

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Томский государственный архитектурно-строительный университет»

**Б.Н. Черданцев**

**ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ  
«ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»**

Учебное пособие

Томск  
Издательство ТГАСУ  
2015

УДК 528.48(075.8)  
ББК 26.1я7

**Черданцев, Б.Н.** Введение в специальность «Прикладная геодезия» [Текст] : учебное пособие / Б.Н. Черданцев. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – 80 с.

ISBN 978-5-93057-694-8

Учебное пособие разработано в соответствии с учебной программой специальности 21.02.08 «Введение в специальность» и положениями ГОС ВПО и СПО. В учебном пособии изложены основные понятия об учебной дисциплине «Прикладная геодезия», в том числе теоретические основы создания топографических карт и планов, понятия о геодезических работах на всех этапах проектирования и строительства различных объектов, описаны применяемые с этой целью приборы.

Данное пособие предназначено для ознакомления студентов ФСПО с их будущей специальностью «Прикладная геодезия. Может быть использовано в качестве профориентационного материала в выпускных классах школ.

**УДК 528.48(075.8)**  
**ББК 26.1я7**

**Рецензенты:**

канд. техн. наук, доцент кафедры геоинформатики и кадастра ин-та ИКЭ и ИСС ТГАСУ **В.А. Базавлук**;  
директор ООО «Томгеоплан» **С.В. Синчук**.

ISBN 978-5-93057-694-8

© Томский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, 2015  
© Черданцев Б.Н., 2015

Если спросят меня о профессии,  
Расскажу, ничего не тая:  
Геодезия, геодезия –  
Беспокойная юность моя.  
Если спросят меня о профессии,  
Расскажу, ничего не солгу:  
«Беспокойная геодезия,  
Только я без нее не могу!»

*А. Сасов*

## **ВВЕДЕНИЕ**

При опросе выпускников школ выяснилось, что профессию «геолог» знают почти все, а вот интереснейшую профессию «геодезист», которая в настоящий момент в нашей стране весьма востребована, среди школьников знают единицы. Поэтому возникла необходимость ознакомить молодых людей, выбирающих будущую специальность, с этой малоизвестной, но увлекательной профессией.

В настоящем издании представлена доступная широкому кругу читателей информация об одной из важнейших и емких отраслей знаний *геодезии* и соответственно о профессии *геодезист*.

Геодезия – греческое слово, означающее в переводе «землеразделение». Тысячелетия назад возникла необходимость в точном измерении земной поверхности, изображении ее на планах, картах. Еще в XVIII в. до н. э. в древнем Египте существовало руководство по решению задач, связанных с землеразделением, определением площадей участков. С развитием науки, промышленного и сельскохозяйственного производства и обороноспособности страны профессия геодезист стала более многогранной. Появились новые направления в профессиональной подготовке, основой которой является геодезия, – топография, маркшейдерия, землеустройство, прикладная геодезия, астрономо-геодезия, космическая геодезия и т. д.

Топографы выполняют комплекс полевых и камеральных работ по созданию топографических карт, являющихся основой для изготовления географических, учебных, контурных, специальных и т. п. карт и атласов.

Маркшейдерия – термин состоит из двух немецких слов, обозначающих «граница» – «разделять». Маркшейдерия – это отрасль науки и техники, предмет которой – изучение на основе натуральных измерений и последующих геометрических построений формы и размера тел полезных ископаемых, процессов деформации пород и земной поверхности в связи с горными выработками и т. д.

При современной общественно-экономической формации земля является товаром, т. е. с землей можно производить различные операции, такие как купля, продажа, сдача в аренду, передача по наследству и т. д. Поэтому возникла необходимость правильного юридического оформления сделок, точного измерения площадей и положения участков, контроль за правильным использованием земель – все это задачи землеустроителя.

Специалисты по прикладной геодезии выполняют весь комплекс геодезических работ при проектировании и строительстве различных инженерных сооружений: жилых домов, мостов, дорог, нефте- и газопроводов, ЛЭП, ЛЭС и т. д.

Аэрофотогеодезисты, как и топографы, выполняют комплекс работ по созданию оригинала топографических карт, но не полевыми методами, а используя фотоснимки, полученные с различных летательных аппаратов: самолетов, «беспилотников», вертолетов, аэростатов, спутников и т. п.

Геодезист всегда  
В начале всех начал,  
Он этим горд,  
Ведь он – первопроходец.  
И пусть завидует ему  
Весь остальной народец.

*Л.Ф. Олофинский*

## 1. О ПРОФЕССИИ

Вы никогда не удивлялись хитросплетениям развязок дорог, переходов метрополитена, чередованию опор линий электропередач в городах, огромного количествах подземных труб, электропроводов, не мешающих друг другу, математически строгому расположению строений, абсолютной вертикальности высотных зданий и сооружений? Как удается строителям так точно воплотить в жизнь фантазию архитектора, строгий расчет конструктора?

На улицах городов, в сельской местности, а часто на площадках строительства какого-нибудь объекта обращают на себя внимание люди со странными приборами в виде зрительной трубы, установленными на штативе (треноге) и с рейками, размеченными черно-белыми полосами. Чем занимаются эти люди, что они наблюдают в трубу? Люди со странными приборами на штативе – геодезисты. Они выполняют разные геодезические измерения, поэтому и приборы у них внешне отличаются. Одни выполняют операцию, которая называется нивелированием. Название прибора «нивелир» произошло от французского слова «niveler» – выравнивать. С помощью штатива и подъемных винтов подставки (трегера), которая крепится к штативу, труба нивелира устанавливается по уровню строго горизонтально и остается в горизонтальной плоскости при повороте вокруг вертикальной оси. Если на некотором расстоянии от нивелира вертикально установить на поверхности земли или на элементе возводимого сооружения рейку с делениями и, глядя на нее

в трубу, взять отсчет, затем перенести рейку на новое место и взять еще отсчет, то разность отсчетов покажет нам превышение одной точки местности (сооружения) над другой (рис. 1).

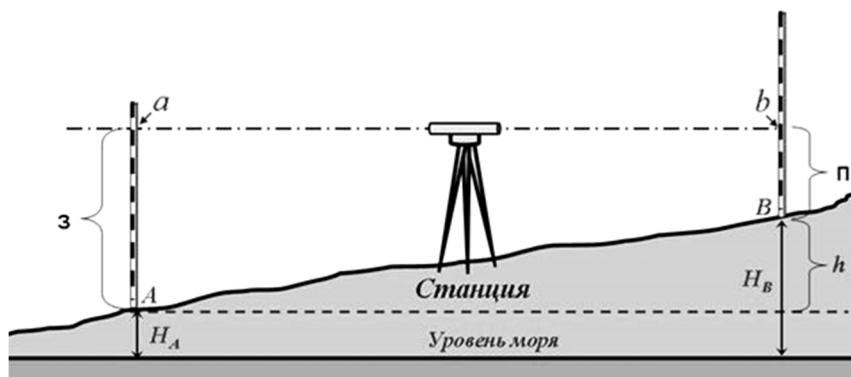


Рис. 1. Схема геометрического нивелирования

В зависимости от увеличения зрительной трубы и чувствительности уровня точность определения превышений может быть разной – от 5 мм до 0,5 мм.

Отметки точек земной поверхности или отметки сооружения, которые получают нивелированием, затем используют для составления проектов зданий и сооружений (каналов, автомобильных и железных дорог, мостов, дамб, водопроводов, нефте-, газопроводов и т. д.), при подсчете объемов строительных работ, для контроля качества производства работ, а также для проверки соответствия возводимого сооружения проекту.

Другие измеряют горизонтальные и вертикальные углы и длины линий с целью определения местоположения точек (элементов) строительства (угол зданий, колодцы, положение свай и т. д.). Прибор для измерения углов называется теодолит – в переводе с древнегреческого «смотреть» – «длинный». Название появилось по причине того, что у первых теодолитов была длинная зрительная труба.

Теодолиты, как и нивелиры, по точности измерений делятся на три группы:

- технические – ошибка измерения углов  $\approx 30''$ ;
- точные – ошибка измерения углов  $\approx 5''$ ;
- высокоточные – ошибка измерения углов  $\approx 1''$ .

Для измерения линий используются всем известные рулетки, мерные ленты, но в большей степени в настоящее время используются лазерные светодальномеры, у которых ошибка измерений несколько миллиметров при измерении расстояния более километра.

Устройство геодезических приборов, принцип их работы, назначение мы рассмотрим в отдельной главе.

Как уже говорилось, предметом геодезии является изучение участков земной поверхности, отображение ее на картах, планах, выполнение измерений на местности в различных целях. Важнейший раздел геодезии – прикладная (инженерная) геодезия, методы которой широко используются при проектировании и строительстве промышленных и гражданских зданий, гидротехнических сооружений, путей сообщения, газо- и нефтепроводов, ЛЭП, ЛЭС и т. д., поэтому данный предмет преподается во всех технических вузах и техникумах.

С какими же конкретно работами сталкиваются геодезисты на строительстве? В первую очередь, это предпроектные топографо-геодезические изыскания, которые состоят из создания геодезического обоснования и топографической съемки для изготовления крупномасштабного плана площадки намеченного строительства с нанесением всех существующих зданий и сооружений, подземных и воздушных коммуникаций, рельефа местности. Кстати, предпроектными изысканиями занимаются и геологи, могут привлекаться геофизики, экологи и т. п., но все они полученные результаты своих измерений, наблюдений и расчетов наносят на планы, составленные геодезистами-топографами.

Подробнее создание геодезического обоснования и топографическую съемку рассмотрим в отдельных главах.

Следующие этапы работ – это работы по созданию строительной сетки, разбивки основных осей сооружений на местности; перенесение на местность проекта вертикальной планировки; измерения выполненных объемов строительных работ; исполнительные съемки, т. е. съемки строящихся или законченных строительных объектов с целью выявления отклонений от проекта; определение фактического положения элементов сооружений и другие работы.

Работа геодезиста крайне ответственна. Даже незначительные ошибки могут привести к серьезному материальному ущербу. Поэтому требование высокой точности геодезических измерений является основным. Например, при разбивке осей современных высотных панельных и каркасно-панельных зданий ошибка на расстоянии 100 метров не должна превышать 1,5 см.

Геодезист первым приходит на строительную площадку и последним покидает ее, геодезические наблюдения за смещениями, деформациями уникальных сооружений продолжаются и в процессе эксплуатации.

В то же время работа геодезиста высокооплачиваемая, весьма востребованная, романтическая. О романтике этой профессии, особенно об этапе предпроектных изысканий, созданы книги Арсеньева, Федосеева и других писателей.

Геодезист, топограф и картограф!  
В любой никем не пройденной дали  
Мы оставляем первыми автограф  
На чистом теле матушки-Земли.  
Мы с карты пятна белые стираем,  
А это очень добрые труды.  
На местности, на карте, на экране  
Увидят люди наших дел следы.

## 2. КАРТЫ, ПЛАНЫ

Карта. Кто не знает, что это такое? Найдется ли человек, который хоть раз не обращался к этому сложному, очень интересному и до предела насыщенному богатым содержанием чертежу?

У одних эти два слова вызывают воспоминания о школьных годах, перед другими встают суровые картины войны, третьим эти слова напоминают о туристских походах, бивачных кострах, у четвертых они восстанавливают в памяти незабываемые дни строек или трудные маршруты.

Карта нужна в самых различных областях человеческой деятельности. В промышленности и на транспорте, в сельском хозяйстве и культурном строительстве она является не только необходимым, а часто и незаменимым документом, материалом или пособием.

Изыскания новых дорог или разведка и освоение недр начинаются с изучения местности по карте. Летчику даже для самого короткого перелета нужна карта. Она необходима капитану и штурману для вождения судна. Без карты невозможно изучать географию, историю, геологию и многие другие науки; карта в школе является таким же необходимым пособием, как и учебник. Читая газету или журнал, мы нередко обращаемся к карте.

Географические карты отвечают на многие вопросы. Вы хотите изучить размещение различных отраслей промышленности, сельского хозяйства какого-либо государства; вас интересуют пути замечательных путешествий; вам хочется познакомиться с характеристиками климата, растительности или геоло-

гического строения какой-нибудь территории; вы желаете изучить политическое или административное деление того или иного государства; вам нужно изучить рельеф, дорожную сеть или речную систему той или иной территории – на все эти вопросы, так же как и на множество других, можно увидеть ответ на соответствующих географических картах.

Читатель, умеющий прочесть содержание карты, найдет в ней богатейший материал, на описание которого понадобились бы сотни страниц книжного текста.

Что мы называем географической картой? Очевидно, что изображение земной поверхности – всей или какой-либо ее части. Изобразить земную поверхность в ее натуральных размерах невозможно, да в этом и нет никакой нужды. Поэтому карты – это всегда уменьшенные изображения.

Если следовать словарю терминов, то «карта – это математически определенное, уменьшенное и генерализированное изображение Земли с учетом ее кривизны и непостоянным масштабом изображения по широте и долготе, отражающее расположение, спроецированных на нее объектов в принятой системе условных обозначений».

Более простое определение, не учитывающее все нюансы:

*Географической картой принято называть уменьшенное обобщенное изображение всей земной поверхности или отдельных ее частей на плоскости, построенное по определенным математическим правилам.*

Необходимо иметь в виду, что на карте часто изображаются не только видимые на местности объекты, но и результаты показаний различных приборов, обработки статистических материалов, наблюдения некоторых природных явлений и т. п., т. е. такие показатели, которые непосредственно на местности увидеть нельзя. Это свойство карты, выгодно отличающее ее от других изображений земной поверхности, чрезвычайно важно и широко используется не только в познавательных целях, но и для различных научных исследований.

Степень уменьшения, с которой изображается данная поверхность против ее натуральных размеров, носит название масштаба. Точнее, масштаб – это отношение, показывающее, во сколько раз уменьшена каждая линия, нанесенная на карту, против ее размеров на местности.

Применяют три формы обозначения масштаба. Все они в той или иной мере позволяют выполнять по карте необходимые измерения.

1. *Численный масштаб.* Это наиболее универсальная и часто встречающаяся форма обозначения масштаба. Он представляет собой дробь, в которой числитель – единица, а знаменатель – число, показывающее степень уменьшения. На карте численный масштаб имеет вид 1:1000; 1:100 000; 1:5 000 000 и т. д.

2. *Линейный масштаб.* Эта форма обозначения масштаба представляет собой график, на котором отложены отрезки, соответствующие определенным расстояниям на местности (рис. 2).

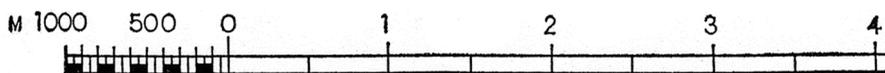


Рис. 2. Линейный масштаб при уменьшении в 50 000 раз (для карты масштаба 1:50 000)

Крайний левый отрезок обычно делится на несколько более мелких частей.

Линейный масштаб позволяет определить расстояния по карте, не прибегая к вычислениям.

3. *Пояснительный масштаб.* Масштаб карты иногда обозначают надписью, объясняющей степень уменьшения, например: «в одном сантиметре 10 километров».

Эти формы обозначения масштаба встречаются в различных сочетаниях и хорошо дополняют одна другую. На учебных картах, в частности, встречаются все три формы обозначения масштаба.

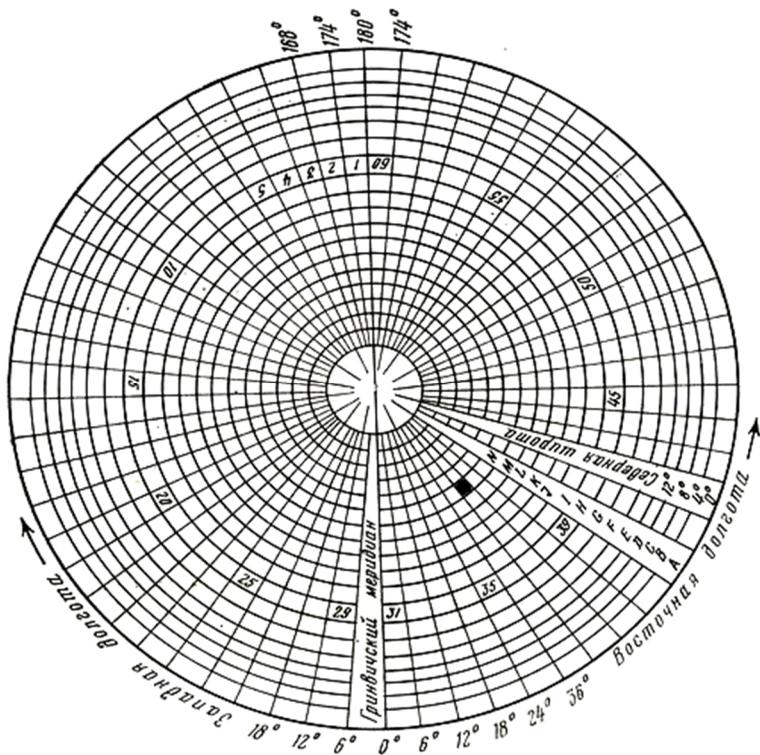
Чем больше степень уменьшения изображенной на карте территории, тем более мелким называют масштаб такой карты, и, наоборот, чем меньше степень уменьшения, тем более крупным он является.

Вполне очевидно, что чем крупнее масштаб карты, тем меньше территория, изображенная на одном листе карты, но зато карты, планы более подробные. Например, крупный город изображается на карте масштаба 1:1 000 000 только в виде контура его границ, в масштабе 1:100 000 изобразятся уже кварталы, а в масштабе 1:10 000 будут показаны все отдельные дома.

В России создаются и используются карты масштабов 1:1 000 000, 1:500 000, 1:300 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000. Этот перечень масштабов называется масштабный ряд. Рамки листов топографических карт ограничиваются меридианами и параллелями с указанием их географических координат, соответственно, их долгот и широт. Каждый лист топографической карты представляет собой трапецию. Чтобы знать местоположение каждой трапеции (листа карты), их обозначают условным адресом, который называется номенклатурой карты.

Пятый международный географический конгресс в 1891 г. принял решение о составлении и издании карты мира масштаба 1:1 000 000. Позднее было установлено, что каждый лист такой карты должен охватывать территорию в  $4^\circ$  по широте и  $6^\circ$  по долготе. При этом поверхность Земли была условно разделена на ряды вдоль параллелей, отстоящих одна от другой на  $4^\circ$ , и колонны вдоль меридианов, отстоящих один от другого на  $6^\circ$ . Ряды обозначаются порядковыми буквами латинского алфавита, начиная с буквы А от экватора к обоим полюсам. Колонны нумеруются арабскими цифрами на восток от 180-градусного меридиана.

Номенклатура (обозначение листа) карты масштаба 1:1 000 000 состоит из ряда (буквы) и колонны (цифры), которые записываются через тире. Например, лист, закрашенный на рис. 3 черным цветом, получает номенклатуру N-37.



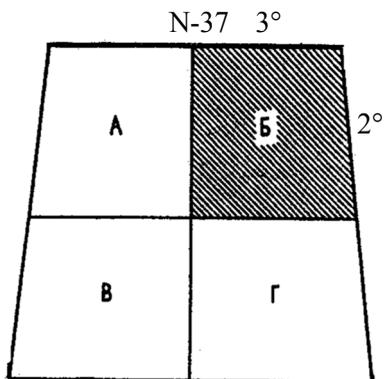


Рис. 4. Номенклатура карты масштаба 1:500 000

Каждый лист карты масштаба 1:100 000 охватывает территорию по 20' по широте и 30' по долготe и составляет 1:144 часть листа карты масштаба 1:1 000 000. Свою номенклатуру он, подобно другим, получает из номенклатуры листа карты масштаба 1:1 000 000 и своего порядкового номера внутри этого листа, обозначенного цифрами арабского алфавита (рис. 5). Номенклатура листа, заштрихованного на рис. 5, будет N-37-104.

30'      N-37

20'	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13											24
	25											36
	37											48
	49											60
	61											72
	73											84
	85											96
	97											108
	109											120
	121											132
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

Рис. 5. Номенклатура карты масштаба 1:10 000

Номенклатуры листов более крупных масштабов имеют своим основанием номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000.

Четыре листа карты масштаба 1:50 000 обозначаются внутри листа карты масштаба 1:100 000 заглавными буквами А, Б, В, Г.

Четыре листа карты масштаба 1:25 000 обозначаются внутри листа карты масштаба 1:50 000 прописными буквами а, б, в, г.

Четыре листа карты масштаба 1:10 000 обозначаются внутри листа карты масштаба 1:25 000 цифрами 1, 2, 3, 4. Например, номенклатура листа карты масштаба 1:10 000 может иметь обозначения N-37-104-Б-в-4.

Карты, составленные в этой разграфке, часто называют номенклатурными.

Создание проекта любого здания или сооружения начинается с плана.

План – это крупномасштабное (масштаб 1:5000 и крупнее) изображение небольшой территории, построенное без учета кривизны земли, сохраняющее постоянный масштаб в любой точке и по всем направлениям. Понятно, что изображение элементов рельефа и ситуации более подробное по сравнению с картой, так как масштаб значительно крупнее. Только всестороннее и подробное знание рельефа, плана местности позволяет грамотно запроектировать и построить объект, свести к минимуму объемы перемещаемых при строительстве масс грунта, обеспечить водосток, обеспечить долговременность и безопасность эксплуатации объекта.

Под рельефом местности понимают совокупность неровностей земной поверхности. Эти неровности принято отсчитывать от уровенной поверхности океана. В нашей стране за нулевую отметку – начало отсчета принимают уровенную поверхность, проходящую через нуль Кронштадтского футштока (футштоки – это рейки, закрепляемые на берегах морей для наблюдения за уровнем воды) и совпадающую со средним уров-

нем Балтийского моря (Балтийская система высот 1977 года). Рельеф (рис. 6, а) на планах изображают горизонталями (рис. 6, б), т. е. замкнутыми кривыми линиями на местности, имеющими одинаковую высоту (отметку) от урвеной поверхности.

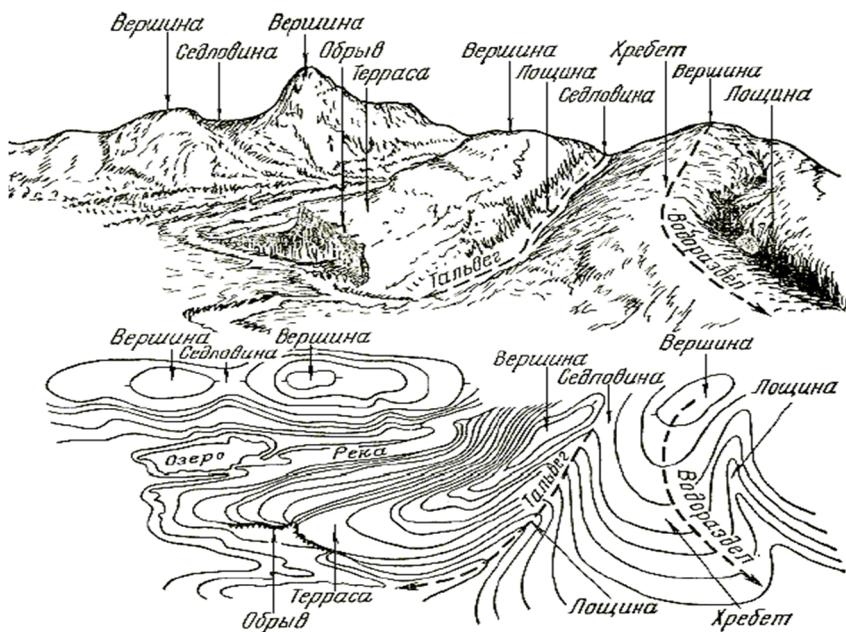


Рис. 6. Принцип изображения рельефа местности горизонталями

Горизонталь вершины горы или холма вырождается в точку, а граница пруда или озера является одновременно горизонталью. Чем чаще на плане проведены горизонтали, тем более подробную информацию о рельефе можно получить. Обычно высота сечения, которая и определяет число горизонталей, зависит от масштаба плана и типа рельефа (крутизны склонов) и меняется от нескольких дециметров до метров. На плане указывают отметку, которой соответствует та или иная горизонталь. Кроме того, указывают отметки характерных точек местности: вершины холма, седловины и др.

Главными элементами содержания топографических планов, кроме рельефа, являются:

1. Геодезическая основа (координатная сетка, пункты съемочного обоснования, пункты государственной геодезической сети).

2. Гидрология (реки, озера, ручьи, родники, гидротехнические сооружения и т. д.).

3. Объекты промышленного и гражданского назначения (жилые дома, промышленные сооружения, скважины, карьеры, эстакады и т. д.).

4. Пути сообщения (автомобильные дороги, железные дороги, трети, дорожные сооружения и т. д.).

5. Почвенно-растительный покров (грунты и микроформы земной поверхности, болота, леса, кустарники, луга, пашни, сельхозугодья и т. д.).

6. Границы и ограждения (ограды, заборы, ограждения, границы и т. д.).

Все эти элементы отображаются общепринятыми условными знаками, кроме того, у большинства элементов содержания планов, карт указываются характеристики и названия, получаемые из справочных материалов.

Применяя сетку координат, можно у каждой точки плана (карты) определить геодезические координаты; используя рамку трапеции (границы листа карты) можно у каждой точки определить географические координаты.

Топографические карты (масштабов от 1:10 000 до 1:1 000 000) необходимы в строительстве для трассирования путей сообщений, каналов, газо-, нефтепроводов, выбора места сооружения крупного промышленного комплекса (металлургического завода, ГЭС, ТЭЦ, химического комбината и т. д.), с тем чтобы учесть не только особенности рельефа, наличие естественных препятствий (рек, оврагов, крупных склонов), но и существующие, способствующие строительству объекты (дороги, ЛЭП, ЛЭС, населенные пункты и многое другое). При проектиро-

вании эти множественные факты определяются по топографическим картам, и учет их способствует экономии при строительстве и эксплуатации объекта или, наоборот, значительному перерасходу средств при пренебрежении картографическими данными.

Как правило, в строительном-монтажном производстве используют планы, на которых в крупных масштабах (1:200–1:10 000) изображаются сравнительно небольшие участки местности. Участку местности размером 100×100 м соответствует на плане площадка 50×50 см (1:200) или 1×1 см (1:10 000).

Важнейшие геодезические работы – съемки местности, в результате которых появляются планы, карты. Различают несколько видов съемок:

- горизонтальная (теодолитная) съемка;
- вертикальная (нивелирная) съемка;
- топографическая съемка.

Результатом горизонтальной съемки является ситуационный план, где отсутствуют горизонталы (рельеф). Такие планы используются в основном в землеустройстве.

В результате вертикальной съемки получают всю информацию о рельефе, т. е. можно с высокой точностью определить высоты (отметки) любых точек над уровенной или какой-то условной поверхностью. Такие съемки используют в основном при планировке площадок под строительство.

Топографические съемки представляют собой соединение предыдущих видов съемок. В результате топографической съемки должен быть получен план или карта с изображением ситуации и рельефа. Существует несколько методов топографической съемки:

1. Тахеометрическая съемка.
2. Мензольная съемка.
3. Комбинированная съемка.
4. Стереофототопографическая съемка.
5. Съемка с применением глобальных навигационных спутниковых систем.

Завтра в путь мне отправляться надо.  
Жизнь передо мною – чистый лист,  
И меня переполняет радость,  
Потому что я – геодезист!

*А. Томилов*

### 3. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ

Перед выполнением топографической съемки создается съемочное обоснование, это необходимое для топосъемки количество точек, закрепленных на местности различными способами. У каждой точки определяются геодезические координаты и отметки. При полевых методах топосъемок с точек съемочного обоснования производится съемка, т. е. набор пикетов. Пикет – это характерная точка рельефа или контура, на которую производятся измерения. Выбор местоположения пикетов – очень ответственная работа, т. к. от этого зависят полнота и точность будущего плана.

*Тахеометрическая съемка* применяется для создания планов или цифровых моделей местности небольших участков или узких полос в крупных масштабах (1:500–1:5000). Ее результаты используют при ведении земельного или городского кадастра, для планировки населенных пунктов, проектирования отводов земель, мелиоративных мероприятий, при изысканиях линейных объектов, дорог, ЛЭП, ЛЭС, трубопроводов и т. д.

Термин «тахеометрия» в переводе с греческого обозначает «быстрое измерение». Быстрота измерений достигается тем, что положение снимаемой точки местности в плане и по высоте определяется одним наведением трубы теодолита или тахеометра на рейку, установленную в этой точке.

Обязательным элементом тахеометрической съемки должен быть абрис. Абрис – это схематический чертеж местности. На абрис глазомерно наносят все контуры местности и показывают местоположение речных точек (пикетов). Ранее тахеометрическая съемка производилась теодолитами, была весьма трудоемкой, поэтому применялась в редких случаях.

С появлением электронных тахеометров и компьютерных программ по обработке результатов полевых измерений процесс тахеометрической съемки максимально автоматизирован, поэтому в настоящее время данный вид съемки занял лидирующее положение при топографической съемке небольших по площади территорий.

Главным недостатком тахеометрической съемки является то, что процесс вычерчивания плана происходит не на месте съемки, а в так называемых камеральных условиях, с использованием абриса, поэтому невозможно выявить допущенные промахи путем сличения плана с местностью.

*Мензольная съемка* применяется также на небольших участках. Мензольная съемка выполняется на чертежной основе из высококачественной чертежной бумаги, нанесенной на алюминевую пластину, которая прикрепляется к мензуле (столлик с идеально ровной рабочей поверхностью).

Съемка рельефа и контуров производится с помощью мензулы и номограммного кипрегеля – специального углоначертательного прибора. Термин «кипрегель» произошел от немецких слов *hürpen* – кланяться, *regel* – правило.

В процессе этой съемки топоплан местности составляется непосредственно в поле, что позволяет сопоставлять полученный план с изображаемой местностью, обеспечивая тем самым своевременный контроль качества съемки. Это единственное достоинство мензольной съемки. Из-за большого объема полевых работ и большой трудоемкости в настоящее время она почти не применяется.

*Комбинированная съемка* также производится с помощью мензулы и кипрегеля, но не на чистой основе (ватмане), а на фотоплане.

Фотоплан – это фотографическое изображение местности, составленное из рабочих площадей трансформированных аэрофотоснимков или космических снимков. В результате процесса трансформирования на снимках устраняют искажение за наклон

и за рельеф и приводят снимки к одному масштабу, а именно к масштабу создаваемой карты, плана. Поэтому фотоплан – это ортогональная проекция местности на плоскость, уменьшенная до масштаба создаваемой карты, плана.

Данный вид съемки состоит из комбинации камеральных и полевых работ. В результате камеральных работ создается фотоплан, на котором изображены все контуры (вся ситуация); в результате полевых работ при помощи мензулы и кипрегеля производят работы по съемке рельефа, а также выполняют сплошное дешифрирование снимаемого объекта.

Дешифрирование – это распознавание объектов, изобразившихся на снимках, а также сбор информации о названиях и характеристиках объектов.

В настоящее время из-за появления более автоматизированных и менее трудоемких методов топографических съемок комбинированная съемка потеряла свою актуальность.

*Стереофототопографическая съемка* – применяется при картографировании больших территорий, т. к. в этом методе съемки полевые работы сведены к минимуму, а именно к определению координат и отметок необходимого числа точек (опознаков) хорошо опознаваемых на аэрофотоснимках или космических снимках. Этот процесс называется привязкой аэрофотоснимков к какой-либо системе координат. Основные затраты приходятся на получение аэроснимков, поэтому чем больше площадь съемки, тем выгоднее данный метод.

Оригинал карты создают по стереомодели на специальных универсальных приборах или используя предназначенные для этих целей компьютерные программы. Процесс дешифрирования также осуществляют по стереомодели. Если раньше использовали в основном аэрофотоснимки, полученные с использованием самолетов, то в настоящее время широко применяются получили космические снимки и снимки, полученные с беспилотных летательных аппаратов.

*Съемка с применением глобальных навигационных спутниковых систем.* В настоящее время приняты в эксплуатацию две

навигационные спутниковые системы – ГЛОНАСС и GPS. Суть данного вида съемки заключается в том, что, применяя специальную спутниковую аппаратуру (приемники) и прилагаемое к ней программное обеспечение, автономно определяют координаты и высоты точек земной поверхности, которые в дальнейшем используют для создания плана (карты).

По трудоемкости, времени съемки, затратам, точности данный вид съемки близок к тахеометрической съемке с применением электронных тахеометров. Этот вид съемки наиболее молодой и перспективный.

Для того чтобы выполнить топо съемку любым методом, необходимо создать съемочное геодезическое обоснование. Это необходимое количество точек, закрепленных на местности различными способами, которые используются в процессе топографической съемки, т. к. у них определены координаты и известны отметки в единой по всей стране системе координат и высот.

Кроме того, одна из важнейших операций при проектировании строительства того или иного объекта – привязка его на плане (карте) или на местности, т. е. определение углов, расстояний, высотных отметок, характерных точек или линий объекта (ось автодороги, центр мачты, оси зданий и т. д.) по отношению к каким-либо пунктам (точкам), уже существующим и строго обозначенным на местности, нанесенным на карты и планы. Эти пункты образуют инженерно-геодезическую сеть.

Методы создания инженерно-геодезической сети, как и съемочного геодезического обоснования, одинаковы, а именно: разрядная полигонометрия, теодолитный ход, линейные и угловые (прямые и обратные) засечки, аналитические сети, полярный метод и т. д. Однако в настоящее время при создании планового съемочного геодезического обоснования или плановой инженерно-геодезической сети все чаще используют спутниковые навигационные системы GPS или ГЛОНАСС, т. к. координаты пунктов и отметки пунктов определяются автономно и быстро.

Я, изыскатель по призванию,  
Свой путь связал с таким законом:  
Идти кратчайшим расстоянием  
и с минимальнейшим уклоном...

*Л. Косс*

## 4. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ

Геодезические сети принято подразделять в зависимости от точности, плотности, назначения и последовательности их создания на следующие виды:

1. Государственные геодезические сети.
2. Геодезические сети сгущения.
3. Съёмочные геодезические сети.

Чтобы создать съёмочное геодезическое обоснование или инженерно-геодезические сети в единой государственной общероссийской системе координат, нужна привязка к пунктам, у которых координаты определены с более высокой точностью и которые находятся в единой государственной системе координат. Такие пункты, специально созданные геодезической службой и покрывающие всю территорию нашей страны, называются государственной геодезической сетью.

Государственная геодезическая сеть (далее ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории и закрепленных на местности специальными центрами, обеспечивающими их сохранность в плане и по высоте в течение длительного времени.

ГГС включает в себя также пункты с постоянно действующими наземными станциями спутникового автономного определения координат на основе использования спутниковых навигационных систем с целью обеспечения возможностей определения координат потребителями в режиме, близком к реальному времени.

ГГС предназначена для решения следующих основных задач, имеющих хозяйственное, научное и оборонное значение:

– установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;

– геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;

– геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;

– обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред;

– изучение поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;

– изучение геодинамических явлений;

– метеорологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования.

Государственная геодезическая сеть России включает в себя:

– плановые сети 1, 2, 3, 4-го классов, которые различаются между собой точностью, длиной сторон и порядком их последовательного развития;

– высотные нивелирные сети I, II, III и IV классов.

Взаимные линейное, угловое и высотное положения точек государственной геодезической сети строго определены путем высокоточных измерений на местности и последующих расчетов.

Государственная плановая геодезическая сеть 1-го класса обычно представляет собой системы примыкающих друг к другу полигонов, стороны которых длиной примерно по 200 км располагаются вдоль меридианов и параллелей. Каждая сторона четырехугольника состоит из треугольников, взаимное расположение вершин которых определяют путем измерения всех углов, необходимого числа базисных сторон; координаты нескольких пунктов, находящихся в углах полигона, определяют по астрономическим измерениям (пункты Лапласа).

Государственная геодезическая сеть 2-го класса строится внутри полигонов 1-го класса в виде сплошной сети треугольников. Пункты геодезических сетей 3-го и 4-го классов представляют собой отдельные системы треугольников, опирающихся на сети высших классов. Этот способ создания ГГС называется триангуляцией, кроме него применялись способы: полигонометрия и трилатерация. У каждого способа свои достоинства и недостатки.

Угловые и линейные измерения при построении геодезической сети отличаются высокой точностью. Так, для сети высших классов при определении стороны треугольников длиной 20 км допускается ошибка 10–15 см, а при определении угла – лишь одна-две секунды.

Высотные (нивелирные) государственные геодезические сети также делятся на 4 класса и являются основой, с помощью которой устанавливается единая система высот на всей территории России. Линии нивелирования 1-го класса прокладывают по специальной схеме, часто по автомобильным и железным дорогам, обычно в виде замкнутых полигонов (многоугольников) периметром до 1200 км. Линии нивелирования 2-го класса прокладывают между пунктами 1-го класса – полигонами с периметром 500–600 км. Дальнейшее сгущение осуществляется сетями нивелирования 3-го и 4-го классов. Точность измерений определяется классом работ. По линиям 1-го класса ошибка в определении высотных отметок на длине 1 км не должна превышать 0,5 мм.

Высотная и плановая геодезические сети высших классов помимо основы для развития сетей низких классов служат для изучения Земли как планеты, ее формы, размеров, решения ряда научных задач геодезии.

Каждый пункт государственной геодезической сети закрепляется на местности путем закладки на глубину 1,5–2 м бетонного блока с заделанной в бетон металлической маркой, обозначающей вершину. Для видимости устанавливают геодезические знаки, представляющие собой деревянные и металлические сигналы или пирамиды. ГГС создается за счет средств феде-

рального бюджета, относится к федеральной собственности и находится под охраной государства.

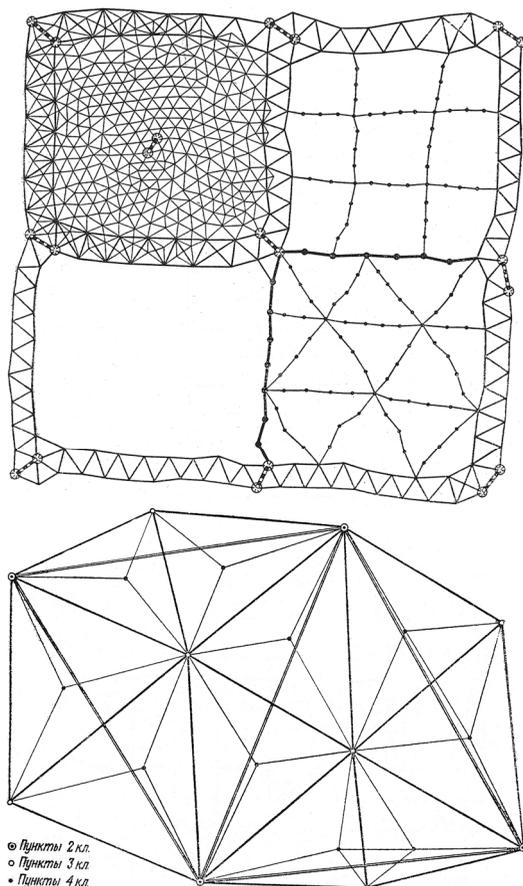


Рис. 7. Схемы развития сетей триангуляции 1–4-го классов

ГГС создана и уравнена в единой государственной системе координат. В России долгое время использовалась система координат 1942 г. (СК-42), но с появлением более точных методов измерений, в том числе спутниковых навигационных систем GPS, ГЛОНАСС, была создана и принята единая государствен-

ная система координат 1995 г. (СК-95). Объем измерительной астрономо-геодезической информации, обработанной для введения системы координат 1995 г. (СК-95), превышает на порядок соответствующий объем информации, использованной для установки системы координат 1942 года (СК-42).

Точность определения взаимного планового положения пунктов, полученная в результате заключительного уравнивания АГС по состоянию на 1995 г., характеризуется средними квадратическими ошибками:

0,02–0,04 м для смежных пунктов;

0,25–0,80 м при расстояниях от 1 до 9000 км.

Построение сети на качественно новом, более высоком уровне точности – составная часть новой высокоэффективной государственной системы геодезического обеспечения территории Российской Федерации, основанной на применении методов космической геодезии и использовании глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS.

Государственная геодезическая сеть, создаваемая в соответствии с настоящими Основными положениями, структурно формируется по принципу перехода от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности:

– фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС), расстояние между пунктами 650–1000 км;

– высокоточную геодезическую сеть (ВГС), расстояние между пунктами 150–300 км;

– спутниковую геодезическую сеть 1-го класса (СГС-1), расстояние между пунктами 25–35 км.

В указанную систему построений вписываются также существующие сети триангуляции и полигонометрии 1, 2, 3 и 4 классов.

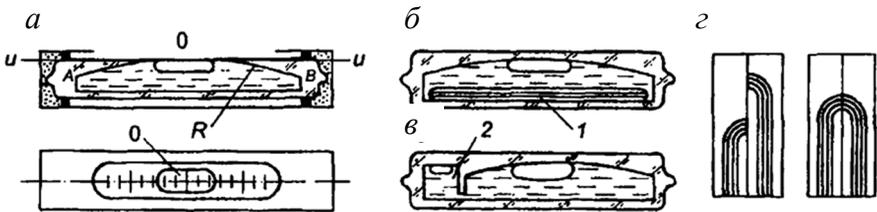
На основе новых высокоточных пунктов спутниковой сети создаются постоянно действующие дифференциальные станции с целью обеспечения возможностей определения координат потребителями в режиме, близком к реальному времени.

... Так кто же первый на земле,  
 На море, на луне и в небе,  
 И в ком нуждаются везде,  
 Как в воздухе, воде и хлебе?  
 Топограф, скромный и простой,  
 Без шума, орденов и славы  
 Идет звериною тропой,  
 Одолевает переправы...

*Т. Мещерякова*

## 5. ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Во всех современных геодезических приборах имеется цилиндрический уровень и зрительная труба. Цилиндрический уровень служит для приведения осей и плоскостей в горизонтальное либо вертикальное положение. По форме различают цилиндрические и круглые уровни. Цилиндрический уровень (рис. 8) представляет собой стеклянную трубку (ампулу), внутренняя поверхность которой в вертикальном продольном разрезе имеет вид дуги. Внутри ампулы жидкость (серный эфир или спирт) и воздушный пузырек.



*Рис. 8.* Типы цилиндрических уровней:

*a* – разрез уровня и вид сверху; *б* – компенсированный; *в* – камерный; *г* – контактный; 0 – нуль-пункт; 1 – стеклянная трубка; 2 – запасная камера; 3 – радиус кривизны ампулы

Для защиты от повреждения ампула заключается в металлическую оправу. Средний штрих 0 шкалы принимается за ну-

левой и называется нуль-пунктом. Касательная линия к нуль-пункту называется осью уровня. Для того чтобы не было ошибок, вызванных неправильным положением уровня, у него есть исправительный (юстировочный) винт уровня. Центральный угол  $\tau$ , соответствующий одному делению (2 мм) ампулы, называется ценой деления уровня. Чем меньше цена деления, тем чувствительнее уровень. Более чувствительные уровни устанавливаются на более точных приборах и инструментах.

Для визирования (наблюдения) на удаленные наблюдаемые предметы (визирные цели) в геодезических приборах используют зрительные трубы. Они бывают прямого и обратного изображения.

Перед наблюдением зрительная труба должна быть отфокусирована. Фокусированием называется установка трубы таким образом, чтобы в поле зрения было отчетливо видно изображение визирной цели, т. е. наблюдаемого предмета.

Конструкция современных зрительных труб обеспечивает большое увеличение – до  $40^{\times}$  при малой длине трубы. Оптическая система трубы (рис. 9) состоит из объектива, окуляра, внутренней фокусирующей линзы, которая перемещается внутри трубы вращением кремальеры (винт или кольцо) и сетки нитей.

Для наведения на визирную цель в трубе установлена сетка нитей. В окулярном кольце вблизи переднего фокуса окуляра помещается металлическая оправка, в которую вставлена стеклянная пластинка с нанесенной на ней сеткой нитей (рис. 10).

Сетка нитей представляет собой систему штрихов, расположенных в плоскости изображения, даваемого объективом зрительной трубы. Основные штрихи сетки используются для наведения трубы в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Двойной вертикальный штрих называется биссектором сетки нитей. Визирование на наблюдаемую цель биссектором производится точнее, чем одной нитью. Точка пересечения основных штрихов сетки нитей (либо осей заменяющих их биссекторов) называется перекрестием сетки нитей.

Воображаемая линия, соединяющая перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива, называется визирной осью трубы, а ее продолжение до наблюдаемой цели – линией визирования. Линия, проходящая через оптические центры объектива и окуляра, называется оптической осью трубы.

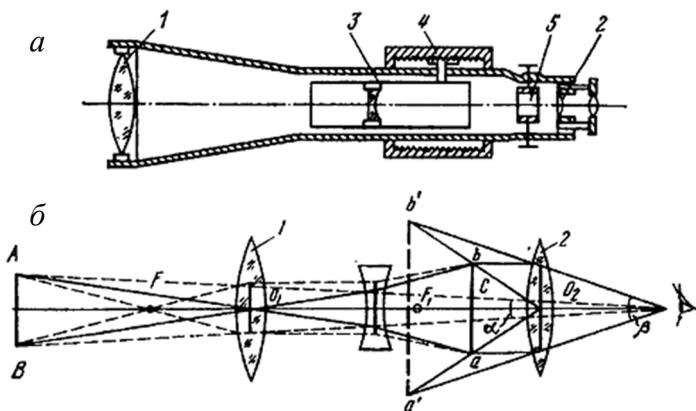


Рис. 9. Зрительная труба:

*a* – продольный разрез; *б* – ход лучей в зрительной трубе; 1 – объектив; 2 – окуляр; 3 – фокусирующая линза; 4 – кремальера; 5 – сетка нитей

Для правильной установки сетки нитей ее оправа снабжена исправительными (юстировочными) винтами: двумя горизонтальными – 1 и двумя вертикальными – 2 (рис. 10), которые закрываются навинчивающимся колпачком. С помощью каждой из пар исправительных винтов сетку нитей можно перемещать в небольших пределах в горизонтальной и вертикальной плоскостях, изменяя тем самым положение визирной оси зрительной трубы.

При визировании на цель наблюдатель должен отчетливо видеть в поле зрения трубы штрихи сетки нитей и изображение рассматриваемого предмета. Для выполнения этого условия должны быть выполнены действия, составляющие установку зрительной трубы для наблюдения. Полная установка трубы для наблюдения складывается из установки ее по глазу и по предмету.

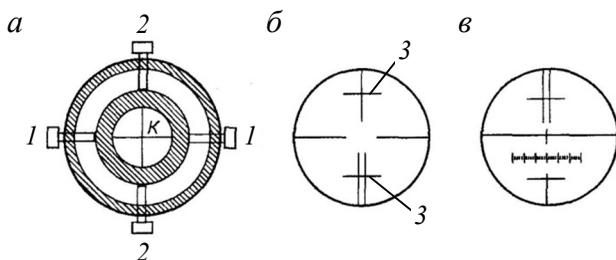


Рис. 10. Сетка нитей зрительной трубы:  
*а* – схема закрепления сетки нитей; *б* – сетка теодолитов Т-5, Т-30; *в* –  
 сетка теодолитов Т-15М, Т-30М

1. Установка трубы по глазу производится перемещением диоптрийного кольца окуляра до получения четкой видимости штрихов сетки нитей; она выполняется каждым наблюдателем соответственно остроте его зрения и периодически проверяется.

2. Установка трубы по предмету (фокусирование) для получения отчетливого изображения визирной цели осуществляется перемещением фокусирующей линзы с помощью кремальеры (кремальерного винта или кольца). При наблюдении предметов, расположенных на различных расстояниях от прибора, фокусирование приходится проводить каждый раз заново.

У сетки нитей имеются дальномерные нити 3, при помощи их и специальной рейки определяются расстояния до визирной цели.

Итак, мы с вами уже знаем, что основные исходные операции, с которыми приходится иметь дело геодезисту, – это измерение расстояний, углов, превышений. Как же эти операции осуществляются, с помощью каких инструментов, приборов, приспособлений?

## 5.1. Измерение линий

Простейшие инструменты для линейных измерений – мерные ленты, рулетки. Мерная лента представляет собой стальную

полосу шириной 10–15 мм, толщиной 0,4–0,5 мм с длиной шкалы 20, 24, 50 м и делениями через дециметр. На некоторых лентах первый и последний дециметры разделены на миллиметровые деления. Стальные измерительные рулетки имеют длину шкалы 5, 10, 20, 30 или 50 м. Цена деления обычно 1 мм (рис. 11).

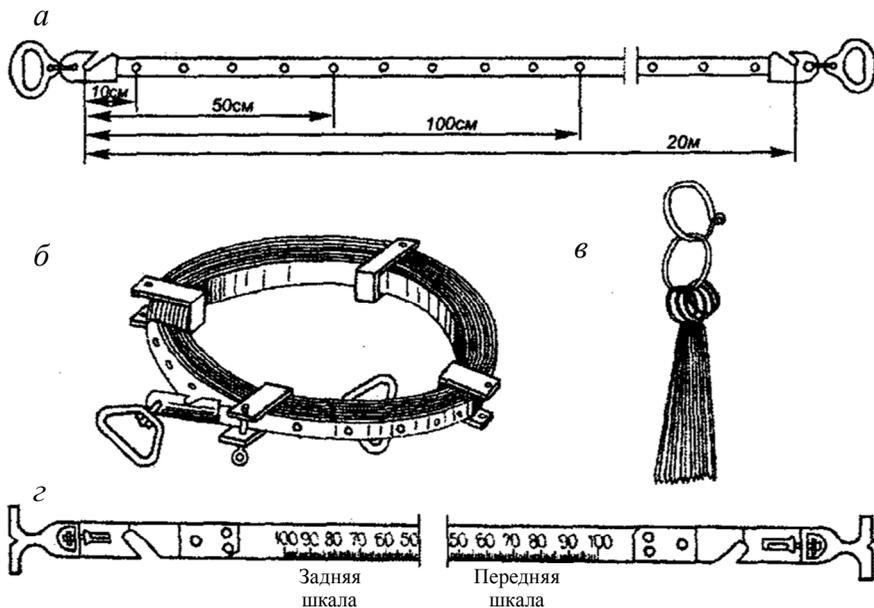


Рис. 11. Мерные ленты:

*а* – штриховая лента; *б* – вид в сборке; *в* – комплект шпилек; *г* – шкаловая лента

Относительная погрешность при измерениях лентой или рулеткой зависит от класса инструмента, категории местности, методики измерений и колеблется от 1:1000 до 1:3000, т. е. при точных измерениях линий 300-метровой длины ошибка не должна превышать 10 см (рис. 12).

При полевых методах топосъемки расстояния до пикетов измеряют при помощи нитяного дальномера (оптический дальномер

с постоянным углом). В зрительной трубе находится сетка нитей. При наведении трубы на рейку дальномерные нити сетки накладываются на рейку. Конструкция трубы такова, что отрезок на рейке между нитями виден всегда под одним и тем же углом, т. е. с увеличением расстояния увеличивается и отрезок на рейке (рис. 13). Величина отрезка считается по сантиметровым делениям. Измеренное расстояние определяется путем умножения отрезка, взятого по рейке, на коэффициент, которой равен, как правило, 100. Дальномерные нити имеются на сетке нитей практически всех геодезических приборов. Точность измерения расстояний небольшая. Относительная ошибка равна от 1:300 до 1:400.

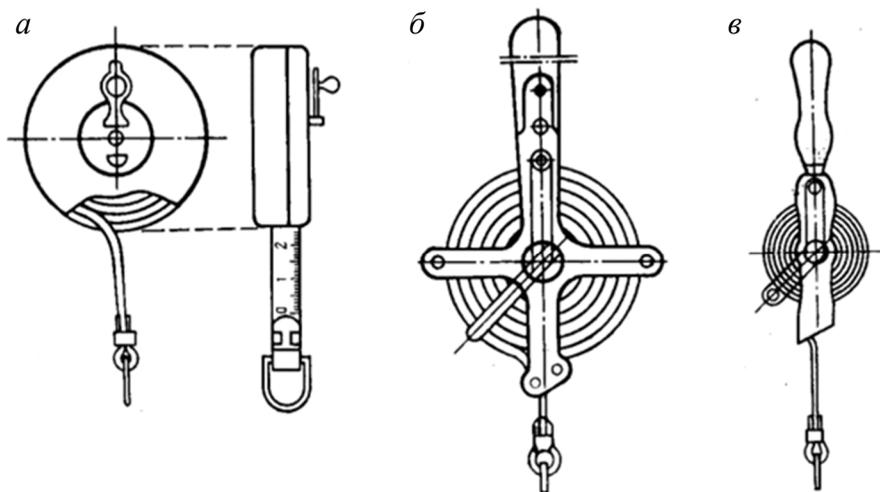


Рис. 12. Рулетки:

*a* – в корпусе типа РЗ; *б* – на крестовине; *в* – на вилке

Некоторое время назад использовались дальномеры двойного изображения (Д-2, ДН-8 и др.), у которых, в отличие от нитяного дальномера, измеряется угол на постоянный отрезок, названный базисной рейкой. Относительная точность дальномеров двойного изображения в среднем 1:3000 (рис. 14).

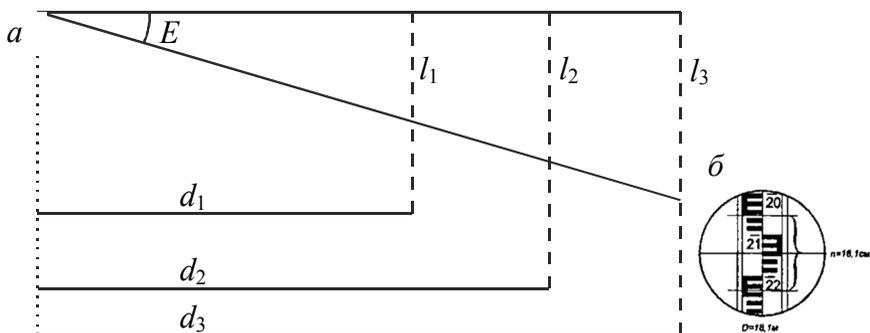


Рис. 13. Определение расстояния нитяным дальномером:

*a* – принцип измерения расстояния оптическим дальномером с постоянным параллактическим углом; *E* – параллактический угол;  $l_1, l_2, l_3$  – число делений, взятых по рейке для трех расстояний;  $d_1, d_2, d_3$  – измеренные расстояния; *б* – пример определения расстояния

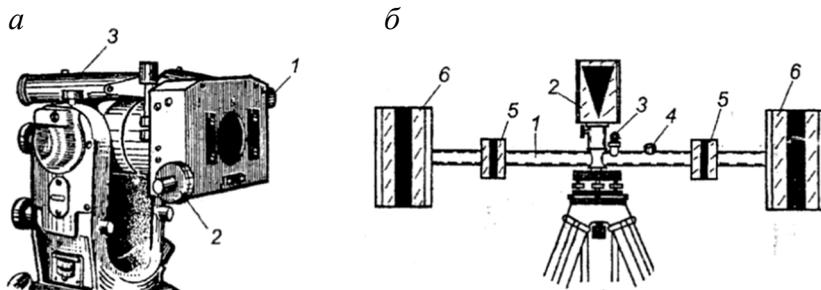


Рис. 14. Дальномерный комплект ДН-8:

*a* – теодолит с дальномерной насадкой; *б* – базисная рейка на штативе

В настоящее время широкое распространение получили более сложные приборы – электронные дальномеры. В зависимости от назначения они отличаются по точности измерения расстояния и по дальности измеряемого расстояния:

– электронные рулетки – дальность до 200 м, относительная ошибка 1:10 000;

– топографические электронные дальномеры – дальность до 5000 м, относительная ошибка 1:10 000–1:50 000;

– геодезические электронные дальномеры – дальность до 40 000 м, относительная ошибка 1:100 000 – 1:500 000.

Геодезические приборы для измерений расстояний, основанные на принципах электронного измерения времени или производной времени распространения электромагнитных волн между конечными точками измеряемой линии, называются электронными дальномерами.

По виду несущих электромагнитных колебаний электронные дальномеры подразделяются на светодальномеры (рис. 15) и радиодальномеры. У светодальномеров несущая частота находится в инфракрасном диапазоне, у радиодальномеров – в СВЧ-диапазоне радиоволн. В настоящее время радиодальномеры не получили широкое распространение.

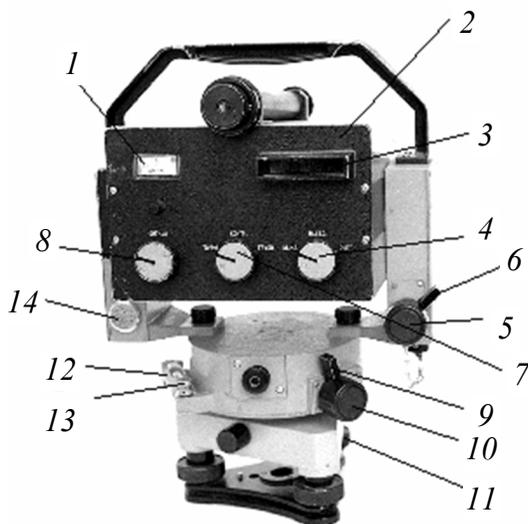


Рис. 15. Светодальномер СТ-5:

1 – стрелочный прибор; 2 – лицевая панель; 3 – цифровое табло; 4, 7 – переключатель; 5, 10 – головки винтов наводящих устройств; 6, 9 – рукоятки закрепительных винтов; 8 – ручка СИГНАЛ; 11 – окуляр оптического центра; 12 – цилиндрический уровень; 13 – юстировочные гайки уровня; 14 – микротелефон

Электронные дальномеры обладают рядом преимуществ:  
– возможностью измерений больших расстояний с высокой точностью;

– возможностью выполнения измерений при наличии различных препятствий в створе линий (болот, рек, оврагов и т. д.);  
– высокой экономичностью работ.

Используются лазерные источники излучения (газовые лазеры, полупроводниковые светодиоды и т. п.).

Светодальномер состоит из двух основных узлов: приемопередатчика и отражателя, устанавливаемых на концах измеряемой линии. Отражатель предназначен для отражения падающего на него пучка светового сигнала в обратном направлении к приемопередатчику.

Искомое расстояние определяется как

$$D = v \frac{t}{2}, \quad (1)$$

где  $t$  – время прохождения сигнала до отражателя и обратно;  $v$  – скорость распространения электромагнитных колебаний (света) в атмосфере, определяемая по формуле

$$v = \frac{c}{n}, \quad (2)$$

где  $c$  – скорость света в вакууме ( $c = 299\,792\,458$  м/с);  $n$  – показатель преломления воздуха, зависящий от атмосферного давления, температуры и влажности.

Так как время  $t$  измерить с необходимой точностью практически невозможно, то измеряется разность одного из параметров электромагнитных колебаний между опорным и отраженным сигналами, для чего передатчиком сигнал разделяется на два абсолютно одинаковых и посылается на измерительное устройство двумя различными путями: сразу на измерительное устройство (без выхода на дистанцию) – опорный и на отражатель, который, отразившись, так же попадает на измерительное устройство (отраженный). В измерительном устройстве осуществляется сравнение обоих сигналов по избранному перимет-

ру, другими словами, измеряется их различие по данному параметру. Например, у фазовых дальномеров измеряется разность фаз, не меняющаяся во времени, в то время как фазы обоих сигналов меняются с огромной, но одинаковой скоростью. Разность фаз пропорциональна времени прохождения сигнала до отражателя и обратно.

Для измерения расстояния в современных светодальномерх используют амплитудно-модулированный световой поток. Под амплитудной модуляцией у светодальномеров понимают изменение амплитуды светового потока под воздействием так называемых масштабных электромагнитных колебаний.

Частоту световых колебаний называют несущей частотой. Длина волны этих частот находится в пределах 0,8–0,9 мкм. (инфракрасное излучение). Электромагнитные колебания несущей частоты имеют свои достоинства, как то:

- на скорость их распространения слабо оказывают влияние температура, влажность, давление;
- не нужны приемо-передающие системы больших размеров;
- не огибают препятствия.

Но они не пригодны для измерения разности фаз и разрешения неоднозначности.

Эти задачи решаются при помощи масштабных частот с длиной волны 5–30 м, т. е. электромагнитные колебания короткого радиодиапазона.

Чтобы использовать положительные для светодальномерных измерений качества обеих частот, применяют процесс, называемый модуляцией.

## **5.2. Измерение и построение направлений и углов**

Основной прибор для измерения углов в горизонтальной и вертикальной плоскости – теодолит.

Существующие типы теодолитов различаются по точности и виду отсчетных устройств.

В зависимости от точности измерения горизонтальных углов теодолиты могут быть разделены на три типа.

1. Высокоточные Т05 и Т1, предназначенные для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 1 и 2-го классов.

2. Точные Т2 – для измерения углов в триангуляционных сетях и полигонометрии 3 и 4-го классов, Т5 – для измерения углов в полигонометрии 1 и 2-го разрядов.

3. Технические Т15, Т30 и Т60 – для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах, съемочных сетях, для горизонтальной и тахеометрической съемки, а также для выполнения разбивочных работ на местности.

В условных обозначениях теодолитов цифра означает среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла одним приемом в секундах; для теодолита Т5  $m_b = 5''$ , для Т30  $m_b = 30''$  и т. д.

По виду отсчетных устройств различают верньерные, оптические и электронные теодолиты (рис. 16). Отсчетные устройства в виде верньеров использовались в теодолитах с металлическими кругами (ТТ-50, Т-5 и др.). Теодолиты со стеклянными угломерными кругами и оптическими отсчетными устройствами называются оптическими; в них с помощью оптической системы изображения горизонтального и вертикального кругов передаются в поле зрения специального микроскопа. У электронных теодолитов используется электронный штрихкодový принцип считывания. Результаты считываний передаются на дисплей теодолита, поэтому скорость взятия отсчетов у электронных теодолитов на порядок выше, чем у оптических или верньерных.

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются только оптические и электронные теодолиты.

Основной частью теодолита является механическая конструкция, состоящая из лимба и алидады, которую обобщенно принято называть горизонтальным кругом. В процессе измерения горизонтального угла плоскость лимба должна быть гори-

горизонтальной, а его центр – устанавливаться на отвесной линии, проходящей через вершину измеряемого угла.

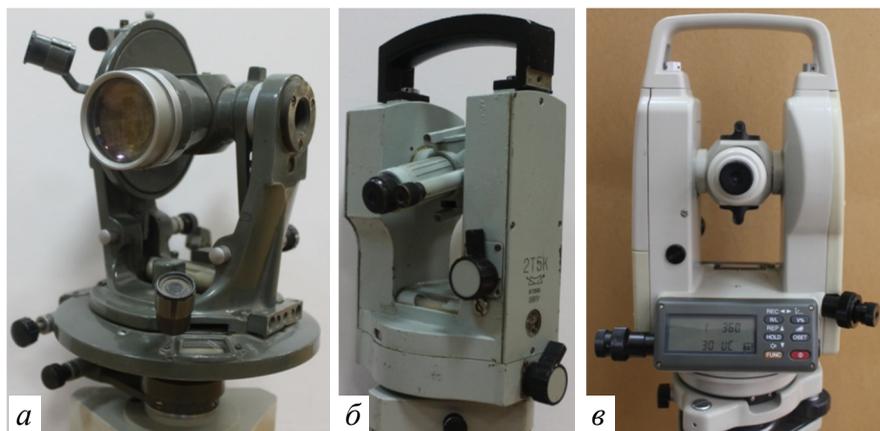


Рис. 17. Типы теодолитов по виду отсчетных устройств:  
а – верньерный; б – оптический; в – электронный

Рассмотрим подробнее основные части теодолита (рис. 17).

В соответствии с принципом измерения горизонтального и вертикального углов конструкция теодолита должна включать следующие части.

Основной частью теодолита является механическая конструкция, состоящая из лимба 3 и алидады 2, которую обобщенно принято называть горизонтальным кругом. В процессе измерения горизонтального угла плоскость лимба должна быть горизонтальной, а его центр – устанавливаться на отвесной линии, проходящей через вершину измеряемого угла.

Отвесная линия  $ZZ$ , проходящая через ось вращения алидады горизонтального круга, называется осью вращения теодолита.

Ось вращения теодолита  $ZZ$  устанавливается в отвесное положение (плоскость лимба – в горизонтальное положение) по цилиндрическому уровню 9 с помощью трех подъемных винтов 1 трегера 10. Лимб и алидада снабжены зажимными (закре-

пительными) винтами, служащими для закрепления их в неподвижном положении, и наводящими винтами для их медленного и плавного вращения.

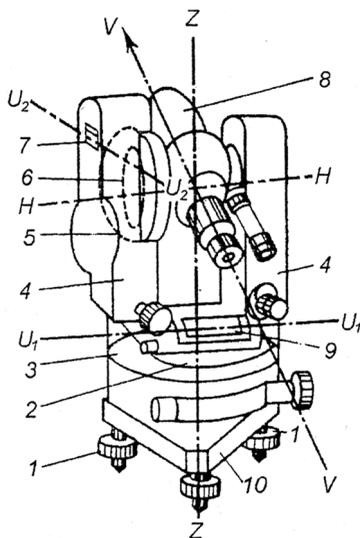


Рис. 16. Принципиальная схема теодолита:

$ZZ$  – ось вращения теодолита;  $VV$  – визирная ось;  $HH$  – ось вращения трубы;  $UU$  – ось уровня горизонтального круга; 1 – подъемные винты трегера; 2 – алидада; 3 – лимб; 4 – колонка; 5 – вертикальный круг; 6 – алидада вертикального круга; 7 – цилиндрический уровень вертикального круга; 8 – зрительная труба; 9 – цилиндрический уровень горизонтального круга; 10 – трегер

Визирование на наблюдаемые цели осуществляется зрительной трубой 5, визирная ось  $VV$  которой при вращении трубы вокруг горизонтальной оси  $HH$  образует проектирующую плоскость, называемую коллимационной. Зрительная труба соединена с алидадой горизонтального круга с помощью колонок 4. На одном из концов оси вращения зрительной трубы закреплен вертикальный круг 5, на алидаде 6 которого имеется цилиндрический уровень 7. Зрительная труба имеет закрепительный и наводящий винты.

При измерениях теодолит обычно устанавливается на штативе. Штатив состоит из металлической верхней части – головки и трех раздвижных (переменной длины) деревянных ножек. Концы ножек снабжены металлическими острыми наконечниками для вдавливания их в грунт и надежного закрепления штатива над точкой. Теодолит закрепляется на штативе станковым винтом. К крючку станкового винта привязывается нить отвеса, служащая продолжением вертикальной оси вращения прибора  $ZZ$ . С помощью отвеса теодолит центрируется над точкой, т. е. устанавливается таким образом, чтобы ось вращения прибора проходила через вершину измеряемого угла. Станковые винты изготавливаются полыми, что дает возможность использовать для центрирования теодолита над точкой оптические центриры.

Для измерения угла теодолит центрируем в вершине измеряемого угла, по цилиндрическому уровню ось вращения теодолита приводят в отвесное положение (плоскость лимба – в горизонтальное положение), осуществляем визирование на наблюдаемые цели при помощи зрительной трубы. Вычисляем значение угла по формуле

$$\beta = a - b,$$

где  $a$  и  $b$  – отсчеты на визирные цели. При любых геодезических работах измерение угла всегда выполняется с контролем, т. е. неоднократно.

Все оси теодолита (ось вращения теодолита  $ZZ$ , ось вращения зрительной трубы  $HH$ , визирная ось  $VV$ , ось цилиндрического уровня  $UU$ ) должны быть взаимно перпендикулярны. Для обеспечения данного условия выполняются поверки и юстировки теодолитов.

### 5.3. Измерение превышений

В самом начале пособия мы уже говорили о нивелировании как о виде геодезических работ, в результате которых получают

превышение одной точки земной поверхности или сооружения над другой, с последующим вычислением их высот относительно принятой исходной поверхности. В России абсолютные высоты точек земной поверхности определяются в Балтийской системе высот, т. е. относительно нуля Кронштадтского футштока. Одни из простейших методик, фиксирующих различия высотных отметок, – гидростатическое и барометрическое нивелирование. Но данные методики из-за низкой точности фактически не применяются в геодезии. Из известных методов нивелирования наиболее точным и распространенным в практике является геометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование выполняют с помощью специальных геодезических приборов – нивелиров (рис. 18), обеспечивающих горизонтальное положение линии визирования в процессе измерений и нивелирных реек (рис. 19).

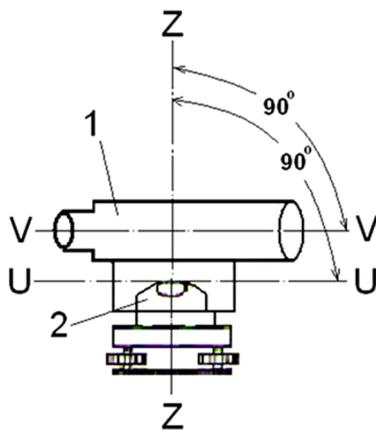


Рис. 18. Принципиальная схема нивелира с уровнем при зрительной трубе:

$ZZ$  – ось вращения нивелира;  $VV$  – визирная ось;  $UU$  – ось уровня; 1 – зрительная труба; 2 – цилиндрический уровень

Нивелир представляет собой сочетание зрительной трубы 1 с цилиндрическим уровнем 2 либо оптическим компенса-

тором, которые служат для приведения визирной оси трубы в горизонтальное положение. Нивелирные рейки имеют вид деревянных брусков с делениями, оцифрованными снизу (от «пятки» рейки) вверх. Превышения между точками определяют по отсчетам на рейках, отвесно устанавливаемых в этих точках.

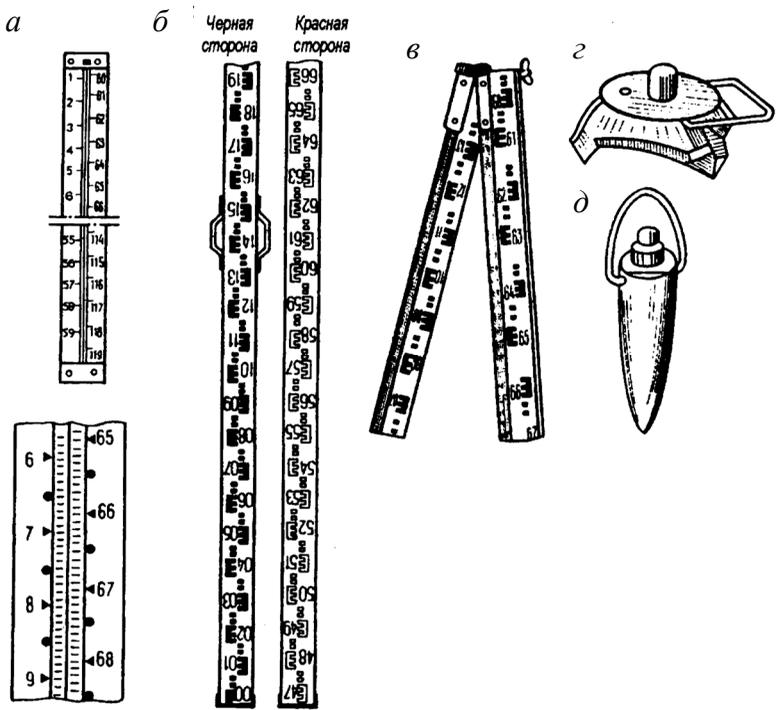


Рис. 19. Нивелирные рейки и приспособления для их установки:  
*а* – инварная, штриховая рейка; *б* – деревянная сплошная шашечная рейка; *в* – складная рейка; *г* – башмак; *д* – костыль

Главное условие нивелира – ось уровня *UU* должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы *IV*. Чтобы максимально уменьшить влияние этой непараллельности, выполняют поверку и юстировку нивелира с помощью юстировочных винтов уровня, кроме того применяют методику – нивелирование из

середины (рис. 20, 21). При нивелировании из середины (рис. 20) нивелир устанавливают на одинаковых расстояниях между точками  $A$  и  $B$ ; в этих точках отвесно устанавливают рейки и, последовательно визируя на рейки, берут отсчеты: по задней рейке  $a$ , по передней  $b$ .

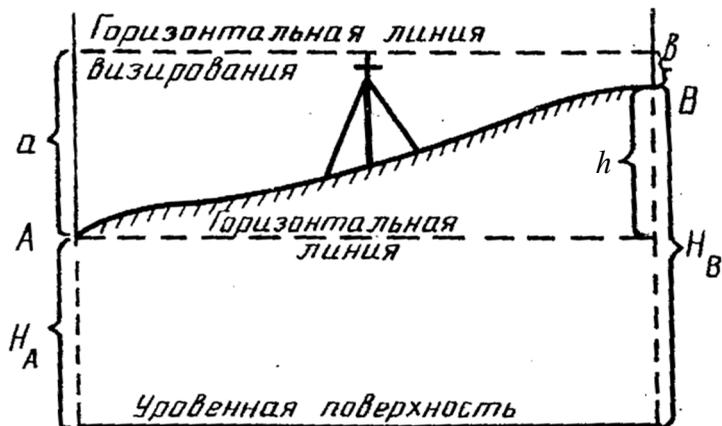


Рис. 20. Принцип нивелирования из середины:

$a$  – отсчет по задней рейке;  $b$  – отсчет по передней рейке;  $h$  – превышение;  $H_A, H_B$  – отметки точек  $A$  и  $B$

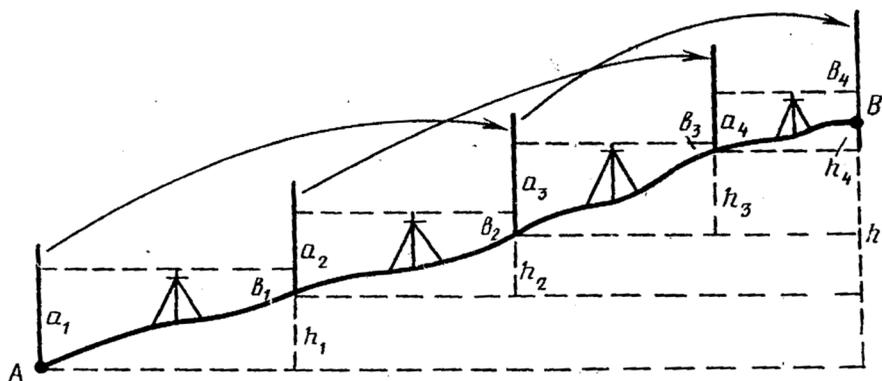


Рис. 21. Схема проложения нивелирного хода

Как видно из рис. 20, превышение точки  $B$  над точкой  $A$

$$h = a - b,$$

т. е. при нивелировании из середины превышение равно отсчету по задней рейке минус отсчет по передней рейке («взгляд назад» минус «взгляд вперед»).

Превышение будет положительным при  $a > b$  (передняя точка выше задней) и отрицательным при  $a < b$  (передняя точка ниже задней).

Нивелиры различаются по двум основным признакам: по точности и по способу приведения визирной оси в горизонтальное положение.

По точности нивелиры делятся на три типа:

1) Н-05 – нивелир высокоточный с оптическим микрометром для определения превышений с погрешностью не более 0,5 мм на 1 км двойного хода; предназначен для нивелирования I и II классов (рис. 22);



Рис. 22. Нивелир Н-05

2) Н-3 – нивелир точный для определения превышений с погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода; служит

для нивелирования III и IV классов и при инженерно-геодезических изысканиях;

3) Н-10 – нивелир технический для определения превышений с точностью не более 10 мм на 1 км двойного хода; предназначен для нивелирования при обосновании топографических съемок, при инженерно-геодезических изысканиях и в строительстве (рис. 23).



Рис. 23. Нивелиры 3Н-5Л и Н-10

По способу установки визирной оси в горизонтальное положение различают два типа нивелиров:

1) нивелиры с уровнем при зрительной трубе (Н-05, Н-3, Н-10);

2) нивелиры с компенсатором (Н-05К, Н-3К, Н-10К).

У нивелиров первого типа зрительная труба и цилиндрический уровень скреплены вместе и могут наклоняться на небольшой угол относительно подставки прибора с помощью элевационного винта; такая конструкция облегчает приведение визирной оси в горизонтальное положение по цилиндрическому уровню.

У нивелиров с компенсаторами (с самоустанавливающейся линией визирования) приближенная установка оси вращения прибора производится по круглому уровню; после этого в работу включается компенсатор, который автоматически приводит визирную ось в горизонтальное положение. Нивелиры с компенсаторами в последние годы получили широкое распространение в инженерно-геодезической практике, так как обеспечивают более высокую производительность труда, особенно при работе на неустойчивых грунтах. Точные и технические нивелиры могут изготавливаться также с лимбами для измерения горизонтальных углов; при этом в шифре нивелира добавляется буква Л (например, Н-3Л, 2Н-10КЛ). В настоящее время широко применяются лазерные и цифровые нивелиры, что в значительной мере повысило производительность труда.

#### **5.4. Электронные тахеометры**

Современные электронные тахеометры (рис. 24) объединяют в себе электронный теодолит, светодальномер, микроЭВМ с пакетом прикладных программ и регистратор информации (модуль памяти). Для управления работой прибора служит пульт управления с клавиатурой ввода данных и управляющих сигналов. Результаты измерений высвечиваются на экране дисплея (цифровом табло) и автоматически заносятся в карту памяти. Передача накопленной информации в компьютер может выполняться непосредственно из карты памяти либо путем подсоединения тахеометра к компьютеру с помощью интерфейсного кабеля.

В принципе, порядок производства электронной тахеометрической съемки аналогичен съемке, выполняемой оптическими тахеометрами. Результаты измерений вводятся в накопитель информации, из которого информация поступает на ЭВМ. По специальной программе выполняется окончательная обработка с получением данных, необходимых для построения цифровой модели местности или топографического плана.



*Рис. 24.* Электронный тахеометр NikonNivo 5M

Кроме топосъемки при помощи электронного тахеометра можно решать ряд задач: определение координат свободной станции методом обратной угловой и линейной засечек, определение площадей участков, определение неприступного расстояния и очень важную в геодезических работах при строительстве задачу – вынос элементов проекта на местность (вынос точек в натуру).

Использование электронных тахеометров позволяет создать автоматизированную технологическую цепочку: тахеометр – регистратор информации – компьютер – плоттер (принтер), сводя к минимуму ручной труд и личные ошибки исполнителя.

## **5.5. Спутниковые навигационные системы (спутниковые системы позиционирования)**

К новым геодезическим технологиям относятся методы определения координат точек (позиционирования) по сигналам со специальных спутников Земли, движущихся по определенным орбитам.

По мере развития науки и техники и повышения точности определения координат точек спутниковые навигационные системы получили применение для решения широкого круга геодезических задач.

В настоящее время действуют две спутниковые системы определения координат: российская система ГЛОНАСС (Глобальная навигационная система определения расстояний и времени, глобальная система позиционирования) и американская система GPS.

Система спутникового позиционирования включает три сегмента: созвездия космических аппаратов (спутников); наземного контроля и управления; приемных устройств (аппаратуры пользователей).

*Сегмент космических аппаратов.* Каждая из современных систем GPS и ГЛОНАСС состоит из 24 спутников (21 действующего и 3 резервных), которые обращаются вокруг Земли по практически круговым орбитам. Орбиты спутников GPS расположены в шести плоскостях по 4 спутника в каждой; средняя высота орбиты – около 20 180 км, период обращения спутников вокруг Земли составляет 11 ч 58 мин. Такое количество спутников и их расположение обеспечивают одновременный прием сигналов как минимум от четырех спутников в любой точке Земли в любое время. С 1983 г. система GPS открыта для гражданских потребителей. Спутники ГЛОНАСС вращаются вокруг Земли в трех орбитальных плоскостях по 8 спутников в каждой на высоте около 19 150 км, период обращения – 11 ч 16 мин. В январе 1996 г. ГЛОНАСС развернута полностью.

*Сегмент наземного контроля и управления* состоит из сети станций слежения за спутниками, равномерно размещенных по территории страны, службы точного времени, главной станции с вычислительным центром и станцией загрузки данных на борт спутников.

*Сегмент приемных устройств* (рис. 25) включает спутниковый приемник, антенну, управляющий орган-контроль, источник питания и другие.



*Рис. 25.* Спутниковая навигационная система Trimble 5700

При статическом позиционировании точность определения плановых координат (5–10 мм) + 1–2 мм/км, высотных – в 2–3 раза ниже.

## **5.6. Общие правила обращения с геодезическими инструментами и приборами**

Высокая точность геодезических приборов и инструментов может быть обеспечена только при бережном к ним отношении.

Инструменты необходимо хранить в футлярах в сухих помещениях при комнатной температуре. При переноске или перевозке необходимо избегать толчков и оберегать инструменты от ударов.

Нельзя оставлять инструмент не закрепленным на штативе. Инструменты следует защищать зонтом от попадания прямых солнечных лучей и дождя.

Нельзя касаться пальцами оптических деталей. Удалять пыль надо мягкой волосяной кисточкой, после чего протирать детали чистой мягкой тряпочкой. Мерные ленты и рулетки предохранять от возможных изломов. При намотке следить, чтобы не создавались петли. Влажную ленту протирать тряпкой и слегка смазывать маслом или жиром.

Для хранения инструментов следует использовать деревянные стеллажи. Прежде чем вынуть из ящика инструмент, следует установить в рабочее положение штатив, следя, чтобы головка штатива возможно точнее была приведена в горизонтальное положение.

Осторожно вынув из ящика инструмент, нужно немедленно установить его на штатив и, придерживая инструмент одной рукой, другой сразу же закрепить становой винт, не затягивая его слишком туго.

У исправного инструмента все части двигаются плавно. В случае заедания и задержки отдельных частей не применять резкие усилия, а найти причину неисправности и устранить ее.

Закрепительные винты завинчивать без применения больших усилий.

Никогда не оставлять инструмент в поле без присмотра.

Разбирать инструмент **категорически запрещается**. При возникновении неисправности с инструментом нужно обращаться в специализированную мастерскую по ремонту и исследованию геодезических инструментов и приборов.

Есть у нас наука – геодезия,  
Любит честность, мужество и труд.  
Люди, презирующие трудности,  
Дружат с ней, не в бедности живут.

*А. Гладченко*

## **6. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

### **6.1. Этапы геодезических работ при строительстве сооружений**

Итак, мы с вами познакомились с предметом геодезия, узнали устройство и назначение основных геодезических приборов и инструментов. Пришло время более подробно разобраться, где и для чего непосредственно на строительной площадке необходима работа геодезиста, как по мере возведения здания или сооружения меняется состав геодезических работ.

Геодезические работы на стройплощадке предприятия подразделяются на следующие этапы.

1. Геодезические изыскания до начала проектирования (предпроектные изыскания) заключаются в развитии на участке будущего строительства опорной геодезической сети, выполнении крупномасштабной съемки и составлении топографического плана, на основе которого разрабатывается генеральный план промплощадки предприятия. На этом плане указываются плановое и высотное положения объектов строительства и данные привязки основных строительных осей сооружений к геодезической основе.

2. Геодезические работы при проектировании складываются из составления геодезической части строительного паспорта, разработки разбивочных чертежей, составления проекта вертикальной планировки и геодезической подготовки исходных данных для перенесения проекта в натуру.

3. Геодезические работы по переносу проекта в натуру состоят в разбивке на местности границ отвода участка, проектных

линий застройки, в вынесении и закреплении главных осей сооружений и основных проектных горизонтов и составлении геодезической части проекта.

4. Геодезические работы по текущему обслуживанию строительства заключаются в установке в проектное положение строительных конструкций и оборудования, их выверке по высоте и вертикали, в выполнении исполнительных чертежей по стадиям строительства.

5. В обязанности геодезистов входят определение объемов строительных работ, отслеживание деформации сооружения в период строительства и некоторые другие работы, подтверждающие соответствие выполненных строительных работ проекту.

Каждый из перечисленных видов геодезических работ, связанный с определенным этапом строительства, отличается кругом решаемых задач, необходимой точностью измерений, а следовательно, методикой их выполнения и применяемыми приборами.

Плановым обоснованием геодезических съемок, по результатам которых составляют топографические карты и планы местности на участке строительства, служат пункты триангуляции, полигонометрии и пункты спутникового статического позиционирования, а высотным – нивелирных сетей I, II, III, IV классов.

Как правило, густота и точность существующих геодезических сетей на стройплощадке бывают недостаточными для выполнения разбивочных работ и геодезического обслуживания в период строительства. Кроме того, местоположение пунктов этой сети также может не удовлетворить требованиям строительства. В таких случаях существующие опорные сети уточняют и сгущают либо строят специальные геодезические сети требуемой точности.

Пополнение сети опорных пунктов может осуществляться методами триангуляции и полигонометрии 1 и 2-го разрядов, теодолитными ходами, прямыми, обратными и комбинированными линейными или угловыми геодезическими засечками, а также построения на местности строительной координатной

сетки. При этом новые пункты должны закладываться в местах, не подлежащих планировке или застройке постоянными и временными сооружениями. Отметки пунктов определяют нивелированием IV класса либо техническим нивелированием от реперов нивелирной сети высших классов.

С пунктов геодезической сети выполняют топографическую съемку объекта предстоящего строительства, наиболее экономически выгодным способом (способы рассмотрены ранее) в крупном масштабе (1:500–1:5000). Масштаб выбирается в зависимости от назначения объекта строительства. Для составления проекта вертикальной планировки выполняется нивелирование по квадратам, т. е. площадку, предназначенную для вертикальной планировки, разбивают на квадраты со сторонами 10×10 м или 20×20 м; 40×40 м, вершины квадратов закрепляют колышками и определяют отметки вершин квадратов геометрическим нивелированием по точности 4-го класса или технического нивелирования.

Геодезические работы, выполняемые на местности для определения планового и высотного положения характерных точек строящегося сооружения согласно проекту, называются разбивкой сооружения или перенесением проекта в натуру. При этом используют генеральный план строительства, разбивочные чертежи (план, разрезы) фундаментов сооружений, установок и агрегатов, планы и профили подъездных путей и коммуникаций, проект вертикальной планировки территории, монтажные чертежи и др.

Разбивочные работы являются одним из основных видов геодезической деятельности на стройплощадке. Они выполняются для нахождения на местности планового и высотного положения характерных точек и плоскостей строящегося объекта согласно рабочим чертежам проекта.

По своей сущности разбивочные работы противоположны действиям при съемке, т. е. представляют собой обратную задачу. Если при съемке в результате измерений определяют координаты точек местности, то при разбивке сооружений по ука-

занным в проекте координатам устанавливают на местности положение точек сооружения. При этом проектные углы, расстояния и превышения не измеряют, а откладывают на местности.

Геометрической основой проекта для перенесения его в натуру являются разбивочные оси, относительно которых в рабочих чертежах даются размеры всех деталей сооружения.

Размечают главные, основные и промежуточные, или детальные, оси сооружений. Главными осями линейных сооружений (дорог, каналов, дамб и т. п.) являются продольные оси сооружений, а площадных объектов (зданий и сооружений) – их оси симметрии. Основными называют внешние продольные и поперечные оси, определяющие форму и габариты зданий и сооружений. К промежуточным (детальным) осям относят оси отдельных элементов, зданий и сооружений.

Разбивка сооружений выполняется в три этапа.

1. На первом этапе выполняют основные разбивочные работы. Для этого от пунктов геодезической основы находят на местности положение главных и основных разбивочных осей и закрепляют их надежными знаками.

2. На втором этапе производят детальную разбивку сооружения. От закрепленных точек главных осей разбивают продольные и поперечные оси сооружения с одновременной установкой точек и плоскостей на уровень проектных отметок. Следует отметить, что детальная разбивка, определяющая взаимное расположение элементов сооружения, производится значительно точнее, чем разбивка главных осей, задающая лишь общее положение и ориентировку сооружения в целом.

3. Третий этап заключается в геодезическом обеспечении монтажных работ: разбивке и закреплении монтажных (технологических) осей и установке в проектное положение технологического оборудования. Этот этап требует наиболее высокой точности геодезических измерений.

Таким образом, при разбивке сооружений соблюдается основной принцип производства геодезических работ «от общего

к частному»; однако необходимая точность этих работ повышается от первого этапа к третьему.

## **6.2. Составление проекта вертикальной планировки строительной площадки**

Преобразование естественного рельефа на территории стройплощадки в поверхность, удовлетворяющую техническим требованиям данного сооружения, называется вертикальной планировкой. Проект вертикальной планировки является составной частью генплана строительства; в его разработке важное место занимают геодезические расчеты.

В зависимости от условий эксплуатации возводимых сооружений различают случаи вертикальной планировки под горизонтальную или наклонную площадку. Основой для составления проекта вертикальной планировки служат топографические планы местности в масштабах 1:1000–1:500, полученные в результате нивелирования поверхности по квадратам.

Вертикальная планировка под горизонтальную площадку обычно предусматривает соблюдение нулевого баланса земляных работ, т. е. равенство объемов грунта по выемке и насыпи, для чего необходимо рассчитать отметку средней горизонтальной площадки. Для решения задачи используют фактические отметки вершин квадратов, полученные в результате нивелирования по квадратам. В сущности, рассчитывается среднее арифметическое из 4 отметок в каждом квадрате, а затем среднее арифметическое между всеми квадратами.

Вертикальные планировки по заданному уклону производят при вертикальной планировке внутриквартальных территорий, при устройстве наклонных площадок под технологическое оборудование и т. п. Исходными данными являются фактические отметки вершин квадратов, заданный уклон ( $i$ ) и проектная отметка опорной точки ( $H_M$ ). Проектная отметка всех углов квадратов считается по формуле

$$H_N = H_M + i_1 S_1 + i_2 S_2 \quad (3),$$

где  $S_1$  и  $S_2$  – расстояние по сторонам квадратов от опорной до искомой точки (рис. 26).

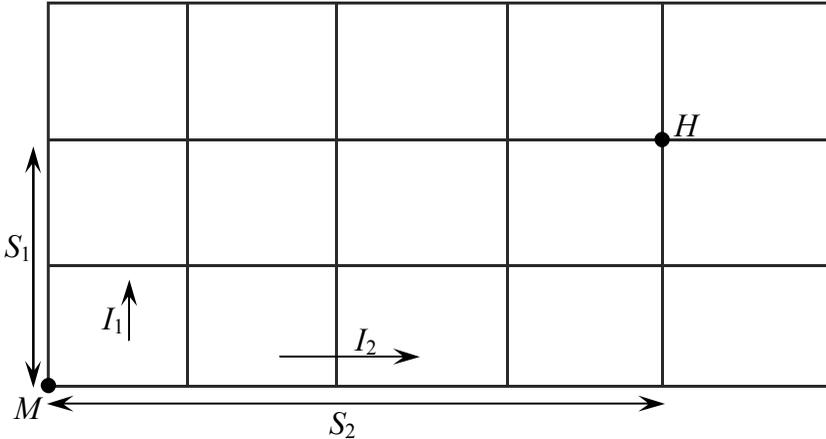


Рис. 26. Определение проектных отметок вершин квадратов:  
 $I_1, I_2$  – уклон по осям;  $S_1, S_2$  – расстояния по сторонам квадратов

### 6.3. Перенесение проекта в натуру (разбивка сооружения)

Как уже говорилось, разбивочные работы представляют собой процесс, противоположный съемке. Если при топосъемке у точек местности определяют координаты и отметки, то при разбивке сооружений по проектным координатам на местности – положение точек сооружения, а значит, и осей сооружения.

Для перенесения проекта инженерного сооружения на местность составляют разбивочные чертежи, на которых показывают все необходимые для разбивки данные: координаты, отметки, расстояния, уклоны, элементы угловых и линейных построений. Геодезическая подготовка исходных данных может выполняться графическим, аналитическим и графоаналитическим способами.

*Графический способ* состоит в определении разбивочных данных (координат, расстояний, углов и отметок) непосредственно по плану. Длины линейных отрезков определяют циркулем-измерителем и масштабной линейкой, углы замеряют с помощью геодезического транспортира. Этот способ применяется в случаях, когда не требуется высокой точности исходных данных для разбивок.

*Аналитический способ* состоит в аналитическом определении координат, расстояний и направлений, связывающих осевые точки сооружения между собой и с пунктами опорной сети в строгом соответствии с геометрической схемой проекта. Данный способ является наиболее точным, но весьма трудоемким.

*Графоаналитический способ* подготовки данных является более оперативным и в большинстве случаев обеспечивает достаточную точность, поэтому он широко применяется в строительной практике. При использовании данного способа координаты осевых точек сооружений определяют графически с генплана застройки, координаты пунктов опорной сети выбирают из ведомостей или каталогов, а дирекционные углы направлений и расстояния вычисляют по формулам обратной геодезической задачи (ОГЗ) – рис. 27.

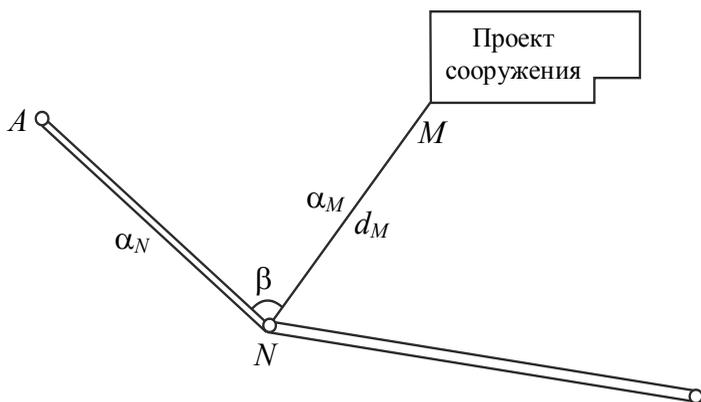


Рис. 27. Решение обратной геодезической задачи

### Обратная геодезическая задача

По известным координатам точек  $N(x_n, y_n)$  и  $M(x_m, y_m)$  требуется определить горизонтальное проложение стороны  $d_{n-m}$  и дирекционный угол направления  $\alpha_{n-m}$ .

$$\Delta x = x_m - x_n; \quad \Delta y = y_m - y_n. \quad (4)$$

По найденным значениям приращений координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , решая прямоугольный треугольник, вычисляют румб направления:

$$\text{tgr} = \Delta y / \Delta x,$$

отсюда

$$r = \arctg |\Delta y / \Delta x|. \quad (5)$$

По знакам приращений координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$  определяют, в какой четверти находится данное направление. Затем, руководствуясь соотношением между румбом направления и дирекционными углами, находят дирекционный угол направления. Например, в рассматриваемом случае знаки приращений координат показывают, что направление  $N - M$  находится в I четверти, тогда  $\alpha_{n-m} = r$ . Зная дирекционный угол направления и приращения координат, определяют горизонтальное проложение стороны

$$D_{n-m} = \Delta x / \cos \alpha_M = \Delta y / \sin \alpha_M = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}. \quad (6)$$

По формуле (6) значение горизонтального проложения стороны определяется трижды; сходимость результатов служит надежным контролем решения задачи. Наибольшее внимание при решении обратной задачи следует уделять вычислению приращений координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

Для того чтобы вынести проектную точку в натуру (т. е. зафиксировать ее на местности), теодолитом откладывается угол  $\beta = \alpha_M - \alpha_N$ , получается створ на проектную точку ( $M$ ), по створу откладывается рулеткой расстояние  $d_M$ . Аналогично производится предварительный расчет других точек осей проекта.

При использовании современных электронных тахеометров объем работ значительно сокращается. Из предварительных

работ полностью исчезает решение ОГЗ, достаточно внести в память тахеометра координаты и отметки пунктов опорной геодезической сети и координаты и отметки проектных точек.

В процессе выноса учитываются данные: высота прибора и высота визирования. По одной из прикладных задач, решаемых электронным тахеометром, вычисляется и указывается направление на проектную точку, расстояние до нее и положение проектной точки по высоте, т. е. автоматически решается ОГЗ и задача тригонометрического нивелирования.

Выше был рассмотрен наиболее распространенный способ выноса в натуру – полярный. Кроме полярного способа применяют способ прямоугольных координат, способ угловых засечек, способ линейных засечек, способ створов, способ разбивки от местных предметов.

Вынесенные в натуру оси закрепляют постоянными и временными знаками (рис. 28).

Постоянными знаками закрепляют в основном две взаимно перпендикулярные пересекающиеся базовые оси, от которых в процессе строительства всегда могут быть восстановлены все основные оси. В качестве постоянных знаков применяют обрезки металлических труб или рельсов, деревянные столбы. Постоянные знаки устанавливают в грунт ниже глубины промерзания и бетонируют.

Для временных знаков используют деревянные колья, костыли, металлические штыри и трубки.

Знаки закрепления располагают на продолжениях осей (рис. 29) вне зоны земляных работ в местах, свободных от складирования строительных материалов, размещения временных сооружений и др.

В сочетании с закреплением осей грунтовыми знаками применяют цветные окраски на постоянных и временных зданиях или сооружениях, располагающихся в створе осей.

Вынесенные в натуру оси сдают по акту застройщику и строительной организации. К акту прилагается исполнительный чертеж разбивки и закрепления осей.

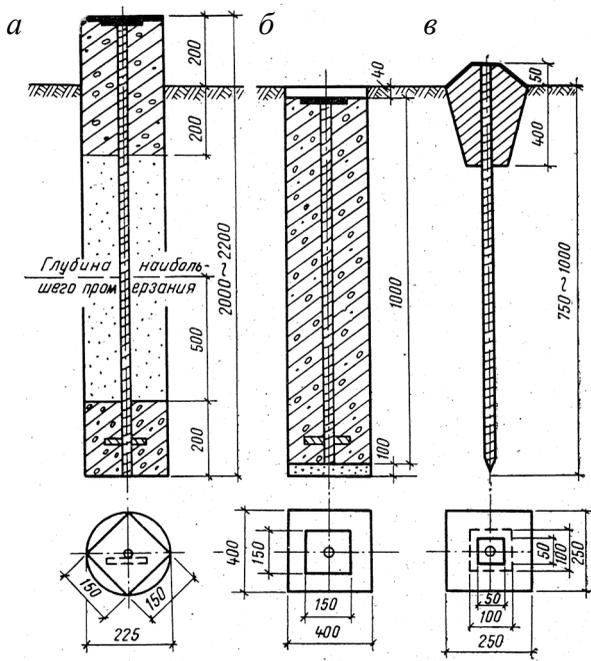


Рис. 28. Постоянные знаки для закрепления разбивочных осей

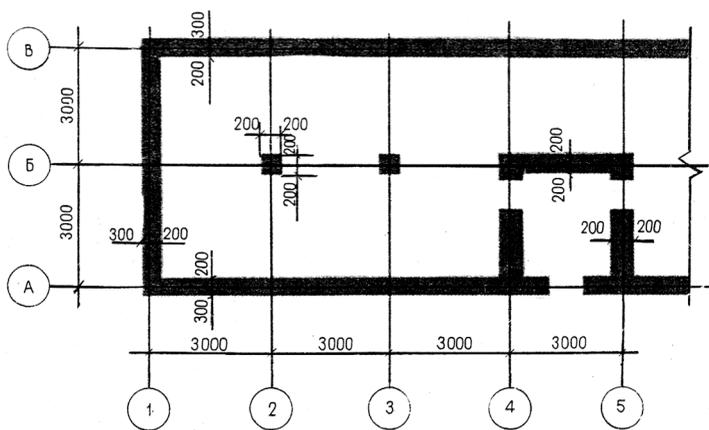


Рис. 29. Схема закрепления осей

Разбивка детальных осей ведется в процессе строительства. Для удобства работы оси обозначаются с помощью устройства, называемого обноской.

Основной элемент обноски чаще всего представляет собой два деревянных столба, забиваемых в грунт, к верхней части которых горизонтально (по нивелиру) прибивается доска. Такие элементы устанавливают в непосредственной близости к будущим стенам проектируемого здания (но за пределами будущего котлована) таким образом, чтобы на верхних гранях досок можно было отметить положение осей зданий. Иногда обноска делается сплошной, т. е. столбы и доски размещают по всему периметру здания. В последнее время используется инвентарная обноска, состоящая из металлических трубчатых стоек и горизонтальных штанг.

Оси здания переносят на обноску с помощью теодолита (рис. 30).

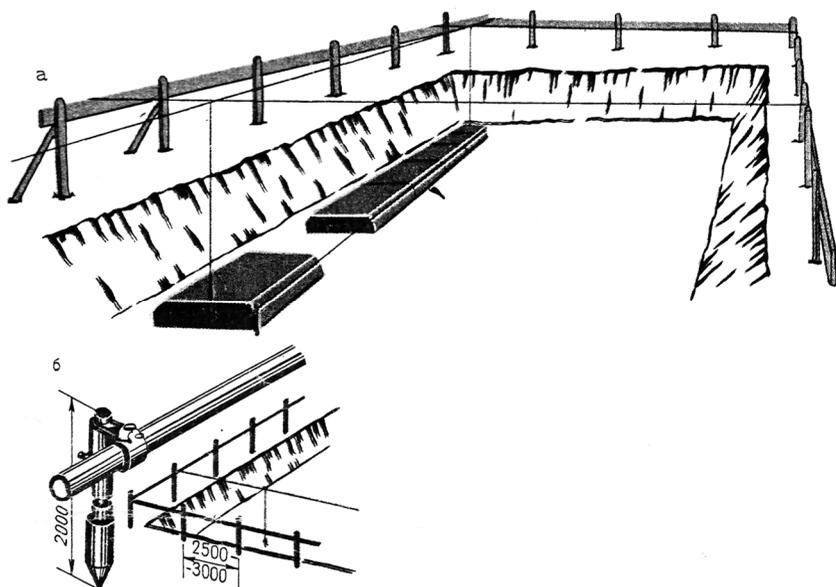


Рис. 30. Перенос осей здания на обноску

#### 6.4. Передача отметки на дно глубокого котлована и на монтажный горизонт

При глубоких котлованах длины рейки не хватает. Тогда на краю котлована закрепляют кронштейн, к которому подвешивают стальную рулетку с грузом на конце (рис. 31). Нивелиры размещают один на дне котлована, другой наверху. Берут отсчеты:  $a$  – по рейке, установленной на репере на поверхности земли;  $b$  – по рейке на дне котлована, а также отсчеты  $c$  и  $d$  по ленте рулетки. Искомую отметку дна котлована в точке  $M$  можно вычислить по формуле

$$H_M = H_P + a - (c - d) - b. \quad (8)$$

Отметка  $H_P$  репера, который находится в точке  $N$ , известна.

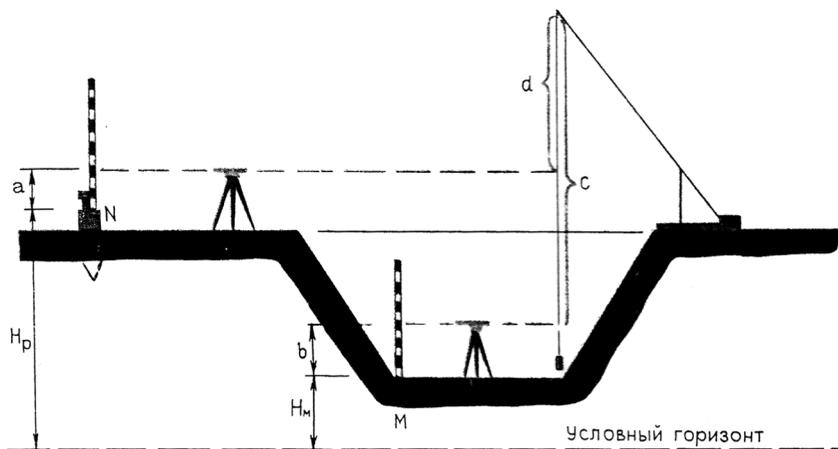
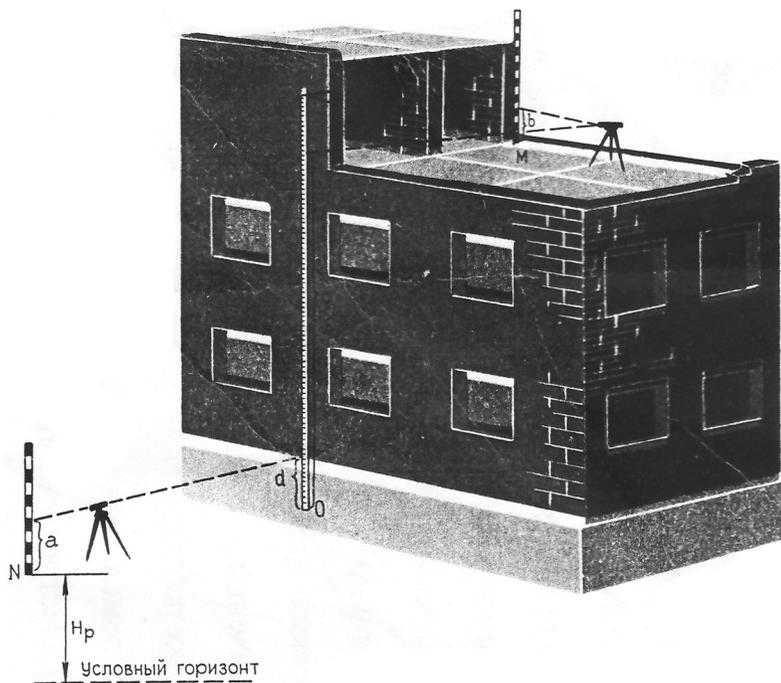


Рис. 31. Передача отметки на дно котлована

Аналогично передают отметки на высокие части здания (рис. 32). Отметка кирпичной стены в точке  $M$  будет равна:

$$H_M = H_P + a + (c - d) - b. \quad (9)$$



*Рис. 32.* Передача отметки на высокие части здания

Вынесенная отметка позволяет проконтролировать соответствие построенной части проекту, оценить качество производства работ (горизонтальность рядов кирпичной кладки, междуэтажного перекрытия), избежать накопления ошибки.

### **6.5. Инженерно-геодезические изыскания трассы линейных сооружений**

Трассой называют продольную ось проектируемого линейного сооружения. К линейным сооружениям относят подъездные, железные и автомобильные дороги, линии электропередачи, связи, водопровода, канализации, теплосети и т. п., сооружения ли-

нейного типа с малой площадью застройки, но значительные по протяженности. Положение такого сооружения на местности определяется основным геометрическим параметром – осью трассы (ось проектируемого сооружения).

Основными элементами трассы являются планы прямых и кривых участков разного направления, плавно переходящих друг в друга, и продольный профиль (вертикальный разрез по оси трассы), состоящий из прямых участков с разными уклонами.

Задать на местности направление оси трассы означает задать положение направления оси данного вида линейного сооружения.

При выборе направления положения трассы необходимо руководствоваться соответствующими техническими условиями на ее проектирование. Так, для автомобильных дорог необходимо обеспечить плавность и безопасность движения, а для самотечных трубопроводов – уклоны и глубины заложения, обеспечивающие нормальное их функционирование. Кроме технических условий, в расчет принимают экономические, экологические и другие факторы.

Выполнение такого комплекса работ по выбору оптимального варианта прокладки трассы, отвечающего предъявляемым требованиям и дающего наибольший эффект, называют трассированием.

Трассирование по имеющимся или вновь составленным в процессе изысканий топографическим картам и планам называют камеральным трассированием.

Работы по переносу и закреплению запроектированной трассы на местности называют полевым трассированием.

Порядок и состав выполнения работ по инженерно-геодезическим изысканиям для проектирования трасс линейных сооружений немного отличаются от работ по изысканиям для строительных площадок.

Инженерно-геодезические изыскания для всех типов линейных сооружений осуществляются в следующем порядке:

- выбор направления трассы по топографической карте с последующим осмотром местности в натуре;
- согласование прохождения трассы с соответствующими юридическими лицами (так как строительство линейного сооружения связано с изъятием земли у землепользователей);
- вынос трассы с карты на местность, закрепление ее знаками с разбивкой пикетажа и элементов кривых;
- нивелирование трассы;
- плановая и высотная привязки трассы;
- составление плана трассы и переходов ее через препятствия в более крупном масштабе, составление продольного и поперечного профилей.

В соответствии с двухстадийным проектированием трасс линейных сооружений изыскания трасс делятся на предварительные и окончательные.

В состав предварительных изысканий (осуществляются на стадии разработки проекта) входит выполнение следующих работ:

- сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических аэросъемочных материалов, а также данных изысканий прошлых лет по направлению трассы;
- камеральное трассирование вариантов трассы и полевое обследование намеченных вариантов;
- топографическая съемка вдоль намеченных вариантов трассы.

В случае отсутствия крупномасштабных топографических планов выполняют полевое трассирование с проложением теодолитных и тахеометрических ходов по всей длине трассы.

Предварительные изыскания для получения материалов, необходимых для определения оптимального положения трассы сооружения, осуществляются в основном камеральным путем. При камеральном трассировании выполняется проектирование трассы по топографическим картам масштабов 1:25 000, 1:50 000 в нескольких вариантах. Трассу прокладывают участками по линии опорных точек, соединяющей ее начало и конец, руководствуясь при этом заданным уклоном трассирования  $i$ .

Окончательные изыскания (для рабочей документации) представляют собой в основном полевые изыскания на местности вдоль трассы: полевое трассирование, планово-высотные привязки трасс к пунктам опорной геодезической сети; топографическая съемка полосы местности вдоль трассы.

В полевое трассирование входит: положение теодолитных ходов по оси трассы и створных точек; установление реперов; разбивка и закрепление пикетажа, элементов кривых, поперечников и всей трассы; техническое нивелирование по трассе и поперечникам.

Ширина полосы съемки вдоль трассы линейного сооружения должна составлять до 100 м на незастроенных территориях и ограничиться шириной проезда (улицы) на застроенных территориях.

## **6.6. Задачи, методы и краткое содержание исполнительной съемки**

Исполнительные съемки строительства зданий и сооружений занимают в геодезических работах особое место. Они завершают каждый этап строительно-монтажных работ и геодезических построений. В процессе исполнительных съемок определяют плановое и высотное положения выверенных и окончательно закрепленных конструкций и элементов здания, а также разбивочных осей, от положения которых зависит соблюдение необходимых требований к точности осуществляемых работ на последующих этапах. Поэтому выполнение исполнительных съемок предназначено для решения следующих основных задач:

- обеспечения систематического контроля и учета объемов выполненных строительно-монтажных работ;
- выявления соответствия выполненных строительно-монтажных работ проектным данным с целью своевременного устранения отклонений;

– определения степени точности перенесения проекта в натуру и выявления всех отступлений от проекта;

– установления фактического положения зданий, сооружений и инженерных коммуникаций после завершения строительства.

Для обеспечения систематического контроля и учета объемов выполненных строительного-монтажных работ проводят геодезические измерения, по результатам которых осуществляют оперативный контроль за ходом земляных и монтажных работ, укладкой инженерных коммуникаций и т. п.

Для выявления соответствия выполненных строительного-монтажных работ проектным данным используют те же геодезические методы и приборы, которые применяли в ходе строительства. По результатам контрольных допусков и принимают соответствующее решение по устранению сверхдопустимых отклонений. На тех участках строительства, где вносят исправления и коррективы, исполнительную съемку повторяют.

Исполнительные съемки сопровождают строительство, начиная от разбивки осей и до завершения. В процессе исполнительной съемки выполняют комплекс геодезических работ для определения планового и высотного положения окончательно установленных конструкций. В зависимости от этапа строительства исполнительные съемки подразделяют на текущие и окончательные.

Текущая исполнительная съемка ведется в процессе строительства, по мере возведения сооружения. Она завершает каждый вид строительного-монтажных работ. Результаты ее являются основным техническим документом, позволяющим судить о качестве строительного-монтажных работ, подсчитать их объемы, в отдельных случаях сделать изменения в проекте.

Проект производства геодезических работ определяет виды конструкций, подлежащих съемке, порядок и очередность съемки, точность, способ и приборы для измерений.

Исполнительной съемке подлежат те элементы и части зданий и сооружений, от правильного положения которых зави-

сит прочность и устойчивость всего сооружения, а также точность установки последующих конструкций. Особое внимание следует обращать на исполнительную съемку частей и конструкций сооружений, подлежащих засыпке грунтом или становящихся недоступными для измерений.

Исполнительную съемку ведут теми же методами и приборами, что и детальную разбивку осей сооружений. Точность измерений при исполнительной съемке должна быть не ниже точности разбивочных работ.

Текущая и исполнительная съемки фиксируются на схемах, где указываются все проектные размеры конструкций, расстояния между осями, фактические размеры, отметки, величины и направления отклонений конструкций и их элементов от проектного положения. Эти отклонения не должны превышать допуски, указанные в СНиП для каждой конструкции или этапа возведения сооружения.

Окончательная исполнительная съемка выполняется после завершения строительства объекта в соответствии с требованием «Инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Точность исполнительных съемок обуславливается допусками, соблюдаемыми при приемке в эксплуатацию зданий и сооружений. В промышленном и гражданском строительстве окончательные исполнительные съемки производят в масштабе 1:500 или 1:1 000.

Данные исполнительных съемок конструкций зданий и сооружений наносят на специальные схемы и чертежи, на которых указывают фактические и проектные размеры или величины отклонений от проектных данных. Такие исполнительные схемы составляют после выполнения каждого этапа строительномонтажных работ.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Абрис* – сделанный от руки схематический план участка местности, на котором показываются контуры угодий, местные предметы, результаты измерений, приводятся названия и другие сведения, необходимые для составления точного плана при теодолитной съемке.

*Азимут астрономический (истинный)* – двугранный угол, образованный плоскостью астрономического меридиана точки наблюдения и вертикальной в этой точке плоскостью, проходящей через данное направление; отсчитывается от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки от 0 до 360° (в теоретической астрономии А. а. отсчитывают от юга в соответствии с отсчетом часового угла). Для определения А. а. направления на какой-либо предмет нужно измерить горизонтальный угол между направлениями на небесное светило и на этот предмет и найти по правилам практической астрономии азимут светила для момента визирования на него.

*Азимут геодезический* – двугранный угол, образованный плоскостью геодезического меридиана точки наблюдения и плоскостью, проходящей через нормаль к поверхности референц-эллипсоида в точке наблюдения и данное направление; отсчитывается от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки от 0 до 360°.

*Алидада* – приспособление для измерения углов (вращающаяся часть) в астрономических, геодезических и физических угломерных инструментах – таких, как астролябия, секстант и теодолит.

В простейшем случае, в астролябии, алидада – вращаемая ручка, на концах которой прикреплено визирное устройство.

*Аэрофотоснимок* – фотографическое изображение местности, полученное с самолета или другого летательного аппарата. В геометрическом отношении А. представляет собой централь-

ную проекцию, центром проектирования которой служит задняя узловая точка объектива аэрофотоаппарата (АФА).

*Аэрофотосъемка* – фотографирование местности с самолета или какого-либо другого летательного аппарата. А. производится для создания топографических карт по аэрофотоснимкам; изучения и учета лесных и земельных фондов; проектирования инженерных сооружений; при выполнении геологоразведочных работ и для ряда других народнохозяйственных целей.

*Аэрофототопографическая съемка* – вид топографической съемки, основанной на использовании аэрофотоснимков.

*Буссоль* – прибор для измерения на местности магнитных азимутов или румбов. Состоит из кольца с угловыми делениями и магнитной стрелки, вращающейся на острое шпилья в центре кольца.

*Верньер* (нониус) – отчетная шкала для измерений долей делений на равномерной шкале, например долей делений на лимбе теодолита или на дальномерной рейке.

*Веха* – вертикальная прямая жердь, которая устанавливается при топографической съёмке для обозначения точки на местности.

*Высота сечения рельефа* – разность значений высот двух последовательных основных горизонталей на карте.

*Геодезическая сеть* – система пунктов на земной поверхности, закрепленных на местности специальными знаками и центрами, взаимное (относительное) положение которых определено в плановом отношении и по высоте.

*Горизонталы* (изогипсы) – линии на карте, соединяющие точки земной поверхности с одинаковой абсолютной высотой.

*Гринвичский меридиан* – астрономический меридиан, проходящий через Гринвичскую обсерваторию в Англии. В международном счете географических долгот Г. м. принят начальным (нулевым).

*Дешифрирование аэрофотоснимков* – изучение аэрофотоснимков с целью опознания изображенных на них объектов и определения их качественных и количественных характеристик.

*Долгота* – одна из географических координат, может быть астрономической и геодезической. *Д.* астрономическая – двугранный угол, образуемый плоскостью начального меридиана и плоскостью астрономического меридиана данной точки земной поверхности.

*Знак геодезический* – деревянное или металлическое сооружение над центром геодезического пункта, служащее объектом визирования на пункт и для подъема инструмента над землей при угловых и линейных измерениях на пункте.

*Знаки нивелирные* – знаки, закладываемые с целью отметить и закрепить на местности пункты геометрического нивелирования. Существуют следующие виды нивелирных знаков:

1. Фундаментальный репер 1-го типа – железобетонный монолит в виде четырехгранной усеченной пирамиды с основанием-плитой на глубине не менее 2,5 м от поверхности земли и верхней гранью на глубине 1 м. В плиту основания и верхнюю грань заделывают металлические марки со сферической головкой.

2. Грунтовый репер, состоящий из железной трубы или отрезка рельса, заделываемых в бетонные монолиты; верхний конец трубы должен быть на глубине 1 м от поверхности для фундаментального репера 2-го типа и 30 см для обычных реперов. В верхний конец трубы и верхнюю грань монолита заделываются марки со сферической головкой.

3. Стенные чугунные марки с углублением в центре для шрифта подвесной рейки.

4. Стенные чугунные реперы, отличающиеся от марок тем, что имеют выступ для установки на него рейки.

*Крутизна ската* – угол, образуемый направлением ската с горизонтальной плоскостью.

*Курвиметр* – прибор для измерения длины кривых линий на картах и планах.

*Лимб* – цилиндрическое или коническое кольцо или диск, разделённый штрихами на равные доли (градусы, минуты и т. д.); деления на лимбе отсчитываются с помощью верньеров

или микроскопов-микрометров. Применяется как наиболее важная часть в различных угломерных инструментах для отсчёта углов. Лимбом снабжаются также винты суппортов и столов металлорежущих станков. Лимбы могут быть металлическими и пластиковыми.

*Масштаб топографической карты или плана* – отношение длины линии на карте (плане) к длине горизонтального проложения соответствующей линии на местности.

*Нивелир* – геодезический прибор, предназначенный для определения разности высот двух точек при помощи горизонтального визирного луча и вертикально установленных в этих точках реек.

*Осевой меридиан* – меридиан, принятый за ось какой-либо системы координат на поверхности.

*План топографической* – изображение местности на бумаге, обычно в крупном масштабе, без учета кривизны земной поверхности.

*Полигонометрия* – метод определения положения геодезических пунктов путём проложения на местности ломаной линии (полигонометрического хода) или системы связанных между собой ломаных линий (полигонометрической сети), в которых измеряются все углы и стороны.

*Привязка аэрофотоснимка* – геодезия, определение плановых координат и абсолютных высот характерных точек местности, опознанных на аэрофотоснимках («опознаков»). Привязка аэрофотоснимков необходима при создании топографических карт, при геологических работах, в военном деле и т. д.

*Репер* – знак, который закрепляет определённую точку земной поверхности с известной абсолютной высотой. Эта высота определяется посредством нивелирования относительно исходной уровенной поверхности. На реперах закрепляется металлический диск диаметром 5 см (марка) с номером и указанием ведомства. В Российской Федерации принято вычислять высоты реперов относительно нулевой отметки Кронштадтского футштока.

*Румб магнитный* – угол между северным или южным направлением магнитного меридиана (оси магнитной стрелки) и направлением на заданный предмет.

*Сближение меридианов* – разность между азимутом  $A$  и дирекционным углом –  $\alpha$ .

*Склонение магнитной стрелки* – горизонтальный угол между истинным (астрономическим) меридианом и направлением магнитной стрелки (магнитный меридиан) в данной точке поверхности Земли.

*Съемка тахеометрическая* – съемка ситуации и рельефа местности при помощи тахеометра обычно в масштабах от 1:500 до 1:5000 при сечении рельефа от 0,5 до 2,0 м.

*Съемка теодолитная* – горизонтальная съемка местности (съемка без изображения рельефа) в масштабах обычно от 1:500 до 1:10 000, при производстве которой углы измеряются теодолитом, длина линии – мерными линейными приборами или оптическими дальномерами с точностью не ниже 1:1500; в качестве вспомогательных элементов применяются эккер, эклиметр и буссоль.

*Съемка топографическая* – комплекс полевых и камеральных работ, имеющих целью изображение на бумаге условными знаками в заданном масштабе местных предметов и рельефа участка земной поверхности.

*Съемочная сеть* – совокупность точек, определяемых дополнительно к пунктам государственной геодезической сети для непосредственного обеспечения топографических съемок.

*Тахеометр электронный* – топографический электронно-оптический прибор того же назначения, что и оптико-механический тахеометр. В конструкции объединены кодовый теодолит и малый светодальномер.

*Теодолит* – геодезический прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов.

*Топография* – научная дисциплина, занимающаяся подробным изучением земной поверхности в геометрическом от-

ношении и разработкой способов изображения этой поверхности на плоскости в виде топографических карт или планов.

*Триангуляция* – метод определения относительного (взаимного) планового положения геодезических пунктов путем построения на местности систем смежно расположенных треугольников, в которых измеряют углы, а в сети – длину хотя бы одной стороны, называемой базисом или базисной стороной.

*Треггер* – подставка с тремя подъёмными винтами и круглым уровнем.

*Уровенная поверхность* – поверхность, пересекающая отвесные линии во всех её точках под прямым углом.

*Фотограмметрия* – техническая дисциплина, имеющая своей задачей определение вида и размеров какого-либо объекта путем изучения и измерения не самого объекта, а его фотографического изображения.

*Фотоплан* – группа трансформированных аэрофотоснимков, приведенных к одному масштабу, полученных путем монтажа и смонтированных на общей основе.

*Футисток* – рейка с делениями, укрепленная отвесно и неподвижно у прочного берегового сооружения так, чтобы можно было делать отсчеты максимального и минимального уровня воды.

*Штатив* – приспособление для жёсткой установки геодезического оборудования, неотъемлемая составляющая при исполнении геодезических и строительных работ. Предназначен для работы с различными приборами.

*Эклиметр* – портативный геодезический прибор для быстрого измерения угла наклона линии местности к горизонту и определения уклонов и высот точек земной поверхности.

*Экер* – портативный геодезический прибор, предназначенный для построения на местности углов, кратных 90 или 45°.

Мы вновь идем в плащах крылатых  
Через пустыни и леса,  
И над Землей встают палаток  
Трепещущие паруса.

Они от многих ливней – белы,  
И мы – подобны морякам,  
Ведущим долго каравеллы  
К неведомым материкам.

Их путь, как прежде, – вдаль,  
Наперекор ветрам – вперед!  
И дымный флот больших заводов  
За ними медленно плывет.

*А.А. Романов*

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Дисциплина «Ведение в специальность» дает студентам возможность детально ознакомиться с будущей профессией, а именно с важнейшим разделом геодезии – инженерной (прикладной) геодезией, методы которой широко используются при проектировании и строительстве промышленных и гражданских зданий, гидротехнических сооружений, путей сообщения, линий электропередач, газо-, нефтепроводов и т. д.

Теперь студентам понятно, какая работа ждет их после получения диплома. Кто-то будет выполнять топографические съемки для создания крупномасштабного плана площадки намечаемого строительства, кто-то – разбивкой основных осей сооружений на местности, кто-то исполнительными съемками с целью выявления отклонений от проекта.

Для геодезистов в буквальном смысле открыты все дороги. Эта профессия в настоящее время очень востребована.

Успехов вам в этом увлекательном деле – познании своей прекрасной, романтической, востребованной и такой нужной профессии! Приложим максимум усилий для экономического возрождения России, нашей прекрасной Родины!

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основная литература

1. *Поклад, Г.Г.* Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М. : Академический Проект, 2007. – 592 с.
2. *Клюшниченко, В.Н.* Многогранная геодезия / В.Н. Клюшниченко, Н.В. Тимофеева. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 164 с.
3. *Основные положения* о государственной геодезической сети Российской Федерации. ГКИНП (ГНТА) – 01–006–03. – М. : МИИГАиК, 2004.
4. *Руководство пользователя* по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95). ГКИНП (ГНТА) – 06–278–04. – М. : ЦНИИГАиК, 2004.
5. *Условные знаки* для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 285 с.

### Дополнительная литература

1. *Инструкция по топографической съемке* в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. ГКИП – 02–033–79. – М. : Недра, 1988. – 154 с.
2. *Лысов, Г.Ф.* Геодезические работы на строительной площадке : справочное пособие / Г.Ф. Лысов. – М. : Недра, 1988. – 96 с.
3. *Картавцева, Е.Н.* Люди идут по свету : сборник стихов и песен / Е.Н. Картавцева. – Томск : ТГАСУ, 2010. – 196 с.
4. *Пергаменщик, Б.К.* Геодезист / Б.К. Пергаменщик. – М. : Стройиздат, 1984. – 39 с.
5. *Порцанко, И.Ф.* Памятка речника на топографической съемке / И.Ф. Порцанко. – М. : Изд-во геодезической литературы, 1960. – 88 с.
6. *Справочник по геодезическим работам* в строительномонтажном производстве / С.П. Войтенко, Г.М. Литвин,

Ю.В. Полищук [и др.] ; под ред. Ю.В. Полищука. – М. : Недра, 1990. – 336 с.

7. *Хаметов, Т.И.* Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений / Т.И. Хаметов. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 200 с.

8. *Эдельштейн, А.В.* Как создается карта / А.В. Эдельштейн. – Изд. 3, доп. – М. : Недра, 1978. – 144 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>1. О профессии</b> .....	5
<b>2. Карты, планы</b> .....	9
<b>3. Топографические съемки</b> .....	19
<b>4. Государственные геодезические сети</b> .....	23
<b>5. Приборы и инструменты</b> .....	28
5.1. Измерение линий.....	31
5.2. Измерение и построение направлений и углов.....	37
5.3. Измерение превышений.....	41
5.4. Электронные тахеометры.....	47
5.5. Спутниковые навигационные системы (спутниковые системы позиционирования).....	49
5.6. Общие правила обращения с геодезическими инструментами и приборами.....	50
<b>6. Геодезические работы в строительстве</b> .....	52
6.1. Этапы геодезических работ при строительстве сооружений.....	52
6.2. Составление проекта вертикальной планировки строительной площадки.....	56
6.3. Перенесение проекта в натуру (разбивка сооружения).....	57
6.4. Передача отметки на дно глубокого котлована и на монтажный горизонт.....	63
6.5. Инженерно-геодезические изыскания трассы линейных сооружений.....	64
6.6. Задачи, методы и краткое содержание исполнительной съемки.....	67
<b>Термины и определения</b> .....	70
<b>Заключение</b> .....	76
<b>Библиографический список</b> .....	77

*Учебное издание*

*Черданцев Борис Николаевич*

**ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ  
«ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»**

Учебное пособие

Редактор Е.Ю. Глотова  
Технический редактор Н.В. Удлер

Подписано в печать 05.11.2015.  
Формат 60×84/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,21. Тираж 100 экз. Зак. № 339.

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.  
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.  
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.