «Инженерная геодезия», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 15.06.2009 г. (регистрационный номер ТД–J.021/тип.) для студентов вузов специальностей строительного профиля:

1-70 01 01 Производство строительных изделий и конструкций;

1-70 02 01 Промышленное и гражданское строительство;

1-70 02 02 Экспертиза и управление недвижимостью;

1-70 04 01 Водохозяйственное строительство;

1-70 04 02 Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна;

1-70 04 03 Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов;

1-70 07 01 Строительство тепловых и атомных станций;

1-08 01 01-05 Профессиональное обучение (строительство).

В учебнике содержится информация по новым приборам и современным технологиям производства геодезических измерений на строительной площадке, их обработке и представления в цифровом виде.

Замечания и предложения по настоящему изданию просим присылать по адресу: издательство «Вышэйшая школа», пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

ВВЕДЕНИЕ

Краткие сведения о развитии геодезии

Геодезия возникла в глубокой древности, когда появилась необходимость ориентирования на местности, межевания объектов землевладений и измерения их площадей. Для решения этих задач, а также при строительстве различных сооружений определенных геометрических форм и размеров выполнялись специальные измерения на местности. По их результатам задавали уклоны искусственных водотоков, составляли чертежи участков земной поверхности и сооружений на ней. В Древнем Египте, в античной Греции в IV–II вв. до н.э. для измерений на местности и в строительстве использовались различные технические средства: меры длины, отвесы, угольники, водяные уровни, угломерные устройства – диоптры. На такой практической основе оформилась наука *геометрия* (землеизмерение). Термин *геодезия* (землеразделение) впервые встречается в трудах Аристотеля (384–322 гг. до н.э.) для обозначения различия между теоретическими и практическими задачами единой того времени науки о межевании земель, включающей расчеты их площадей и описание средств измерений на местности. Основные теоремы, формирующие научные основы геометрии, имели практический смысл. Например, Пифагоров треугольник служил для построения прямого угла на местности, число π – для расчета радиуса окружности заданной длины и др. Научные основы геодезии того времени отражены в трудах Герона Александрийского «О диоптрах», «Измерение площадей». Эратосфен (276–194 гг. до н.э.) из определений длины отрезка сферической прибрежной полосы поверхности моря рассчитал близкий к действительному радиусу Земли (≈ 6 тыс. км).

В древние времена зародились принципы практического применения геометрических понятий к созданию и применению простейших измерительных устройств (мерных шнуров, отвесов, угольников, угломеров, водяных уровней) для придания заданной геометрии различным видам возводимых сооружений (зданиям, башням, пирамидам, водопроводам и др.).

В исторически длительном процессе постепенного усовершенствования методов геодезических измерений по изучению

и картографированию земной поверхности в 1616 г. голландский ученый Снеллиус предложил определять большие расстояния методом триангуляции, из решения цепочки треугольных фигур, в которых измерены все горизонтальные углы и не менее двух базисных сторон.

Для подтверждения закона всемирного тяготения И. Ньютона и его теоретических выводов о полярном сжатии Земли использовались астрономо-геодезические измерения. Ученые Французской академии наук в 1735–1736 гг. методом триангуляции определили длину и разность широт отрезка дуги меридиана вблизи экватора (Перуанские градусные измерения) и вдоль границы Финляндии и Швеции (Лапландские градусные измерения). В результате было подтверждено существование полярного сжатия планеты и впервые достаточно точно для того времени были определены размеры земного эллипсоида. По мере накопления результатов градусных измерений по определению формы и размеров Земли к 1795 г. во Франции была установлена единица длины *метр*, равная 1 : 40 000 000 длины дуги «парижского меридиана».

Первые научно обоснованные геодезические работы на территории современной Беларуси начались в 1816–1821 гг., когда корпусом военных топографов была создана первая в России Виленская опорная сеть триангуляции и на ее основе получены точные топографические карты. В годы существования СССР территория республики была обеспечена пунктами опорных геодезических сетей (в виде составной части геодезической сети СССР), на их основе создавались необходимые для народного хозяйства и обороны страны топографические карты масштаба 1 : 10 000 и 1 : 25 000, крупномасштабные планы городов, промышленных предприятий, сельскохозяйственных и лесных земель.

После 1960-х гг. оптико-механические геодезические приборы и относительно простые вычислительные устройства стали активно заменяться высокоавтоматизированными электронно-цифровыми измерительными комплексами и компьютерными технологиями обработки результатов измерений для получения баз картографо-геодезических данных. Спутниковые методы позиционирования и дистанционного зондирования получили эффективное применение для решения задач геодезии и картографии с 1990-х гг., обеспечивая высокую точность, производительность и снижение трудоемкости.

Высокую геометрическую точность строительства и установки технологического оборудования энергетических объектов, уникальных зданий и сооружений строители обеспечивают в сотрудничестве с работниками геодезической службы строительных и специализированных геодезических организаций. В геодезическом обеспечении строительства применяются современные высокоточные теодолиты, цифровые нивелиры, лазерные светодальномеры, электронные тахеометры.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов	3
Введение	5
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГЕОДЕЗИИ	8
1.1. Предмет геодезии и его применение в строительстве	8
1.2. Понятие о форме и размерах Земли, метод ортогональной проекции	9
1.3. Основные системы геодезических координат	15
1.4. Ориентирование	23
1.5. Прямая и обратная геодезические задачи	27
1.6. Понятие о государственной геодезической сети и съёмочных сетях	29
1.7. Понятие о спутниковых системах местоопределения и современных геодезических опорных сетях	34
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	<i>45</i>
Глава 2. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ, ПЛАНЫ И ЧЕРТЕЖИ	47
2.1. Понятие о картах и планах. Масштабы	47
2.2. Номенклатура топографических карт и планов	51
2.3. Условные знаки топографических карт и планов	55
2.4. Решение инженерно-геодезических задач по картам и планам	63
2.5. Ориентирование карты на местности	69
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	<i>72</i>
Глава 3. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ И КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ	73
3.1. Геодезические измерения и оценка их точности	73
3.2. Статистические характеристики погрешностей результатов равноточных измерений	78
3.3. Средняя квадратическая погрешность функции измеренных величин	81
3.4. Элементы математической обработки результатов неравноточных измерений	87
3.5. Технические средства и правила вычислений	89
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	<i>91</i>
Глава 4. ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ	92
4.1. Горизонтальные и вертикальные углы и устройство теодолитов	92
4.2. Типы теодолитов	105
4.3. Поверки и юстировки теодолитов	107

4.4. Измерение горизонтальных углов	112
4.5. Измерение вертикальных углов	118
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	122
Глава 5. ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ	123
5.1. Механические приборы для измерения расстояний	123
5.2. Светодалномеры	133
5.3. Оптические дальномеры	139
5.4. Учет значимости погрешностей измерения углов и расстояний при обосновании точности геодезических работ	143
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	146
Глава 6. ИЗМЕРЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЙ	147
6.1. Геометрическое нивелирование	147
6.2. Приборы для геометрического нивелирования	152
6.3. Поверки и юстировки нивелиров	157
6.4. Тригонометрическое нивелирование	162
6.5. Сведения о современных нивелирах и видах нивелирования ...	164
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	168
Глава 7. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ	169
7.1. Плановое съемочное обоснование. Теодолитные ходы	169
7.2. Высотное съемочное обоснование, техническое нивелирование, теодолитно-тахеометрические ходы	182
7.3. Теодолитная съемка	190
7.4. Тахеометрическая съемка, понятие о сканерной съемке	194
7.5. Нивелирование поверхности	203
7.6. Составление топографического плана	208
7.7. Определение площади	216
7.8. Фототопографическая съемка	224
7.8.1. Космические съемки	224
7.8.2. Аэрофотосъемка	225
7.9. Понятие о цифровых моделях местности и программном комплексе CREDO	238
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	242
Глава 8. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ...	244
8.1. Геодезические изыскания для строительства зданий и сооружений	244
8.2. Геодезические работы при изысканиях трассы	246
8.3. Геодезические расчеты при вертикальной планировке участков территории	261
8.4. Геодезическая основа строительных разбивочных работ	268
8.5. Геодезические приборы, применяемые в строительстве	275
8.6. Элементы геодезических разбивочных работ	279
8.6.1. Построение проектного горизонтального угла	279

8.6.2. Построение проектного отрезка прямой линии	281
8.6.3. Вынос точки на проектную отметку	282
8.6.4. Совмещение точек со створом	283
8.6.5. Построение вертикальной створной плоскости (вертикальное проецирование осевых точек наклонным лучом)	284
8.6.6. Построение линии заданного уклона	285
8.6.7. Построение наклонной плоскости	285
8.6.8. Передача отметок в котлован и на монтажный горизонт	286
8.7. Точность разбивочных работ	289
8.8. Способы разбивки главных и основных осей	293
8.9. Геодезические работы при строительстве фундаментов	305
8.10. Геодезические работы при строительстве надфундаментных частей зданий	309
8.11. Геодезический контроль строительства объектов башенного типа	321
8.12. Исполнительные съемки. Общие сведения	325
8.13. Геодезические измерения смещений и деформаций зданий и сооружений	334
8.14. Геодезические методы обмеров архитектурных и строительных объектов	346
8.14.1. Общие сведения	346
8.14.2. Нанесение нулевой линии на фасады и в интерьерах зданий	350
8.14.3. Планово-высотная основа для выполнения архитектурных обмеров	351
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	355

Глава 9. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИЗЫСКАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

9.1. Особенности инженерных изысканий для проектирования подземных коммуникаций	357
9.2. Схемы устройства сетей водоснабжения, канализации и газоснабжения	359
9.3. Трасса трубопровода. Колодцы	361
9.4. Сведения о выборе рабочих уклонов самотечных трубопроводов	364
9.5. Глубина заложения трубопроводов	365
9.6. Увязка взаимного положения подземных коммуникаций	368
9.7. Съемки подземных коммуникаций индукционными приборами. Обмеры	370
9.8. Требования к точности геодезической основы для изысканий и строительства подземных коммуникаций	373
9.9. Камеральное трассирование на плане. Продольный профиль трассы	378
9.10. Геодезические работы при полевом трассировании подземного трубопровода	382
9.11. Геодезические расчеты при проектировании продольного профиля трубопровода канализации	385

9.12. Геодезический вынос в натуру оси трубопроводов	389
9.13. Геодезические работы при строительстве трубопроводов	393
9.14. Инженерно-геодезические работы при проектировании и устройстве переходов трубопроводов через препятствия	401
9.15. Исполнительные съемки	405
9.16. Определение высоты сооружений вблизи трассы трубопровода	408
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	409
Глава 10. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ И МЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	411
10.1. Состав и содержание инженерно-геодезических работ при строительстве гидроэлектростанций	411
10.2. Геодезическая основа стройплощадки гидроузла, вынос в натуру главных осей сооружений	419
10.3. Геодезические работы при возведении ГЭС, монтаже гидротехнических агрегатов и наблюдениях за деформациями сооружений	425
10.4. Особенности геодезического обеспечения строительства атомных и тепловых электростанций	429
10.5. Геодезические работы при мелиоративном строительстве . . .	433
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	451
Глава 11. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	453
11.1. Охрана труда при выполнении геодезических работ на строительных объектах	453
11.2. Правила хранения, транспортировки и эксплуатации геодезических приборов	456
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	457
Л и т е р а т у р а	458

Учебное издание

Подшивалов Владимир Павлович
Нестеренок Маргарита Сергеевна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебник

2-е издание, исправленное

Редактор *Ю.А. Мисюль*
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректор *Е.З. Липень*
Компьютерная верстка *М.В. Бригер*

Подписано в печать 19.02.2014. Формат 84×108/32. Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman». Офсетная печать. Усл. печ. л. 24,36. Уч.-изд. л. 23,98.
Тираж 1200 экз. Заказ

Республиканское унитарное предприятие «Издательство «Вышэйшая школа»».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Открытое акционерное общество «Красная звезда».
ЛП № 02330/0552716 от 03.04.2009. 1-й Загородный пер., 3, 220073, Минск.