

А.Ю. Михайлов



ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ



УДК 528.48.(075.8)
ББК 26.1я73
М 69

Рецензент

*В.А. Пименов., к.т.н., доцент кафедры промышленного
и гражданского строительства ФГБОУ ВО «КГТУ»*

Михайлов А.Ю.

М 69 Инженерная геодезия в вопросах и ответах.– М.: Инфра-Инженерия, 2016. –
200 с.

ISBN 978-5-9729-0114-2

Изложена теория и методика выполнения геодезических измерений, вопросы создания съемочного обоснования, производства топографических съемок с использованием традиционных и современных методов. Представлены сведения из теории погрешностей геодезических измерений.

Отражены требования к выполнению инженерно-геодезических изысканий в градостроительной деятельности и при изысканиях в области строительства зданий и сооружений в соответствии с требованиями нормативных документов.

Книга предназначена для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» и работникам геодезического производства. Может быть также полезна преподавателям и слушателям курсов повышения квалификации.

*Подписано в печать 27.02.2016. Формат 60x84/16. Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс». Объем 10 печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ №1212.*

Издательство «Инфра-Инженерия»

*Тел.: 8(911)512-48-48. Тел./факс: 8(8172)75-15-54. E-mail: infra-e@yandex.ru
Сайт: www.infra-e.ru*

Издательство
приглашает к сотрудничеству авторов
научно-технической литературы

© Михайлов А.Ю., автор, 2016

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2016

ISBN 978-5-9729-0114-2

Глава 1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

1.1. Термины и определения

Т а б л и ц а 1.1

Термины и определения

| Абрис | Схематический чертеж участка местности |
|-----------------------------------|---|
| Астрономические координаты | Компоненты направления отвесной линии в данной точке пространства относительно плоскости, перпендикулярной к оси вращения Земли, и плоскости начального астрономического меридиана. |
| Базисная сеть | Система треугольников, служащая для перехода от длины геодезического базиса к длине стороны триангуляции тригонометрическим способом. |
| Базисная сторона | Сторона треугольника триангуляции, длина которой определена из непосредственных измерений и служит исходной для определения длин других сторон. |
| Вертикальная плоскость | Плоскость, проходящая через отвесную линию данной точки. |
| Вертикальный угол | Угол, лежащий в вертикальной плоскости. |
| Высота сечения рельефа | Заданное расстояние между соседними секущими уровнями поверхностями при изображении рельефа горизонталями. |
| Сторона треугольника триангуляции | Сторона треугольника триангуляции, длина которой определена из базисной сети. |

| | |
|----------------------|---|
| Геодезическая сеть | Сеть закреплённых точек земной поверхности, положение которых определено в общей для них системе геодезических координат. |
| Геодезический азимут | Двугранный угол, между плоскостью геодезического меридиана данной точки и плоскостью, проходящей через нормаль в ней и содержащей данное направление, отсчитываемый от направления на север по ходу часовой стрелки. |
| Геодезия | В переводе с греческого языка означает деление земли. В современном понимании геодезия – это наука об определении формы и размеров Земли, об изменениях на земной поверхности для отображения ее на планах и картах для последующего решения различных хозяйственных и оборонных задач. Геодезия подразделяется на: высшую геодезию, топографию, фототопографию, маркшейдерия, космическую и инженерную геодезию. |
| Высшая геодезия | Изучает форму и размеры Земли, а также методы определения координат точек поверхности Земли (создает государственную геодезическую сеть ГГС). |
| Топография | Изучает способы создания планов и карт при непосредственном измерении объектов местности. |
| Фототопография | Занимается созданием планов и карт, измерением модели местности полученной по паре аэрофотоснимков в стереоприборах. |
| Космическая геодезия | Решает различные геодезические задачи с помощью спутников Земли. |

| | |
|--------------------------|---|
| Маркшейдерия | Изучает геодезические измерения в горных выработках и при строительстве подземных сооружений. |
| Геоид | Фигура Земли, образованная уровенной поверхностью, совпадающей с поверхностью Мирового океана в состоянии покоя и равновесия и продолженной под материками. |
| Геодезический знак | Устройство или сооружение, обозначающее положение геодезического пункта на местности. |
| Геодезический базис | Линия, длина которой получена из непосредственных измерений и служит для определения длины стороны геодезической сети. |
| Геодезическая засечка | Определение координат точки по элементам, измеренным или построенным на ней или на исходных пунктах. Прямая засечка - засечка, выполненная с исходных пунктов. Обратная засечка – засечка, выполняемая на определяемой точке. Комбинированная засечка – засечка, выполняемая на определяемой точке и с исходных пунктов. |
| Геодезические координаты | Геодезическими координатами точки являются ее широта, долгота и высота. <i>Геодезической широтой</i> точки называется угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида, проходящей через данную точку, и плоскостью экватора. Широта отсчитывается от экватора к северу и югу от 0° до 90° и называется северной или южной. Северную широту считают положительной, а южную – отрицательной. <i>Геодезической долготой</i> точки называется двугранный угол, образованный плоскостями начального (гринвичского) геодезического |

| | |
|--|---|
| | <p>меридиана и геодезического меридиана данной точки. Долготы отсчитывают от начального меридиана в пределах от 0° до 360° на восток, или от 0° до 180° на восток (положительные) и от 0° до 180° на запад (отрицательные). <i>Геодезической высотой</i> точки является ее высота над поверхностью земного эллипсоида.</p> |
| Геодезический пункт | Пункт геодезической сети (например, пункт триангуляции). |
| Геодезический ход | Геодезическое построение в виде ломаной линии. |
| Геодезическая сеть сгущения | Геодезическая сеть, создаваемая в развитие геодезической сети более высокого порядка. |
|  <p>Географические координаты</p> | <p>Это обобщённое понятие геодезических и астрономических координат. Поверхность эллипсоида изображается на плоскости по частям, представляющие собой сферические четырёхугольники, называемые зонами. Размер зоны по долготе равен 6°, по широте 3°. Центральный меридиан каждой зоны называется осевым.</p> |
| Географический азимут | Двугранный угол, между плоскостью меридиана на данной точки и вертикальной плоскостью, проходящей в данном направлении, отсчитываемый от направления на север по ходу часовой стрелки. |
| Горизонтальная плоскость | Плоскость, проходящая через отвесную линию данной точки. |
| Горизонтальное проложение | Длина проекции линии на горизонтальную плоскость. |

| | |
|------------------------------------|--|
| Горизонтальный угол | Двугранный угол, ребро которого образовано отвесной линией, проходящей через данную точку. |
| Государственная геодезическая сеть | Геодезическая сеть, обеспечивающая распространение координат на территории государства и являющаяся исходной для построения других геодезических сетей. |
| График заложений | График, предназначенный для определения крутизны скатов. |
| Динамическая высота | Величина, численно равная отношению геопотенциальной величины в данной точке к среднему значению нормальной силы тяжести Земли по отрезку, отложенному от поверхности земного эллипсоида. |
| Дирекционный угол | Угол между проходящим через данную точку направлением и линией, параллельной оси абсцисс по ходу часовой стрелки. |
| Задачи инженерной геодезии | <p>- <i>топографо-геодезические изыскания</i>, в ходе которых выполняется создание на объекте работ геодезической сети, топографическая съемка, геодезическая привязка точек геологической и геофизической разведки;</p> <p>- <i>инженерно-геодезическое проектирование</i>, включающее разработку генеральных планов сооружений и их цифровых моделей; геодезическую подготовку проекта для вынесения его в натуру, расчеты по горизонтальной и вертикальной планировке, определению площадей, объемов земляных работ и др.;</p> <p>- <i>геодезические разбивочные работы</i>, включающие создание на объекте геодезической разбивочной сети и последующий вынос в натуру главных осей сооружения и его детальную разбивку;</p> |

| | |
|-------------------------------------|--|
| | <p>- <i>геодезический контроль при установке конструкций и технологического оборудования в проектное положение;</i></p> <p>- <i>наблюдения за деформациями сооружений.</i></p> |
| Заложение | Расстояние на карте между двумя последовательными горизонталями по заданному направлению. |
| Заложение ската | Заложение по направлению, нормальному к горизонталям. |
| Зенит | Точка пересечения отвесной линии или нормали к поверхности земного эллипсоида с небесной сферой. |
| Зенитное расстояние | Угол между направлением на зенит данной точки и на другую точку. |
| Исходный геодезический пункт | Геодезический пункт, относительно которого определяются соответствующие характеристики положения других геодезических пунктов. |
| Исходная сторона геодезической сети | Сторона геодезической сети с заданным направлением и длиной, относительно которой определяются эти характеристики других сторон. |
| Калька высот | Документ на кальке, предназначенный для хранения полученной в процессе топографической съемки информации о рельефе. |
| Калька контуров | Документ на кальке, предназначенный для хранения полученной в процессе топографической съемки информации о ситуации. |

| | |
|---|---|
| Карта | Чертеж, на котором с учетом общей кривизны фигуры Земли может быть изображена поверхность всей Земли или любой ее части в обобщенном и уменьшенном виде. |
| Каталог координат геодезических пунктов | Систематизированный список геодезических пунктов, расположенных на площади, ограниченной листом или листами топографической карты определённого масштаба, где приведены сведения о геодезической сети. |
| Кронштадский футшток | В России принята <i>Балтийская система высот</i> . Счет абсолютных отметок ведут от уровенной поверхности, проходящей через <i>нуль Кронштадтского футштока</i> , закреплённого на опоре Синего моста. |
| Марка центра геодезического пункта | Деталь центра геодезического пункта, имеющая метку, к которой относят его координаты. |
| Масштаб | Уменьшенное отношение длины отрезка линии на чертеже к длине горизонтального проложения соответствующего отрезка линии местности. Масштабы бывают: численные, именованные и графические. Теоретически масштаб во всех точках карты различен, практически он одинаков. |
| Масштаб численный | Выражается дробью, например, 1:100000, что означает в 1 см на карте соответствует 100 тыс. см на местности, или 1000 м. Численный масштаб наносится в нижней части карты. |
| Масштаб линейный | Линейный масштаб изображают на планах и картах, он предназначен для более точного определения измерений отрезков с помощью измерителя. |

| | |
|---|---|
| Масштаб поперечный | Представляет собой график, наносимый на металлическую линейку. Отрезок линейки, равный 2 см и разбитый на 10 равных частей, называется основанием поперечного масштаба. Графическая точность определения длин отрезков, на плане с помощью поперечного масштаба составляет 1/100 его основания. Измерение длин линий на плане по поперечному масштабу выполняется с помощью измерителя. |
| Мензульная съемка | Топографическая съемка, выполняемая при помощи мензулы и кипрегеля. |
| Местная система прямоугольных координат | При строительстве различных объектов часто используют условные системы координат, это могут быть главные или основные оси зданий или сооружений. |
| Нивелирование | Определение превышений. |
| Нивелирный репер | Геодезический знак. Закрепляющий пункт нивелирной сети. |
| Ориентирный пункт | Пункт, закрепляющий на местности направление с геодезического пункта. |
| Осевой меридиан | Меридиан, принятый за ось какой – либо системы координат на поверхности. |
| Отвесная линия | Прямая, совпадающая с направлением действия силы тяжести в данной точке. |
| План | Чертеж, на котором в уменьшенном и подобном виде изображена горизонтальная проекция небольшого участка земной поверхности. Если на плане изображена только ситуация, его называют <i>контурным</i> . Если кроме ситуации на план нанесен и рельеф, такой план называют <i>топографическим</i> . |
| Пикет трассы | Точка оси трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала. |

| | |
|--------------------------------|---|
| Полигонометрия | Метод построения геодезической сети путём измерения расстояний и углов между пунктами хода. |
| Плоскость начального меридиана | Плоскость меридиана, от которой ведётся счёт долгот. |
| Потенциал силы тяжести Земли | Величина, численно равная работе по переносу единицы массы в поле силы тяжести Земли из бесконечности в данную точку. |
| Превышение | Разность высот точек. |
| Проект вертикальной планировки | Технический документ, определяющий преобразование рельефа местности для инженерных целей. |
| Проектная отметка | Высота точки относительно исходного уровня. |
| Профиль | Вертикальный разрез поверхности Земли по заданному направлению. |
| Разбивочная ось | Ось сооружения, по отношению к которой в разбивочных чертежах указываются данные для выноса в натуру сооружения или отдельных частей. |
| Разбивочная сеть | Геодезическая сеть, создаваемая для перенесения проекта в натуру. |
| Разбивочный чертеж | Чертеж, содержащий все необходимые данные для перенесения отдельных элементов сооружения в натуру. |
| Референц - эллипсоид | Земной эллипсоид, принятый для обработки геодезических измерений и установления системы геодезических координат. |

| | |
|----------------------------------|--|
| Рельеф | Сочетание неровностей земной поверхности |
| Сближение меридианов | Угол в данной точке между её меридианом и линией, параллельной оси абсцисс или осевому меридиану. |
| Система высот | Счёт высот в инженерной геодезии ведут от уровенных поверхностей. Абсолютная высота отсчитывается от поверхности геоида. Если за начало отсчёта выбрана какая-либо другая уровенная поверхность, то высоты называют условными или относительными. Численное значение высоты принято называть отметкой. |
| Система координат | Для определения положения точки в геодезии применяют пространственные, геодезические и плоские прямоугольные координаты. |
| Ситуация | Совокупность находящихся на земной поверхности населённых пунктов, лесов, дорог, каналов, рек и инженерных коммуникаций. |
| Створ | Вертикальная плоскость, проходящая через две данные точки. |
| Строительная геодезическая сетка | Геодезическая сеть в виде системы квадратов или прямоугольников, ориентированных параллельно большинству разбивочных осей сооружения. |
| Сфероид земной | Фигура, которую приняла бы Земля, находясь в состоянии гидростатического равновесия и под влиянием только сил взаимного тяготения её частиц и центробежной силы её вращения около неизменной оси. |
| Съёмочное обоснование | Геодезическая сеть, используемая для обеспечения топографических съёмок. |
| Съёмочная геодезическая сеть | Геодезическая сеть сгущения, создаваемая для производства топографической съёмки. |

| | |
|-------------------------|--|
| Тахеометрическая съемка | Топографическая съемка, выполняемая при помощи тахеометра. |
| Теодолитная съемка | Топографическая съемка, выполняемая при помощи теодолита и мер длины или дальномеров. |
| Топографическая съемка | Комплекс работ, выполняемых с целью получения съемочного оригинала топографической карты или плана, а также получения топографической информации в другой форме. |
| Точка нулевых работ | Точка, в которой проектная и фактическая отметка одинаковы. |
| Точность масштаба | Горизонтальный отрезок на местности, соответствующий отрезку 0,1 мм на плане, воспринимаемый невооруженным глазом. |
| Триангуляция | Метод построения геодезической сети в виде треугольников, в которых измерены их углы и некоторые из сторон. |
| Трилатерация | Метод построения геодезической сети в виде треугольников, в которых измерены все их стороны. |
| Уклон | Уклон – это есть отношение превышения между точками к горизонтальному заложению между ними: $i = h / d$. Уклоны могут измеряться в долях, процентах и промилях. В тех случаях, когда имеют дело уклонами, измеренными в градусах, обычно называют углами наклона. В строительстве применяются уклоны с различными единицами измерения. |

| | |
|-----------------------|--|
| Уровенная поверхность | Поверхность, на которой потенциал силы тяжести Земли всюду имеет одно и то же значение |
| Эллипсоид земной | Фигура, близкая по форме к геоиду, полученная вращением эллипса вокруг малой оси. Большая полуось – 6378245 м., малая полуось – 6356863 м., вычислены в 1940 г. проф. Ф.Н.Красовским и А.А.Изотовым. |

1.2. Линейные измерения

Из истории развития средств линейных измерений

С незапамятных времен человечество столкнулось с необходимостью линейных измерений. В разных частях света в качестве меры линейных измерений пути могли приниматься отрезки, преодолеваемые человеком пешком, верхом на лошади, по водному пути за определённый интервал времени, например световой день. Для измерения более коротких длин, обычно использовались различные части тел человека, например, шаги, локти, обхват руками, толщина пальцев, ладони. Для линейных измерений использовались и другие меры.

Первыми мерами длины Киевской Руси (XI- XII вв.) были локоть, пядь, стопа, ладонь, палец. Неоднозначность и расплывчатость таких мер зачастую приводили к серьёзным конфликтам, поэтому возникла необходимость установления единства мер, или как сейчас говорят – эталона. Примером первого такого эталона в Киевской Руси был «золотой пояс» великого князя Святослава Ярославича, длину которого он определил как «Се мера и основание». Для непосредственных измерений применялись деревянные шаблоны, равные его длине. Отступление от эталона наказывалось.

К концу XII века на Руси сложилась система мер, включающая версту, сажень, локоть, пядь, перст, вершок. Развитие межгосударственных торговых связей, строительство оборонительных сооружений и освоение новых территорий, требовало проведение большого объема картографических работ, а следовательно, и упорядочения линейных мер.

С XVI века в России применяли линейку, равную аршину. Линейки изготавливали длиной 70,9 см металлическими или из древесины. Официально аршин был узаконен лишь в 1899 году.

Первое упорядочение линейных мер было осуществлено в реформах Петра I. По его указу было принято соотношение русских и английских мер. Шаг в направлении включения России в английскую систему мер потребовал не только больших усилий, но и внес определенную путаницу, особенно на первых порах. Эти линейные меры измерения зачастую фигурировали совместно в одном документе. Так в указе Сената от 24 июля 1741 года предписывалось, чтобы сооружавшиеся дома располагались «от земли до нижнего пола на самых низких местах вышиной в 2,5 аршина, а на прочих местах, которые воде не столь подвержены, на 1 фут выше большей прибьлой воды».

Т а б л и ц а 1.2

Соотношение линейных мер

| Величина | Наименование единицы и ее доли в до Петровской России | Английская система | СИ |
|----------|---|--------------------|------------------------|
| Длина | 1 верста = 500 сажень или 1500 аршин | 3500 футов | 1,0668 км |
| | 1 сажень = 3 аршинам или 48 вершкам | 7 футов | 2,1336 м |
| | 1 аршин = 16 вершкам | 28 дюймов | 0,7112 м |
| | 1 вершок | 1,75 дюйма | 4,445 см |
| | 1 линия | 10 точек | 2,54 мм |
| Площадь | 1 десятина = 2400 кв. сажен | - | 10925,4 м ² |

Возрастание объемов геодезических работ требовало совершенствования мер линейных измерений. Для измерения расстояний стали применяться металлические цепи длиной 5-10 сажень, а для измерения превышений – нивелиры. Общее наблюдение за сохранностью мер, и правильность измерений возлагалось на губернаторов вплоть до начала XX века.

Идея связать единицу длины с физической постоянной, например, с длиной дуги меридиана находила все большую поддержку,

как в России, так и в европейских странах. Созданная в 1736 году комиссия Сената поддержала эту идею и рекомендовала перейти к десятичному принципу их деления. Этому способствовали достижения теоретической и практической геодезии, которые позволяли установить размеры Земли.

Для выработки предложений по эталону меры длины 26 мая 1791 года национальное собрание Франции создало специальную комиссию Парижской Академии наук в составе Жана Бора, Жозефа Лагранжа, Пьера Лапласа. Комиссия рекомендовала в качестве такого эталона принять одну десятиллионную часть длины одной четверти земного меридиана. По заданию комиссии академики-геодезисты Ж.Б. Деламбер и П.Ф. Мешеню в течение 6 лет с помощью 115 треугольников выполнили измерение длины дуги меридиана между Дюнкером и Барселоной. По результатам их измерений в 1799 году была изготовлена и утверждена «истинная мера» получившая название метр. Первую линейку изготовили из латуни, получившую наименование «республиканский метр», её длина равнялась одному метру и шириной в 2,5 сантиметра, на линейке были нанесены деления, равные одному сантиметру.

В 1889 году было изготовлено 30 прототипов архивного метра, два из которых №11 и №28 были переданы России. Так было положено начало международной системы линейных мер.

Переход России на международную систему был долгим и трудным. Только в 1916 году русское правительство утвердило положение, первая статья которого гласила: «В Российской империи применяются меры русские и международные метрические». Полностью перейти на метрическую систему линейных мер удалось только в 1924 году, постановлением правительства запрещалось применение всяких других мер, кроме метрических мер.

Проблема хранения архивного метра заставляла ученых искать другие пути его хранения и воспроизведения. К тому же ученых и практиков к середине XX века перестала удовлетворять точность сравнения национального эталона с прототипом. Открытие новых физических явлений позволило найти пути более точного и надежного воспроизведения метра. Так в настоящее время метр воспроизводится с использованием длины волны монохроматического света. 14 октября 1960 года XI Международная конференция мер и весов

приняла решение в качестве метра считать $1650763,73$ длины волны в вакууме излучения соответствующего переходу между уровнями $2p^{10}$ и $2d^5$ атома криптона 86. Это позволило в 100 раз повысить точность воспроизведения эталона.

21 октября 1983 года XVII Генеральная конференция мер и весов в Париже приняла новое определение метра как длины расстояния, которое свет проходит в безвоздушном пространстве за $1/299792458$ сек. Это стало возможным с появлением атомной шкалы времени и развитием лазерных средств измерения расстояний. Точность воспроизведения метра при этом возросла. Абсолютная погрешность воспроизведения метра не превышает 1нм.

Одновременно с развитием мер совершенствовались приборы для измерения длин линий на местности. Так в 30-х годах прошлого столетия был создан сплав инвар, который практически не реагирует на изменение температуры окружающей среды. Мерные инварные проволоки позволяют измерять базисы в триангуляции. К этому же периоду относятся первые опыты по измерению расстояний радиокационными способами.

В 1936 году под руководством академика А.А.Лебедева был создан первый в мире светодальномер. Он послужил началом новой отрасли науки и приборостроения в области физических методов измерения расстояний. Внедрение лазеров, электронных микромодулей и других средств новой техники ознаменовало собой качественный скачок в развитии геодезического приборостроения.

История развития линейных мер неразрывно связана с развитием человеческого общества и является составной частью нашей истории и цивилизации. Особенно важно знать эту историю специалистам, связанным с геодезическими измерениями на местности. Это позволяет более глубоко изучить возможности современных средств линейных измерений, их точностные характеристики, видеть пути дальнейшего развития, ибо каждая вещь известна лишь в той степени, в какой степени ее можно измерить, или описать присущие ей свойства.

Какие приборы используются для линейных измерений?

Приборы и инструменты для линейных измерений подразделяются на:

- механические (рулетки, землемерные ленты, проволоки);
- оптические дальномеры (нитяной дальномер);
- электромагнитные дальномеры (светодальномеры, радиодальномеры, лазерные дальномеры).

Измерение расстояний производят двумя способами: непосредственно или косвенно. При непосредственном измерении мерный прибор или инструмент располагается в створе измеряемого отрезка. При косвенном способе измеряют вспомогательные параметры (углы, базисы), а необходимые расстояния вычисляют с помощью формул планиметрии. Точность измерения зависит от выбранного способа и может колебаться в диапазоне от 1-2 мм. до нескольких сантиметров, в относительных единицах от 1:200 до 1:1000000. Единица измерений, независимо от применяемых приборов и инструментов - метр.

Как измерить длину мерной лентой (рулеткой)?

Перед измерением отрезка линии на его концах устанавливают вехи, если длина линии превышает 100 м., или видимость ограничена, то в створе устанавливают дополнительные вехи (провешивание линии). Провешивание линии обычно ведут «на себя», установка вех в обратном порядке, то есть «от себя», является менее точной, так как ранее выставленные вехи закрывают видимость. В створе линии не должно быть неровностей грунта, растительности и других препятствий. Измерение выполняют два человека в прямом и обратном направлении, относительная величина расхождения между измерениями не должно превышать 1:2000 при нормальных условиях, а при неблагоприятных условиях – около 1:1000.

Мерные ленты типа ЛЗ изготавливают из стальной полосы шириной до 2,5 см. и длиной 20, 24 или 50 м. Наиболее распространены 20-метровые ленты. К ленте прилагается комплект из шести (или одиннадцати) шпилек.

Рулетки – узкие (до 10 мм) стальные ленты длиной 20, 30, 50, 75 или 100 метров, с миллиметровыми делениями. Для высокоточ-

ных измерений служат рулетки, изготовленные из инвара – сплава (64% железа, 35,5% никеля и 0,5% различных примесей), имеющего малый коэффициент линейного расширения. Для измерений пониженной точности применяют тесёмочные и фиброглассовые рулетки. Поправка за наклон вводится для определения горизонтального проложения (проекции) d , при измерении наклонного расстояния D

$$d = D \cos \beta$$

где β - угол наклона. Поправка за наклон имеет знак минус. При измерениях землемерной лентой (ЛЗ) поправку учитывают, когда углы наклона превышают 1° . Если линия состоит из участков с разными уклонами, то находят горизонтальные проложения участков и результаты суммируют. Углы наклона, необходимые для приведения длин линий к горизонту измеряют теодолитом. Поправку за наклон линии можно вычислить, используя нивелир

$$\Delta = -\left(\frac{h^2}{2d}\right) - \left(\frac{h^4}{2d^3}\right)$$

где h - превышение между начальной и конечными точками измеряемой линии, определяемое с помощью нивелира. Относительные погрешности при такой методике измерений расстояний составляют 1:5000 - 1:10000.

Как измерить длину оптическим дальномером?

Измерение расстояний оптическими дальномерами (нитяными дальномерами) основано на свойстве постоянства параллактического угла и переменного базиса. Оптический (нитяной) дальномер имеется во всех современных геодезических приборах. Он представляет собой сетку нитей, на которой имеются три горизонтальные нити. Одна, из которых проходит через центр сетки нитей, а две другие – симметрично средней нити – дальномерные.

В качестве базиса используется нивелирная рейка с сантиметровыми делениями. Дальномер и рейка располагаются на концах измеряемой линии. Могут быть два случая измерения расстояния нитяным дальномером: визирная ось трубы перпендикулярна и не перпендикулярна вертикальной оси рейки.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| Глава 1. Геодезические измерения | |
| 1.1. Термины и определения | 3 |
| 1.2. Линейные измерения | 14 |
| 1.3. Нивелирование | 38 |
| 1.4. Угловые измерения | 63 |
| 1.5. Теория погрешностей измерений | 87 |
| Глава 2. Топографические планы, карты. | |
| Геодезические сети | |
| 2.1. Азимуты. Дирекционные углы. Румбы. Прямая и обратная геодезические задачи | 113 |
| 2.2. Топографические планы и карты | 131 |
| 2.3. Геодезические сети | 148 |
| 2.4. Спутниковые геодезические измерения | 159 |
| 2.5. Топографические съёмки | 167 |
| Глава 3. Инженерные изыскания для строительной и градостроительной деятельности | |
| 3.1. Инженерно-геодезические изыскания для строительства | 180 |
| 3.2. Инженерно-геодезические изыскания для градостроительства | 192 |
| Список литературы | 197 |