

В.Д. ФЕЛЬДМАН
Д.Ш. МИХЕЛЕВ

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

Издание четвертое,
переработанное
и дополненное



МОСКВА
«ВЫСШАЯ ШКОЛА»
2001

УДК 69.528.48
ББК 38.115
Ф 39

*Рекомендовано
Министерством образования
Российской Федерации
для использования в учебном процессе*

Рецензент — доцент кафедры экономики
и организации производства МИИГАиК *А. С. Сафонов*

ISBN 5-06-003996-X

© ГУП «Издательство «Высшая школа», 2001

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа» и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещается.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник написан в соответствии с программой геодезической подготовки специалистов геодезического и строительного профиля.

В первой части приведены общие сведения по геодезии, картографии и топографии. Описаны инструменты и приборы для геодезических измерений (рулетки, теодолиты, нивелиры, электронные тахеометры, лазерные системы и т.п.), их поверки и юстировки. Изложены способы измерения линий, углов, превышений, методы проложения теодолитных ходов, нивелирования, топографических съемок, построения опорных геодезических сетей, вычислений и оценки результатов измерений.

Вторая часть посвящена инженерно-геодезическим работам, проводимым при изысканиях, проектировании и строительстве зданий и сооружений. Изложены методы производства разбивочных работ, исполнительных съемок, геодезического обеспечения строительства зданий, автомобильных и железных дорог, гидротехнических сооружений, мостов, трубопроводов, линий электропередачи и связи. Приведены сведения о стандартизации, обеспечении и контроле качества строительства в части его геометрических параметров, а также общие требования по охране труда и технике безопасности при выполнении геодезических работ.

Четвертое издание учебника переработано и дополнено в связи с изменениями ряда технологий строительно-монтажных работ, появлением новых геодезических приборов и нормативно-технических документов, а также в связи с использованием различных персональных компьютеров (ПЭВМ) для автоматизированной обработки результатов измерений. Добавлены новые разделы по геоинформационным системам в кадастре и геодезическим наблюдениям за деформациями сооружений.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия – одна из древнейших наук. Слово «геодезия» образовано из двух слов – «земля» и «разделяю», а сама наука возникла как результат практической деятельности человека по установлению границ земельных участков, строительству оросительных каналов, осушению земель. Современная геодезия – многогранная наука, решающая сложные научные и практические задачи. Это наука об определении формы и размеров Земли, об измерениях на земной поверхности для отображения ее на планах и картах. Задачи геодезии решаются на основе измерений, выполняемых геодезическими инструментами и приборами. В геодезии используют положения математики, физики, астрономии, картографии, географии и других научных дисциплин.

Геодезия подразделяется на высшую, космическую геодезию, топографию, фотограмметрию и инженерную (прикладную) геодезию. Каждый из этих разделов имеет свой предмет изучения, свои задачи и методы их решения, т.е. являются самостоятельными научно-техническими дисциплинами.

Высшая геодезия изучает фигуру и размеры Земли, методы определения координат точек на поверхности для территории всей страны.

Космическая геодезия решает геодезические задачи с помощью искусственных спутников Земли.

Топография рассматривает способы изучения земной поверхности и изображения ее на картах и планах.

Фотограмметрия решает задачи измерений по аэрофото- и космическим снимкам для различных целей, в том числе: для получения карт и планов, обмеров зданий и сооружений и т.п.

Инженерная геодезия изучает методы геодезического обеспечения при разработке проектов, строительстве и эксплуатации разнообразных сооружений, а также при изучении, освоении и охране природных ресурсов.

Несмотря на многообразие инженерных сооружений, при их проектировании и возведении решаются следующие общие задачи: получение геодезических данных при разработке проектов строительства сооружений (инженерно-геодезические изыскания); определение на местности основных осей и границ сооружений в соответствии с проектом строительства (разбивочные работы); обеспечение в процессе строительства геометрических форм и размеров элементов сооружения в соответствии с его проектом, геометрических условий установки и наладки технологического оборудования; определение отклонений

геометрической формы и размеров возведенного сооружения от проектных (исполнительные съемки); изучение деформаций (смещений) земной поверхности под сооружением, самого сооружения или его частей под воздействием природных факторов и в результате действий человека.

Для решения каждой из указанных задач применительно к разным видам сооружений существуют свои методы, средства и требования к точности их выполнения. Например, при инженерно-геодезических изысканиях в основном производят измерения для составления карт и планов, на которых изображают то, что есть на местности, а при строительстве здания, наоборот, определяют на местности то место, где здание должно располагаться по проекту. Конструкции здания устанавливают на предусмотренные проектом места с погрешностью 5...10 мм, детали заводского конвейера – 1...2 мм, а оборудование физических лабораторий (ускорителей ядерных частиц) – 0,2...0,5 мм.

Инженерная геодезия тесно связана с другими геодезическими дисциплинами и использует методы измерений и приборы, предназначенные для общегеодезических целей. В то же время для геодезического обеспечения строительно-монтажных работ, наблюдений за деформациями сооружений и других подобных работ применяют свои приемы и методы измерений, используют специальную измерительную технику, лазерные приборы и автоматизированные системы.

Инженерно-геодезические измерения выполняют непосредственно на местности в различных физико-географических условиях, поэтому необходимо заботиться об охране окружающей природы: не допускать повреждений лесов, сельскохозяйственных угодий, не загрязнять водоемов.

Решение современных задач геодезии связано с обеспечением и улучшением качества строительных зданий и сооружений, промышленных и жилых комплексов, дорог, линий электропередачи и связи, магистральных трубопроводов, энергетических объектов, объектов агропромышленного комплекса и др. Для этого требуется большое количество квалифицированных работников, способных обеспечить строительство важных народнохозяйственных объектов. Для подготовки таких кадров и предназначен данный учебник.

Раздел первый

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОДЕЗИИ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Глава I

ЗЕМНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ И СПОСОБЫ ЕЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

§ 1. ФОРМА ЗЕМЛИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Форма Земли. Мысль о том, что Земля имеет форму шара, впервые высказал в VI в. до н.э. древнегреческий ученый Пифагор, а доказал это и определил радиус Земли египетский математик и географ Эратосфен, живший в III в. до н.э. Впоследствии ученые уточнили, что Земля сплюснута у полюсов. Такая фигура в математике называется *эллипсоидом вращения*, она получается от вращения эллипса вокруг малой оси. В *земном эллипсоиде* (рис. 1, а) полярная ось меньше экваториальной.

Земля не является правильным геометрическим телом – ее поверхность представляет собой сочетание возвышенностей и углублений. Большая часть углублений заполнена водой океанов и морей – из 510 млн км² общей площади поверхности Земли 71% занимает океан. Поверхность воды в нем под действием силы тяжести образует



Рис. 1. Земной эллипсоид (а) и геоид (б)

уровненную поверхность, перпендикулярную в каждой точке направлению силы тяжести. Линию, совпадающую с направлением силы тяжести, называют *отвесной линией*. Если уровненную поверхность мысленно продолжить под материками, образуется фигура, называемая *геоидом* (рис. 1, б). Казалось бы, геоид наилучшим образом определяет математическую фигуру Земли, так как в каждой точке его поверхности существует одно вполне определенное направление – отвесная линия, составляющая с касательной плоскостью прямой угол. Однако из-за неравномерного распределения масс внутри Земли поверхность геоида имеет сложную, неправильную форму. Поэтому за математическую фигуру для Земли принимают эллипсоид вращения, наиболее приближенный к геоиду. Земной эллипсоид соответствующим образом мысленно располагают (ориентируют) в теле Земли.

Земной эллипсоид с определенными размерами и ориентированный определенным образом называют *референц-эллипсоидом*. В нашей стране размеры референц-эллипсоида были получены под руководством выдающегося геодезиста Ф.Н.Красовского. Эти размеры утверждены для использования в работах по высшей геодезии и картографии. Референц-эллипсоиду присвоено имя Красовского. Размеры референц-эллипсоида Красовского: большая полуось $a = 6378245$ м, малая полуось $b = 6356863$ м, полярное сжатие $\alpha = (a - b)/a = 1/298,3$.

В инженерной геодезии и работах по топографии условно считают, что Земля имеет форму шара, объем которого равен объему земного эллипсоида, радиус шара $R = 6371,11$ км.

Определение местоположения точек. Чтобы определить положение точек на земной поверхности, на ней условно проводят линии – параллели и меридианы, которые образуют систему географических координат (рис. 2, а).

Меридиан – воображаемая линия, образованная секущей плоскостью, проходящей через ось PP_1 вращения Земли.

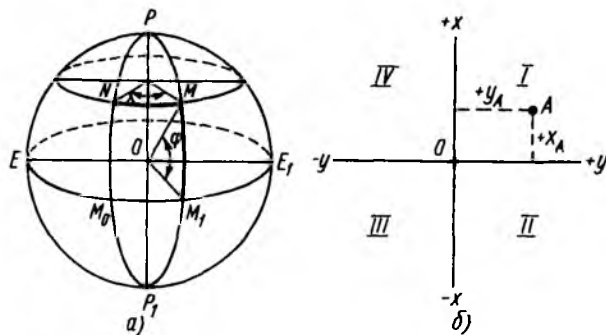


Рис. 2. Системы географических (а) и плоских прямоугольных (б) координат

Параллель – воображаемая линия, образованная на поверхности Земли секущей плоскостью, перпендикулярной оси вращения Земли. Параллель, образованная плоскостью, проходящей через центр Земли, – экватор.

Один из меридианов, например меридиан PNM_0P_1 , принимают за начальный. Тогда положение меридиана точки M определяется двугранным углом между меридианной плоскостью, проходящей через эту точку, и плоскостью начального меридиана. Этот угол называют *долготой данной точки* и обозначают буквой λ . Положение параллели точки M определяется углом между радиусом OM земного шара и плоскостью экватора. Этот угол называют *широтой данной точки* и обозначают буквой φ . Долготу точки M можно измерить также дугой NM параллели, а широту той же точки – дугой M_1M меридиана. Долгота λ и широта φ называются *географическими координатами данной точки*.

Начальным меридианом на поверхности Земли принято считать меридиан, проходящий через центр меридианного зала старейшей в Европе астрономической обсерватории в Гринвиче, вблизи Лондона. Долготы отсчитывают к востоку и западу от начального меридиана в пределах $0...180^\circ$ и обозначают, например, так: 62° в.д. (восточной долготы) или 124° з.д. (западной долготы) от Гринвича; широты – $0...90^\circ$ к северу и югу от экватора, например 56° с.ш. (северной широты) или ю.ш. (южной широты).

Положение любой точки на поверхности Земли можно определить с помощью астрономических наблюдений (астрономические координаты), вычислить по результатам геодезических измерений на местности или по наблюдению спутников (геодезические координаты).

Если геодезические работы ведут на небольшом участке, что позволяет не принимать во внимание сферичность поверхности Земли, для определения положения точки используют систему плоских прямоугольных координат (рис. 2, б). Систему образуют две взаимно перпендикулярные линии (оси), лежащие в горизонтальной плоскости, причем ось абсцисс x , как правило, совмещают с меридианом какой-либо точки. Точка O – начало координат. Положительное направление оси x – на север от экватора, оси y – на восток от меридиана. Оси абсцисс и ординат образуют координатные четверти I...IV, которые нумеруют по ходу часовой стрелки; северо-восточная четверть считается первой.

Например, положение точки A определяется координатами $x_A y_A$. В зависимости от четверти, в которой расположена точка, перед координатами ставят знак «+» или «-».

Для полной характеристики положения точки на поверхности Земли необходимо знать еще третью координату – высоту. Высотой точки называется *расстояние по отвесному направлению от этой точки до уровенной поверхности*. Числовое значение высоты точки называется *ее отметкой*.

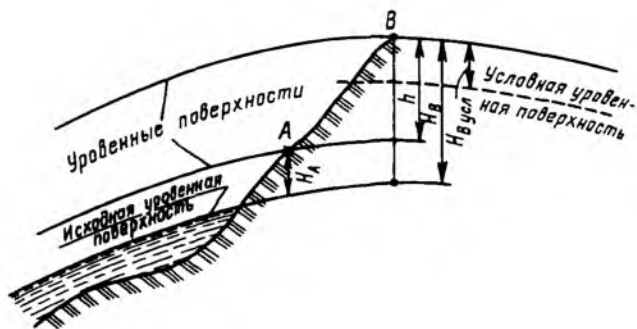


Рис. 3. Абсолютные, условные и относительные высоты

Высоты (рис. 3) бывают абсолютные, условные и относительные. *Абсолютные высоты*, например H_A , H_B , отсчитывают от исходной уровенной поверхности – среднего уровня океана или моря (в России – это нуль Кронштадтского футштока – горизонтальная черта на медной пластине, прикрепленной к устью моста через обводной канал в г. Кронштадте). *Условной высотой*, например $H_{\text{усл.}}$, называется отвесное расстояние от точки земной поверхности до условной уровенной поверхности – любой точки, принятой за исходную (нулевую).

Относительной высотой, или *превышением* h точки называется высота ее над другой точкой земной поверхности (например, точки B над точкой A).

§ 2. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПЛОСКОСТИ (ПЛАН, КАРТА, ПРОФИЛЬ)

Поверхность Земли изображают на плоскости в виде планов, карт, профилей.

При составлении планов сферическую поверхность Земли проецируют на горизонтальную плоскость и полученное изображение уменьшают до требуемого размера. Как правило, в геодезии применяют метод ортогонального проецирования (рис. 4). Сущность его состоит в том, что точки местности переносят на горизонтальную плоскость по отвесным линиям, параллельным друг другу и перпендикулярным горизонтальной плоскости. Например, точка A мест-

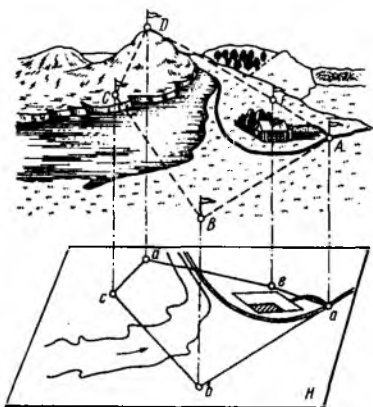


Рис. 4. Ортогональное проецирование местности

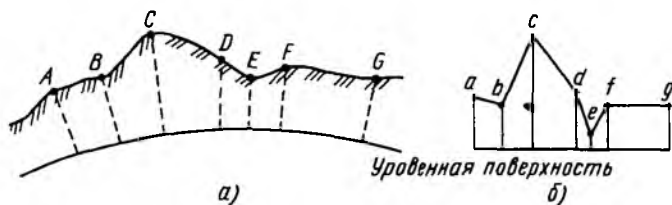


Рис. 5. Разрез (а) и профиль (б) местности

ности (перекресток дорог) проецируется на горизонтальную плоскость H по отвесной линии Aa , точка B – по линии Bb и т. д., точки a и b являются ортогональными проекциями точек A и B местности на плоскости H .

Полученное на плоскости изображение участка земной поверхности уменьшают с сохранением подобия фигур. Такое уменьшенное изображение называется *планом местности*. Следовательно, план местности – это уменьшенное подобное изображение горизонтальной проекции участка поверхности Земли с находящимися на ней объектами.

Однако план нельзя составить на очень большую территорию, так как сферическая поверхность Земли не может быть развернута в плоскость без складок или разрывов. Изображение Земли на плоскости, уменьшенное и искаженное вследствие кривизны поверхности, называют *картой*.

Таким образом, и план, и карта – это уменьшенные изображения земной поверхности на плоскости. Различие между ними состоит в том, что при составлении карты проецирование производят с искажениями поверхности за счет влияния кривизны Земли, на плане изображение получают практически без искажения.

Профилем местности называется уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности по заданному направлению. Как правило, разрез местности (рис. 5, а) представляет собой кривую линию $ABC...G$. На профиле (рис. 5, б) она строится в виде ломаной линии $abc...g$. Уровенную поверхность изображают прямой линией; для большей наглядности вертикальные отрезки (высоты, превышения) делают крупнее, чем горизонтальные (расстояния между точками).

§ 3. ИЗМЕРЕНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ В ГЕОДЕЗИИ

Под измерениями понимают процесс сравнения какой-либо величины с другой однородной величиной, принимаемой за единицу. При всем многообразии геодезических измерений все они сводятся в основном к трем видам:

линейные, в результате которых на местности определяются расстояния между заданными точками;

угловые, когда определяются значения горизонтальных и вертикальных углов между направлениями на заданные точки;

высотные (нивелирование), в результате которых определяются разности высот отдельных точек.

За единицу линейных и высотных измерений (расстояний, высот и превышений) в геодезии принят метр, представляющий собой длину жезла – эталона, изготовленного из платино-иридиевого сплава в 1889 г., и хранящегося в Международном бюро мер и весов в Париже. Копия №28 этого жезла находится в НИИ метрологии им. Д.И. Менделеева в Санкт-Петербурге. В качестве эталона более высокой точности в настоящее время служит метр, определенный как длина пути, пройденного светом за $1/299792548$ доли секунды.

Единицей для измерений углов (горизонтальных и вертикальных) служит градус, представляющий $1/90$ прямого угла, или $1/360$ окружности. Градус содержит 60 угл. мин, минута делится на 60 угл. с. В некоторых странах применяют градусную систему, в которой 1 град составляет $1/400$ окружности, градусная минута – $1/100$ град, а градусная секунда – $1/100$ град мин.

В современных автоматизированных угломерных приборах единицей измерений служит гон, равный 1 град или 54 угл. мин; тысячная его доля, равная 3,24 угл. с, называется *миллигон*.

Измерения называют *прямыми*, если их выполняют с помощью приборов, позволяющих непосредственно сравнить измеряемую величину с величиной, принятой за единицу, и *косвенными*, когда искомую величину получают путем вычислений на основе результатов прямых измерений. Так, угол в треугольнике можно непосредственно измерить угломерным прибором (прямое измерение) или вычислить по результатам измерения трех сторон треугольника (косвенное измерение).

Необходимые условия любого измерения: объект измерения; субъект измерения – лицо, производящее измерение; мерный прибор, которым выполняют измерения; метод измерения – совокупность правил и действий, определяющих процесс измерения; внешняя среда, в которой выполняют измерения.

Обозначенные на местности точки, от которых выполняют геодезические измерения, называются *исходными*. Точки, положение которых на местности необходимо определить, называют *определяемыми*.

Исходные и определяемые точки могут располагаться в горизонтальной плоскости в плане (плановые точки) и в вертикальной – по высоте (высотные точки).

Рассмотрим основные геодезические способы построения, применяемые для определения положения точки в плане.

Требуется определить положение точки *C* относительно обозначенных на местности исходных точек *A* и *B*.

Первый способ (рис. 6, а). Положение точки C можно определить, если опустить из этой точки перпендикуляр на прямую AB , а затем измерить расстояние l от точки A до основания перпендикуляра и длину перпендикуляра d . Отрезки l и d будут координатами точки C . Такое построение называют *способом перпендикуляров*.

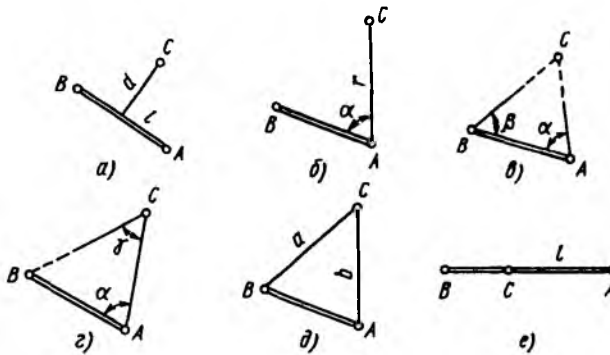


Рис. 6. Схемы (а...е) к способам определения положения точки в плане

Если прямую AB принять за ось абсцисс прямоугольной системы координат, перпендикуляр d будет ординатой определяемой точки, а расстояние l – ее абсциссой. Поэтому способ называют также *способом ординат*.

Второй способ (рис. 6, б). Положение точки C определяется, если измерить из точки A угол α и длину $AC = r$. Такой способ называют *способом полярных координат*: полярные координаты точки C – α и r ; угол α – полярный, точка A – полюс, прямая AB – полярная ось, отрезок r – радиус-вектор.

Третий способ (рис. 6, в). Для определения положения точки C относительно прямой AB достаточно измерить углы α и β из точек A и B . Этот способ называют *прямой угловой засечкой* (прямая AB – базис засечки).

Четвертый способ (рис. 6, з). Положение точки C определяется, если измерить угол α из точки A и угол γ из определяемой точки C (*способ боковой засечки*).

Пятый способ (рис. 6, д). Для определения положения точки C можно измерить длину линий $AB = b$ и $BC = a$ (*способ линейной засечки*).

Шестой способ (рис. 6, е). Точка C находится на линии AB (в створе AB) и на расстоянии l от точки A (*способ створной засечки*).

Эти построения выполняют, если расстояния между точками сравнительно невелики и есть непосредственная видимость между исходными и определяемыми точками. Когда расстояния между исходными точками значительны или требуется найти положение нескольких точек, пользуются более сложными построениями.

Положение определяемой точки C по высоте (рис. 7) находят, измерив ее превышение h над исходной точкой A или угол наклона ν линии AC к горизонту и горизонтальное проложение d (проекцию линии AC на горизонтальную плоскость).

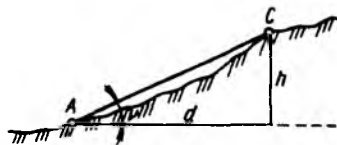


Рис. 7. Схема к способу определения положения точки по высоте

§ 4. МАСШТАБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ

Масштаб – это отношение длины s линии на чертеже, плане, карте к длине S горизонтального проложения, соответствующей линии в натуре, т.е. $s:S$. Масштаб обозначают либо дробью (числовой), либо в виде графических изображений.

Числовой масштаб, обозначаемый $1/M$, представляет собой правильную дробь, у которой числитель равен 1, а знаменатель M показывает, во сколько раз уменьшены линии местности при изображении их на плане. Например, для масштаба $1/100$ единице длины на плане соответствует 100 таких же единиц на местности, или 1 см на плане – 100 см (1,0 м) на местности. Чем больше знаменатель числового масштаба, тем больше степень уменьшения, т.е. тем мельче масштаб. Из двух числовых масштабов более крупный тот, знаменатель которого меньше.

Используя значение $1/M$ числового масштаба и зная длину S проложения линии на местности, можно по формуле

$$s = S/M \quad (1)$$

определить ее длину на плане или по формуле

$$S = sM \quad (2)$$

линии на местности, зная длину s этого отрезка на плане.

Пример 1. Длина отрезка $S = 142$ м. Найти величину изображения этого отрезка на плане масштаба $1:2000$.

По формуле (1) получим

$$s = 142 \text{ м} / 2000 = 0,071 \text{ м} = 7,1 \text{ см.}$$

Пример 2. На плане масштаба $1:500$ величина отрезка между двумя точками $S = 14,6$ см. Определить длину S этой линии на местности.

По формуле (2) находим $S = 14,6 \text{ см} \times 500 = 7300 \text{ см} = 73 \text{ м.}$

При решении задач по карте или плану с помощью числового масштаба приходится выполнять много вычислений. Чтобы избежать этого, используют графические масштабы.

Графические масштабы бывают линейные и поперечные.

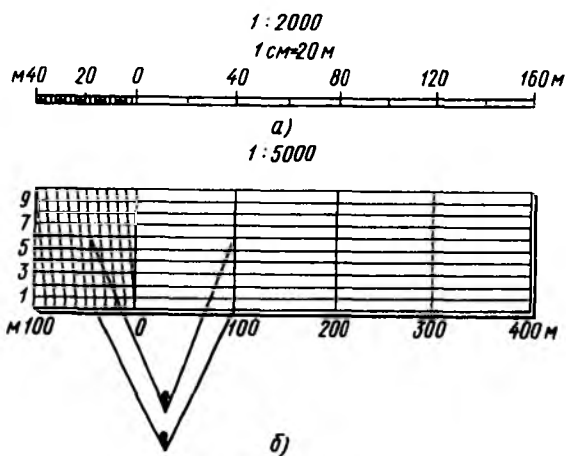


Рис. 8. Линейный (а) и поперечный (б) графические масштабы

Линейный масштаб (рис. 8, а) представляет собой шкалу с делениями, соответствующими данному числовому масштабу. Для построения линейного масштаба на прямой линии откладывают несколько раз расстояние, называемое *основанием масштаба*. Длину основания принимают равной 1...2,5 см. Первое основание делят на десять равных частей и на правом конце его пишут нуль, а на левом — то число метров или километров, которому на местности соответствует в данном масштабе основание. Вправо от нуля над каждым делением надписывают значения соответствующих расстояний на местности (на рис. 8 изображен линейный масштаб для числового масштаба 1:2000).

Поперечный масштаб применяют для измерений и построений повышенной точности. Как правило, поперечный масштаб гравировают на металлических пластинах, линейках или транспортирах. Для заданного числового масштаба он может быть построен на чертеже.

Поперечный масштаб (рис. 8, б) строят следующим образом. На прямой линии, как и при построении линейного масштаба, откладывают несколько раз основание масштаба и первый отрезок делят на десять частей. Деления надписывают так же, как и при построении линейного масштаба. Из каждой точки подписанного деления восстанавливают перпендикуляры, на которых откладывают десять отрезков, равных десятой доле основания. Через точки, полученные на перпендикулярах, проводят прямые линии, параллельные основанию. Верхнюю линию первым основанием делят также на десять равных частей. Полученные точки верхних и нижних делений на первом отрезке соединяют, как показано на рисунке. Полученные

линии называются *трансверсалими*. Расстояния между смежными трансверсалими составляют десятую долю основания, а между нулевой вертикальной линией и смежной с ней трансверсалью – от одной сотой доли до десятой.

Поперечный масштаб с основанием 2 см, изображенный на рис. 8, б, имеет подписи, соответствующие числовому масштабу 1:5000. Основание масштаба соответствует 100 м на местности, десятая его часть – 10 м, сотая – 1 м. Если, например, в этом масштабе надо на плане отложить длину, равную на местности 146 м, правую ножку циркуля-



Рис. 9. Пример внемасштабного изображения – план города

измерителя совмещают с точкой 100 м справа от нуля, а левую – с точкой 40 м слева от нуля. Затем измеритель поднимают на шесть делений вверх и раздвигают до точки, соответствующей 146 м.

Применение любого масштаба, даже поперечного, не может обеспечить точности выше определенного предела, зависящего от свойств человеческого глаза. Невооруженным глазом с расстояния нормального зрения (25 см) можно оценить на плане размер, не превосходящий 0,1 мм (детали объектов местности меньше 0,1 мм изобразить на плане нельзя). Точность масштаба характеризуется горизонтальным расстоянием на местности, соответствующим на плане 0,1 мм. Например, для планов, вычерченных в масштабе 1:500, 1:1000, 1:2000, точность масштаба соответственно равна 0,05, 0,1, 0,2 м. Точностью масштаба определяется степень обобщения (генерализации) подробностей, которые могут быть изображены на плане (карте) того или иного масштаба.

Для того чтобы акцентировать внимание на каких-то элементах чертежа, карты, плана, эти элементы изображают внемасштабно, т.е. с другой степенью уменьшения или увеличения. На схематических планах городов увеличенными в произвольном масштабе изображают исторические, культурные памятники, театры, вокзалы (рис. 9); на мелкомасштабных картах – кружки городов, толщины рек; на чертежах – условные обозначения, стыковые швы, маркировку изделия. По такому внемасштабному изображению нельзя производить никаких измерений.

Разномасштабно, т.е. в определенном масштабе, но отличном от масштаба данного чертежа, показывают узлы, детали на строительных и машиностроительных чертежах; при изображении плана дороги, проходящей по однообразной местности, выделяют в крупном масштабе только места пересечения дорогой рек, населенных пунктов, дорог иного назначения и т.п. Таким образом, на одном и том же плане, чертеже, схеме изображения могут быть даны в разных масштабах, а в некоторых случаях – и в натуральную величину.

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой действительная фигура Земли и почему ее изображение заменяют референц-эллипсоидом или шаром?
2. Чем характеризуется положение точки на поверхности Земли?
3. В какой системе ведется счет высот в нашей стране?
4. В чем разница между планом и картой?
5. Какими способами определяют положения заданных точек относительно исходных?
6. Какие условия необходимы для измерений?
7. В чем преимущество графических масштабов по сравнению с числовым?

ОРИЕНТИРОВАНИЕ НА МЕСТНОСТИ

§ 5. АЗИМУТЫ, РУМБЫ, ДИРЕКЦИОННЫЕ УГЛЫ
И ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ НИМИ

При выполнении геодезических работ на местности, работ с картой или чертежом необходимо определить положение линии (ориентировать линию) относительно стран света или какого-нибудь направления, принимаемого за исходное.

Ориентирование заключается в том, что определяют угол между исходным направлением и направлением данной линии. За исходное направление для ориентирования принимают истинный (географический), магнитный меридианы или ось абсцисс прямоугольной системы координат плана. В качестве углов, определяющих направление линии, служат истинный и магнитный азимуты, дирекционный угол и румбы.

Азимут называется угол между северным направлением меридиана и направлением данной линии MN (рис. 10). Азимут измеряется от севера через восток, юг и запад, т.е. по направлению движения часовой стрелки, и может иметь значения $0...360^\circ$. Азимут, измеряемый относительно истинного меридиана, называется *истинным*.

В геодезии принято различать прямое и обратное направления линии. Если направление линии MN от точки M к точке N считать прямым, то NM – обратное направление той же линии. В соответствии с этим угол A – прямой азимут линии MN в точке M , а A_1 – обратный азимут этой же линии в точке N .

Меридианы разных точек не параллельны между собой, так как они сходятся в точках полюсов. Отсюда азимут линии в разных ее точках имеет разное значение. Угол между направлениями двух меридианов называется сближением меридианов и обозначается γ . Зависимость между прямым и обратным азимутами линии MN выражается формулой $A_1 = A + 180^\circ + \gamma$.

Истинные азимуты линий местности определяются путем астрономических наблюдений или с помощью приборов – гиротеодолитов.

Иногда для ориентирования линии местности пользуются не азимутами, а румбами.

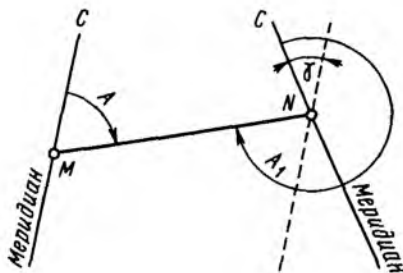


Рис. 10. Азимуты

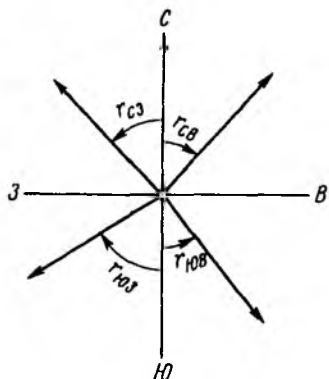


Рис. 11. Румбы

Румбом (рис. 11) называется острый угол между ближайшим (северным С или южным Ю) направлением меридиана и направлением данной линии.

Румбы обозначают буквой r с индексами, указывающими четверть, в которой находится румб. Названия четвертей составлены из соответствующих обозначений стран света. Так, первая четверть – северо-восточная (СВ), вторая – юго-восточная (ЮВ), третья – юго-западная (ЮЗ), четвертая – северо-западная (СЗ). Соответственно обозначают румбы в четвертях, например, в первой $r_{СВ}$, во второй – $r_{ЮВ}$. Румбы измеряют в градусах ($0...90^\circ$).

Зависимость между азимутами и румбами

Четверть	A , град	r
I (СВ)	$0...90$	A
II (ЮВ)	$90...180$	$180^\circ - A$
III (ЮЗ)	$180...270$	$A - 180^\circ$
IV (СЗ)	$270...360$	$360^\circ - A$

В прямоугольной системе координат ориентирование линии производят относительно оси абсцисс. Угол, отсчитываемый в направлении хода часовой стрелки от положительного (северного) направления оси абсцисс до линии, направление которой определяется, называется *дирекционным*. Дирекционные углы обозначаются буквой α , и подобно азимуту, изменяются от $0...360^\circ$.

Дирекционный угол какого-либо направления непосредственно на местности не измеряют, его значение можно вычислить, если для данного направления определен истинный азимут. Зависимость между дирекционным углом α и истинным азимутом A приведена на рис. 12. В данном случае γ – сближение меридианов – представляет собой угол между истинным меридианом M и осью абсцисс в этой точке. Ось абсцисс параллельна осевому меридиану зоны, в которой расположена линия MN . Как видно из рисунка, $\alpha = A - \gamma$. Так же, как и для азимута, различают прямой и обратный дирекционные углы: α – прямой, α' – обратный дирекционные углы линии MN : $\alpha' = \alpha + 180^\circ$.

Румбы дирекционных углов обозначают и вычисляют так же, как румбы истинных азимутов, только отсчитывают от северного и южного направлений оси абсцисс.

Направление магнитной оси свободно подвешенной магнитной стрелки называется *магнитным меридианом*. Угол между северным направлением магнитного меридиана и направлением данной линии называют *магнитным азимутом*. Магнитный азимут, так же как и истинный, считают по направлению движения часовой стрелки; он также изменяется в пределах $0...360^\circ$. Зависимость между магнитными азимутами и магнитными румбами такая же, как между истинными румбами. Так как магнитный полюс не совпадает с географическим, направление магнитного меридиана в данной точке не совпадает с направлением истинного меридиана. Горизонтальный угол между этими направлениями называют *склонением магнитной стрелки* δ . В зависимости от того, в какую сторону уклоняется северный конец стрелки от направления истинного меридиана, различают восточное и западное склонение. Перед значением восточного склонения обычно ставят знак плюс, западного – минус. Зависимость (рис. 13, а) между истинным A и магнитным A_M азимутами выражается формулой $A = A_M + \delta$. При использовании этой формулы учитывают знак склонения. Если известно склонение δ магнитной стрелки и сближение меридианов γ , по измеренному магнитному азимуту A_M линии MN можно вычислить дирекционный угол α (рис. 13, б) этой линии: $\alpha = A_M + (\delta - \gamma)$, где разность $\gamma - \delta$ – поправка на склонение стрелки и сближение меридианов (учитывают при ориентировании топографической карты).

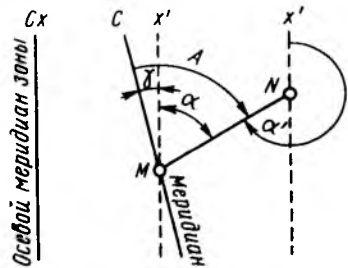


Рис. 12. Зависимость между дирекционным углом и истинным азимутом линии

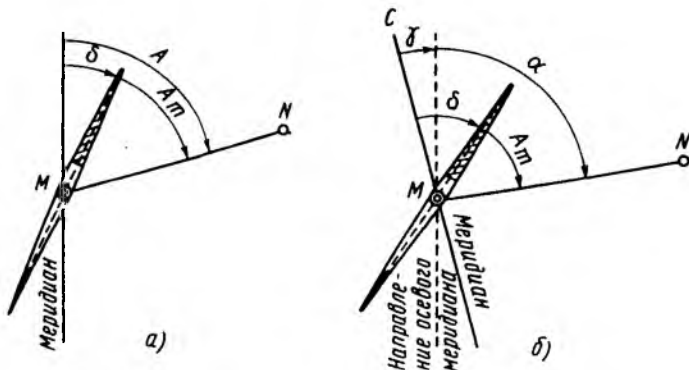


Рис. 13. Зависимости между углами:

а) истинным и магнитным азимутами, б) магнитным азимутам и дирекционным углом

В различных точках Земли магнитная стрелка имеет различное склонение. Так, на территории РФ оно колеблется в пределах $0... \pm 15^\circ$.

Склонение магнитной стрелки не остается постоянным и в данной точке Земли (различают вековые, годовые и суточные изменения склонений). Больше всего изменяются суточные склонения, колебания которых достигают $15'$. Следовательно, магнитная стрелка указывает положение магнитного меридиана приблизительно и ориентировать линии местности по магнитным азимутам можно тогда, когда не требуется высокой точности.

§ 6. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАНИЯ НА МЕСТНОСТИ

При ориентировании на местности для измерения магнитных азимут и магнитных румбов пользуются буссолями (рис. 14, а) и компасами (рис. 14, б).

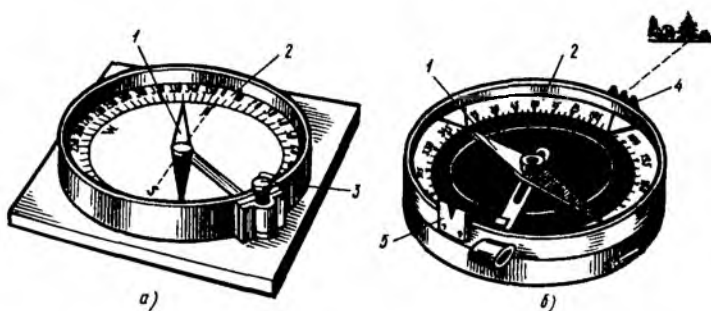


Рис. 14. Приборы для ориентирования по магнитным меридианам:
а – буссоль, б – компас; 1 – стрелка, 2 – кольцо, 3 – арретир, 4, 5 – диоптры

Главные части буссоли или компаса – магнитная стрелка 1, вращающаяся на острие шпиль, и кольцо 2 с угловыми делениями. Северный конец стрелки делают темно-синим или вороненым. В зависимости от того, как подписаны деления, различают азимутальное и румбическое кольцо. В азимутальном кольце деления подписывают против направления движения часовой стрелки от 0 до 360° , в румбическом – на концах нулевого диаметра ставят нули, перпендикулярного ему диаметра – 90° . В нерабочем состоянии стрелка приподнята на шпилье и прижата к защитному стеклу арретиром 3. Буссоли бывают штативные, устанавливаемые при измерениях на штатив; ручные, теодолитные, устанавливаемые на угломерные приборы – теодолиты; настольные, укладываемые на карту или план при их ориентировании. Настольная буссоль (рис. 14, а) называется *ориентир-буссолью*.

Штативные, ручные буссоли и компасы имеют приспособление для визирования – наведения на точку линии, азимут которой измеряется.

Простейшие виды таких приспособлений – диоптры: глазной 5 и предметный 4. В буссолях линия, соединяющая середину диоптров, постоянно совпадает с нулевым диаметром кольца; в компасах диоптры крепятся на вращающейся крышке.

Принцип измерения азимута линии буссолью заключается в том, что нулевой диаметр буссоли совмещают с направлением этой линии, а по северному концу магнитной стрелки отсчитывают значение азимута или румба. Например, на рис. 14, а такой отсчет равен $335^{\circ}5'$.

В компасе с подвижными диоптрами совмещают северный конец стрелки с нулем кольца, а линию диоптров – с направлением определяемой линии и по указателю предметного диоптра отсчитывают значение азимута данной линии.

Для определения истинного азимута применяют *гиротеодолит*, сочетающий в себе гироскоп как датчик направления географического меридиана и измеритель углов – теодолит. Гироскоп представляет собой вращающееся устройство, подобное волчку, главная ось которого под действием суточного вращения Земли и силы тяжести всегда занимает положение, параллельное оси вращения Земли, т. е. в плоскости географического меридиана.

Контрольные вопросы:

1. Что значит ориентировать линию?
2. Чем отличается истинный меридиан от румба линии?
3. В каком направлении отсчитывают дирекционные углы?
4. Чем отличаются истинные азимуты от магнитных?
5. Какова связь между дирекционным углом, истинным и магнитным азимутами?
6. Какими приборами определяют магнитные и истинные азимуты?

Глава III

ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ

§ 7. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА

Карты и планы классифицируют в основном по масштабам и назначению.

По масштабам карты подразделяются на мелко-, средне- и крупномасштабные. Мелкомасштабные карты мельче $1:1\,000\,000$ – это карты обзорного характера и в геодезии практически не применяются; среднемасштабные (обзорно-топографические) карты масштабов $1:1\,000\,000$, $1:500\,000$, $1:300\,000$ и $1:200\,000$; крупномасштабные (топографические) – масштабов $1:100\,000$, $1:50\,000$, $1:25\,000$, $1:10\,000$. Принятый в РФ мас-

штабный ряд заканчивается топографическими планами масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

В строительстве иногда составляют планы в масштабах 1:200, 1:100 и 1:50.

По назначению топографические карты и планы делятся на основные и специализированные. К основным относятся карты и планы общегосударственного картографирования. Это карты многоцелевого назначения, поэтому на них отображают все элементы местности. Специализированные карты и планы создаются для решения конкретных задач отдельной отрасли. На них выборочно показывают ограниченный круг элементов (например, геологии, почвенных структур). К специализированным относятся и изыскательские планы, используемые только в период проектирования и строительства данного вида сооружений.

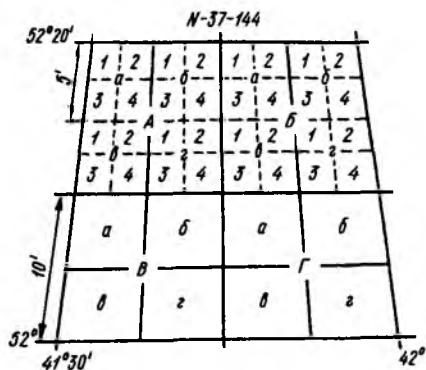


Рис. 15. Деление карты масштаба 1:100000 – 1:10000 на листы

Для удобства издания и практического пользования топографическую карту большой территории делят на листы (рис. 15). Каждый лист ограничен меридианами и параллелями, длина дуг которых зависит от масштаба карты. Разделение многолистной карты на листы по определенной системе называется *разграфкой*, система обозначения листов многолистной карты называется *номенклатурой*.

В основу номенклатуры положена международная разграфка листов карты масштаба 1:1000000.

Листы карты этого масштаба ограничены меридианами и параллелями по широте 4°, по долготе 6°. Каждый лист занимает только ему принадлежащее место, будучи обозначен заглавной латинской буквой, определяющей горизонтальный пояс, и арабской цифрой, определяющей номер вертикальной колонки. Например, лист карты масштаба 1:1000000, на котором находится Москва, имеет номенклатуру N-37.

Разграфка карт более крупных масштабов получается последовательным делением листа карты масштаба 1:1000000. Одному листу карты масштаба 1:1000000 соответствуют: 4 листа масштаба 1:500000, обозначаемые буквами А, Б, В, Г (номенклатура этих листов имеет вид, например, N-37-A); 9 листов масштаба 1:300000, обозначаемых римскими цифрами I, II, ..., IX (например, N-37-IX); 36 листов масштаба 1:200000, обозначаемых также римскими цифрами (например, N-37-I); 144 листа масштаба 1:100000, обозначаемые арабскими цифрами от 1 до 144 (например, N-37-144).

Одному листу карты 1:100000 соответствуют 4 листа карты масштаба 1:50000, обозначаемые буквами А, Б, В, Г; номенклатура листов этой карты имеет вид, например N-37-144-А. Одному листу карты 1:50000 соответствуют 4 листа карты масштаба 1:25000, обозначаемые буквами а, б, в, г, например N-37-144-А-а. Одному листу карты 1:25000 соответствуют 4 листа карты 1:10000, обозначаемые цифрами 1, 2, 3, 4, например, N-37-144-А-а-1.

На рис. 15 показана нумерация листов карт масштабов 1:50000... 1:10000, составляющих лист карты масштаба 1:100000.

Разграфка листов крупномасштабных планов производится двумя способами. Для съемки и составления планов на площади свыше 20 км² за основу разграфки принимают лист карты масштаба 1:100000, который делят на 256 частей для масштаба 1:5000, а каждый лист масштаба 1:5000 – на 9 частей для планов масштаба 1:2000. В этом случае номенклатура листа масштаба 1:5000 имеет вид, например, N-37-144(256), а масштаба 1:2000 – N-37-144(256-И).

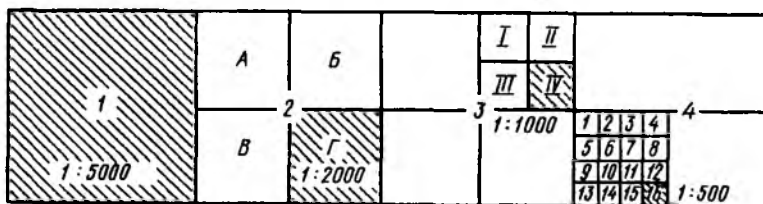


Рис. 16. Прямоугольная разграфка листа плана

Для планов участка площадью менее 20 км² используют прямоугольную разграфку (рис. 16) с рамками листа для масштаба 1:5000 – 40×40 см, а для масштабов 1:2000... 1:500 – 50×50 см. За основу прямоугольной разграфки принимают лист масштаба 1:5000, обозначаемый арабскими цифрами (например, 1). Листу плана в масштабе 1:5000 соответствуют 4 листа в масштабе 1:2000, обозначаемые буквами А, Б, В, Г. Листу плана в масштабе 1:2000 соответствуют 4 листа в масштабе 1:1000, обозначаемые римскими цифрами, и 16 листов в масштабе 1:500, обозначаемые арабскими цифрами. Показанные на рисунке планы масштабов 1:2000, 1:1000, 1:500 имеют соответственно номенклатуру 2-Г, 3-Б-IV, 4-В-16.

§ 8. КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ И СИСТЕМА ПЛОСКИХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

Чтобы изобразить на плоскости сферическую поверхность Земли в виде карты, на плоскость переносят сеть меридианов и параллелей – картографическую сетку – и затем по географическим координатам

точек земной поверхности строят карту. Способ перенесения сетки со сферической поверхности на плоскость называется *картографическим проецированием*. Существует много способов картографического проецирования и видов проекций. Их выбирают в зависимости от назначения карты и допустимых вида и величины искажений при проецировании сферической поверхности на плоскость. В геодезии целесообразно применять такую проекцию, которая не искажала бы углов, т. е. сохраняла бы подобие изображаемых фигур. Такие проекции называются *равноугольными*. В России топографические карты строят в равноугольной поперечной цилиндрической проекции и соответствующей ей системе плоских прямоугольных координат Гаусса–Крюгера (названа по имени немецких ученых, предложивших эту проекцию и разработавших формулы для применения ее в геодезии).

Проекцию Гаусса–Крюгера (рис. 17, а) получают, проецируя земной шар на поверхность цилиндра, касающегося Земли, по какому-либо меридиану. Чтобы искажения длины линий не превышали пределов точности масштаба карты, проецируемую часть земной поверхности ограничивают меридианами с разностью долгот 6° , а при составлении планов в масштабах 1:5000 и крупнее – 3° . Такой участок называется *зоной*. Средний меридиан каждой зоны называется *осевым*. Счет зон ведется от Гринвичского меридиана на восток.

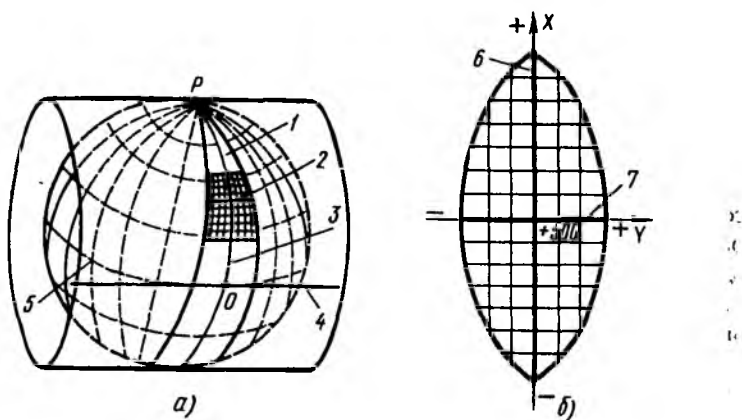


Рис. 17. Поперечная цилиндрическая проекция Гаусса–Крюгера (а) и зональная система координат (б):

1 – зона, 2 – координатная сетка, 3 – осевой меридиан, 4 – ось Y, 5 – экватор, 6 – проекция осевого меридиана, 7 – проекция экватора

После развертывания цилиндра в плоскость осевой меридиан зоны и экватор 5 изобразятся взаимно перпендикулярными прямыми линиями 6 (проекция осевого меридиана) и 7 (проекция экватора).

Изображения осевого меридиана и экватора принимают за оси зональной системы прямоугольных координат (рис. 17, б) с началом в точке их пересечения. С изображением осевого меридиана совмещают ось абсцисс X , а экватора – ось ординат Y .

Для всех точек на территории нашей страны абсциссы имеют положительное значение. Для того чтобы ординаты точек также были только положительными, в каждой зоне ординату начала координат принимают равной 500 км. Таким образом, точки, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют ординаты меньше 500 км, а к востоку – больше 500 км. Эти ординаты называют *преобразованными*.

Для удобства пользования плоскими прямоугольными координатами на каждый лист топографической карты, начиная с масштаба 1:200 000, наносят сетку квадратов, которая называется *километровой сеткой*. Стороны квадратов параллельны осям X и Y данной зональной системы координат. Размеры сторон зависят от масштаба карты. Например, на картах масштабов 1:10 000...1:50 000 стороны квадратов соответствуют 1 км на местности.

Так как осевые меридианы зон не параллельны друг другу, километровые сетки двух смежных зон не совпадают, поэтому на картах, расположенных в пределах 2° по долготе вдоль западной и восточной границ зоны, показывают выходы координат сетки соседних зон.

§ 9. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ НА ПЛАНАХ И КАРТАХ

На топографических картах и планах изображают разные объекты местности: контуры населенных пунктов, сады, огороды, озера, реки, линии дорог, электропередачи. Совокупность этих объектов называется *ситуацией*. Ситуацию изображают условными знаками.

Условные знаки, обязательные для всех учреждений и организаций, составляющих топографические карты и планы, устанавливаются Федеральной службой геодезии и картографии РФ и издаются либо отдельно для каждого масштаба, либо для группы масштабов. Хотя количество условных знаков велико (около 400), они легко запоминаются, так как внешне напоминают вид и характер изображаемых объектов.

Условные знаки делятся на пять групп: площадные, линейные, внемасштабные, пояснительные, специальные.

Площадные условные знаки (рис. 18, а) применяют для заполнения площадей объектов (например, пашни, леса, озера, луга); они состоят из знака границы объекта (точечный пунктир или тонкая сплошная линия) и заполняющих его изображений или условной окраски; например, на условном знаке 1 показан березовый лес; цифры (20/0,18)×4 характеризуют древостой, (м): числитель – высоту, знаменатель – толщину ствола, 4 – расстояние между деревьями.

Линейными условными знаками (рис. 18, б) показывают объекты линейного характера (дороги, реки, линии связи, электропереда-

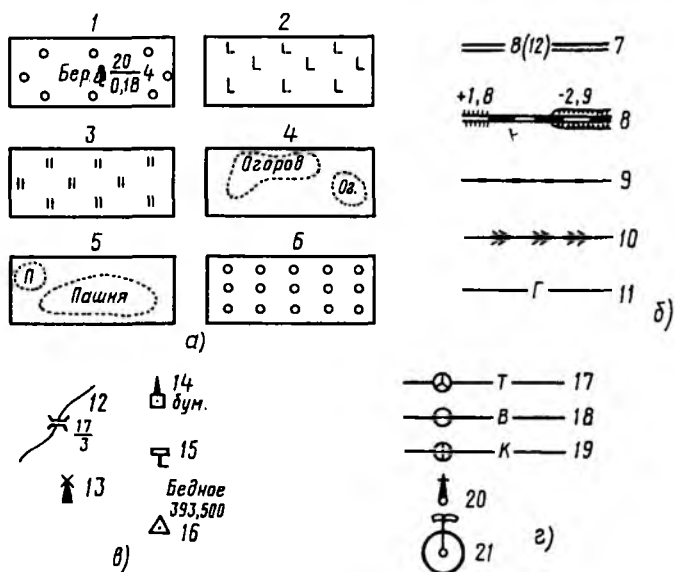


Рис. 18. Условные знаки:

а – площадные, *б* – линейные, *в* – внемасштабные, *г* – специальные;
 1 – лес, 2 – вырубка, 3 – луг, 4 – огород, 5 – пашня, 6 – фруктовый сад,
 7 – шоссе, 8 – железная дорога, 9 – линия связи, 10 – линия электропередачи,
 11 – магистральный трубопровод (газ), 12 – деревянный мост,
 13 – ветряная мельница, 14 – завод, фабрика, 15 – километровый столб,
 16 – пункт геодезической сети, 17 – трасса, 18 – водопровод,
 19 – канализация, 20 – водозаборная колонка, 21 – фонтан

чи), длина которых выражается в данном масштабе. На условных изображениях приводятся различные характеристики объектов; например, на шоссе 7 (м) показаны: ширина проезжей части – 8 и всей дороги – 12; на однопутной железной дороге 8 (м): +1,800 – высота насыпи, –2,900 – глубина выемки.

Внемасштабные условные знаки (рис. 18, *в*) служат для изображения объектов, размеры которых не выражаются в данном масштабе карты или плана (мосты, километровые столбы, колодцы, геодезические пункты). Как правило, внемасштабные знаки определяют местоположение объектов, но по ним нельзя судить об их размерах. На знаках приводятся различные характеристики, например, длина 17 м и ширина 3 м деревянного моста 12, отметка 393,500 пункта геодезической сети 16.

Пояснительные условные знаки представляют собой цифровые и буквенные надписи, характеризующие объекты, например, глубину и скорость течения рек, грузоподъемность и ширину мостов, породу леса, среднюю высоту и толщину деревьев, ширину шоссе-

ных дорог. Эти знаки проставляют на основных площадных, линейных, внесмасштабных.

Специальные условные знаки (рис. 18, з) устанавливают соответствующие ведомства отраслей народного хозяйства; их применяют для составления специализированных карт и планов этой отрасли, например, знаки для маркшейдерских планов нефтегазовых месторождений – нефтепромысловые сооружения и установки, скважины, промысловые трубопроводы.

Чтобы придать карте или плану большую наглядность, для изображения различных элементов используют цвета: для рек, озер, каналов, заболоченных участков – синий; лесов и садов – зеленый; шоссеиных дорог – красный; улучшенных грунтовых дорог – оранжевый. Всю остальную ситуацию дают черным цветом. На изыскательских планах цветными делают подземные коммуникации (трубопроводы, кабели).

§ 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ, РАССТОЯНИЙ И УГЛОВ НА ПЛАНАХ И КАРТАХ

Географические координаты точки A (рис. 19) широту φ и долготу λ определяют на плане или карте, пользуясь минутными шкалами рамок трапеции. Для определения широты через точку A проводят линию параллельно рамкам трапеций и берут отсчеты в местах пересечения со шкалой западной или восточной рамок. Аналогично для определения долготы через точку A проводят меридиан и берут отсчеты по шкалам северной или южной рамок. В приведенном примере $\varphi = 54^{\circ}58,6'$ с.ш., $\lambda = 37^{\circ}31,0'$ в.д.

Прямоугольные координаты X_A и Y_A точки A определяют относительно километровых линий сетки. Для этого измеряют расстояние ΔX и ΔY по перпендикулярам до ближайших километровых линий с координатами X_0 и Y_0 и находят:

$$X_A = X_0 + \Delta X$$

и

$$Y_A = Y_0 + \Delta Y.$$

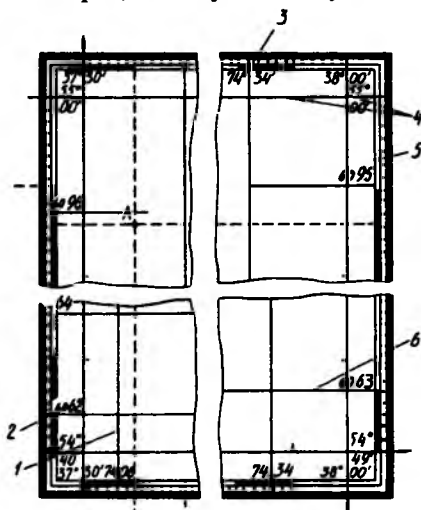


Рис. 19. Определение координат точки на топографическом плане:

- 1 – вертикальная километровая линия,
- 2 – цифровые обозначения горизонтальных линий координатной сетки, 3 – цифровые обозначения вертикальных линий координатной сетки, 4 – внутренняя рамка, 5 – рамка с минутами, 6 – горизонтальная километровая линия

Расстояния между точками на планах и картах определяют с помощью линейного или поперечного масштабов, криволинейные отрезки – прибором курвиметром.

Для измерения дирекционного угла линии через начальную ее точку проводят линию, параллельную оси абсцисс, и непосредственно при этой точке измеряют дирекционный угол. Можно также продолжить линию до пересечения ею ближайшей линии ординат координатной сетки и измерить дирекционный угол в точке пересечения.

Для непосредственного измерения истинного азимута линии через ее начальную точку проводят меридиан (параллельно восточной или западной рамке трапеции) и относительно него измеряют азимут. Так как меридиан проводить трудно, можно определить сначала дирекционный угол линии, а затем по приведенным формулам вычислить истинный и магнитный азимуты.

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируют карты и планы?
2. Каким образом определяется номенклатура карт и планов?
3. Что такое картографическая проекция и каковы особенности проекции Гаусса–Крюгера?
4. Как строится прямоугольная система координат в проекции Гаусса–Крюгера?
5. Что такое ситуация на топографических картах и планах?
6. Как определяют географические и прямоугольные координаты точки по карте или по плану?
7. Каким образом определяют расстояния по карте?
8. Как измеряются ориентирные направления на карте?

Глава IV

РЕЛЬЕФ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЕ

§ 11. ФОРМЫ РЕЛЬЕФА И ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЕ

Рельефом местности называется совокупность неровностей земной поверхности.

В зависимости от характера рельефа местность подразделяют на равнинную, всхолмленную и горную. Равнинная местность имеет слабовыраженные формы или почти совсем не имеет неровностей; всхолмленная характеризуется чередованием сравнительно небольших по высоте повышений и понижений; горная представляет собой чередование возвышений более 500 м над уровнем моря, разделенных долинами.

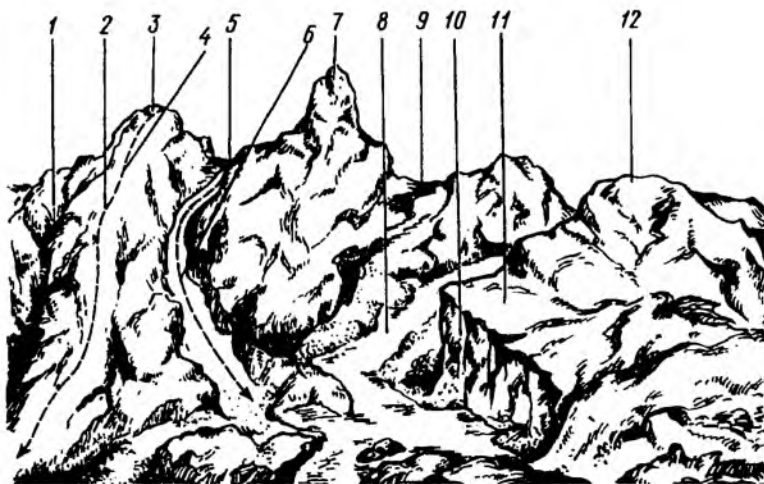


Рис. 20. Характерные формы рельефа:
 1 – лощины, 2 – хребет, 3, 7, 12 – вершины, 4 – водораздел,
 5, 9 – седловины, 6 – тальвег, 8 – река, 10 – обрыв, 11 – терраса

Из всего многообразия форм рельефа местности можно выделить наиболее характерные (рис. 20).

Гора (холм, высота, сопка) – это возвышающаяся над окружающей местностью конусообразная форма рельефа, наивысшая точка которой называется вершиной (3, 7, 12). Вершина в виде площадки называется плато, вершина остроконечной формы – пиком. Боковая поверхность горы состоит из скатов, линия слияния их с окружающей местностью – подошва, или основание горы.

Котловина, или впадина, – углубление в виде чаши. Самая низкая точка котловины – дно. Боковая поверхность ее состоит из скатов, линия слияния их с окружающей местностью называется бровкой.

Хребет 2 – возвышенность, постепенно понижающаяся в одном направлении и имеющая два крутых ската, называемых склонами. Ось хребта между двумя склонами называется водораздельной линией, или водоразделом 4.

Лощина 1 – вытянутое углубление местности, постепенно понижающееся в одном направлении. Ось лощины между двумя скатами называется водосливной линией, или тальвегом 6. Разновидностями лощины являются долина – широкая лощина с пологими склонами и овраг – узкая лощина с почти отвесными склонами. Начальной стадией оврага является промоина. Овраг, заросший травой и кустарником, называется балкой. Расположенные иногда по склонам лощин площадки, имеющие вид уступа или ступени с почти горизонтальной поверхностью, называются террасами.

Седловина 5, 9 – пониженная часть местности между двумя вершинами 3, 7. Через седловины в горах часто проходят дороги; в этом случае седловина называется перевалом.

Вершина горы, дно котловины и самая низкая точка седловины являются характерными точками рельефа. Водораздел и тальвег представляют собой характерные линии рельефа. Характерные точки и линии рельефа облегчают распознавание отдельных форм его на местности и изображение их на карте и плане.

Способ изображения рельефа на картах и планах должен давать возможность судить о направлении и крутизне скатов, а также определять отметки точек местности. Вместе с тем он должен быть наглядным. Известны различные способы изображения рельефа: перспективное, штриховка линиями разной толщины, цветной отмыск (горы – коричневые, лощины – зеленые), подписи отметок точек, горизонтали. Наиболее совершенные с инженерной точки зрения способы изображения рельефа – горизонталями в сочетании с подписью отметок характерных точек (рис. 21) и цифровой.

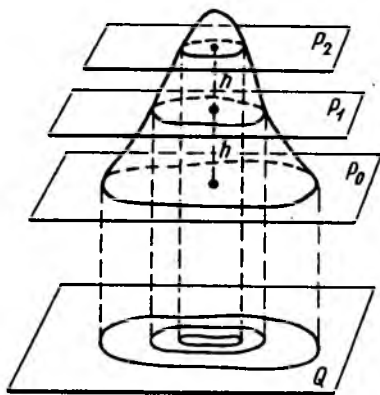


Рис. 21. Изображение рельефа горизонталями

Горизонталь – это линия на карте, соединяющая точки с равными высотами. Если представить себе сечение поверхности Земли горизонтальной (уровенной) поверхностью P_0 , то линия пересечения этих поверхностей, ортогонально спроецированная на плоскость и уменьшенная до размера в масштабе карты или плана, и будет горизонталью. Если поверхность P_0 расположена на высоте H от уровенной поверхности, принятой за начало счета абсолютных высот, то любая точка на этой горизонтали будет иметь абсолютную отметку, равную H . Изображение в горизонталях рельефа всего участка местности можно получить в результате сечения

поверхности этого участка рядом горизонтальных плоскостей P_1, P_2, \dots , расположенных на одинаковом расстоянии h друг от друга. В результате на карте получают горизонтали с отметками $H + h, H + 2h$ и т. д.

Расстояние h между секущими горизонтальными плоскостями называется *высотой сечения рельефа*. Ее значение указывается на карте или плане под линейным масштабом. В зависимости от масштаба карты и характера изображаемого рельефа высота сечения различна.

Расстояние между горизонталями на карте или плане называется *заложением*. Чем больше заложение, тем меньше крутизна ската на местности, и наоборот.

Горизонтالي никогда не пересекаются, за исключением нависшего утеса, естественных и искусственных воронок, узких оврагов, крутых обрывов, которые не выражаются горизонталями, а обозначаются условными знаками.

Основные формы рельефа изображаются горизонталями так.

Изображения горы и котловины (рис. 22, а, б), так же как хребта и лощины (рис. 22, в, г), сходны между собой. Чтобы отличить их друг от друга, у горизонтали указывают направление ската. На некоторых горизонталях подписывают отметки характерных точек, причем так, чтобы верх цифр был направлен в сторону повышения ската.

Если при данной высоте сечения рельефа некоторые особенности его не могут быть выражены, проводят дополнительные полу- и четвертьгоризонтали (рис. 23) соответственно через половину или четвертую часть принятой высоты сечения рельефа. Дополнительные горизонтали вычерчивают пунктирными линиями, иногда в виде отрезков.

Чтобы облегчить чтение горизонталей на карте, некоторые из них утолщают. При высоте сечения 1, 5, 10 и 20 м утолщают каждую пятую горизонталь с отметками, кратными соответственно 5, 10, 25 и 50 м. При высоте сечения 2,5 м утолщают каждую четвертую горизонталь с отметками, кратными 10 м.

§ 12. ИЗОБРАЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЦИФРОВОМ ВИДЕ

Развитие вычислительной техники и появление автоматических чертежных приборов (графопостроителей) привело к созданию автоматизированных систем для решения различных инженерных задач, связанных с проектированием и строительством сооружений. Часть этих задач решается с использованием топографических планов и карт. В связи с этим появилась необходимость представления и хранения информации о топографии местности в цифровом виде, удобном для применения компьютеров.

В памяти компьютера цифровые данные о местности наилучшим образом могут быть представлены в виде координат X , Y , H некото-

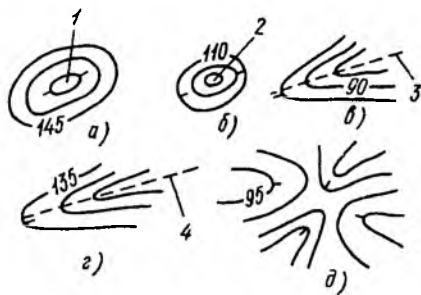


Рис. 22. Изображение горизонталями характерных форм рельефа: а – гора, б – котловина, в – хребет, г – седловина; 1 – вершина, 2 – дно, 3 – водораздел, 4 – тальвег



Рис. 23. Полу- и четвертьгоризонтали

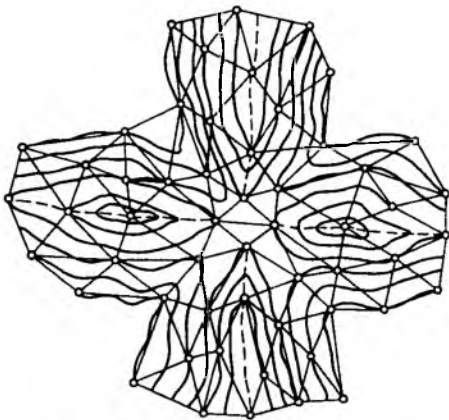


Рис. 24. Схема расположения точек цифровой модели в характерных местах рельефа и на горизонталях

множеством точек с координатами X , Y , H , выбранных на земной поверхности так, чтобы в достаточной мере отобразить характер рельефа.

Ввиду многообразия форм рельефа подробно описать его в цифровом виде довольно сложно. Поэтому в зависимости от решаемой задачи и характера рельефа применяют различные способы составления цифровых моделей. Например, ЦМР может иметь вид таблицы значений координат X , Y , H в вершинах некоторой сетки квадратов или правильных треугольников, равномерно расположенных на всей площади участка местности. Расстояние между вершинами выбирается в зависимости от формы рельефа и решаемой задачи. Модель может быть задана также в виде таблицы координат точек, расположенных в характерных местах (перегибах) рельефа (водоразделах, тальвегах и др.) или на горизонталях (рис. 24). Пользуясь значениями координат точек цифровой модели рельефа для более подробного его описания на компьютере по специальной программе, определяют высоту любой точки участка местности.

§ 13. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО КАРТАМ И ПЛАНАМ С ГОРИЗОНТАЛЯМИ

Определение крутизны ската. Крутизна ската характеризуется углом наклона v , который образует линия местности, например AB , с горизонтальной плоскостью P (рис. 25).

Из прямоугольного треугольника ABB' следует:

$$\operatorname{tg} v = h/a, \quad (3)$$

где h – высота сечения рельефа, a – заложение.

Зная тангенс, по таблицам значений тригонометрических функций находят значение угла наклона.

Крутизну ската характеризуют также уклоном i :

$$i = \operatorname{tg} v. \quad (4)$$

Уклон линии выражается в процентах или промилле (‰), т.е. тысячных долях единицы.

Пример. Определить угол наклона и уклон ската местности между горизонталями на плане масштаба 1:1000, если заложение равно 20 мм, высота сечения рельефа $h = 1,0$ м.

На местности заложению будет соответствовать длина отрезка, равная $ab = = 20 \text{ мм} \times 1000 = 20000 \text{ мм} = 20 \text{ м}$. По формулам (3) и (4) $\operatorname{tg} v = i = 1/20 = 0,05$, откуда $i = 5\% = 50\text{‰}$, а $v = 2,9^\circ$.

Как правило, при работе с картой или планом угол наклона либо уклон ската определяют, пользуясь графиками (рис. 26, а, б), называемыми *масштабами* (или *шкалами*) *заложений*.

Для этого с плана раствором циркуля берут заложение между двумя горизонталями по данному скату, затем по графику находят то место, где расстояние между кривой и горизонтальной прямой равно этому заложению. Для найденной таким образом ординаты прочитывают значение v или i по горизонтальной прямой (на приведенных графиках отмечено звездочками: $v = 2,9^\circ$, $i = 0,05 = 5\%$).

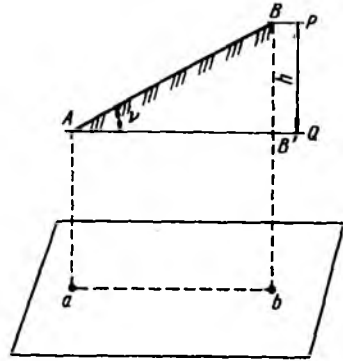


Рис. 25. Схема к определению крутизны ската

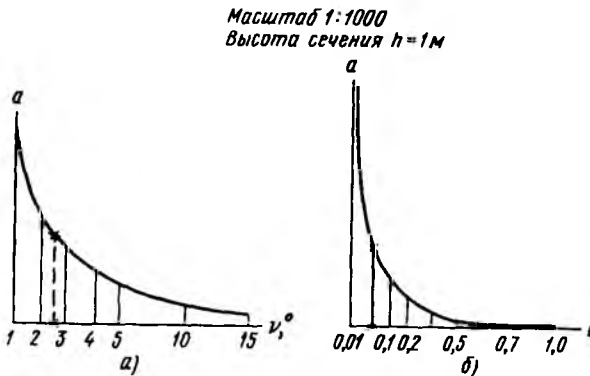


Рис. 26. Графики заложений к плану масштаба 1:1000 при высоте сечения рельефа $h = 1 \text{ м}$: а – для углов наклона, б – уклонов

1525498

Определение отметок точек местности. Если точка расположена на горизонтали, ее отметка равна отметке горизонтали. Когда точка находится между горизонталями с разными высотами, ее отметка определяется интерполированием (нахождением промежуточных значений величин) «на глаз» между отметками этих горизонталей.



Рис. 27. Схемы а...г для определения отметок точек по горизонталям

Интерполирование заключается в определении коэффициента пропорциональности расстояния d от определяемой точки до меньшей по значению горизонтали к величине заложения a , т.е. отношения d/a , и умножения его на значение высоты сечения рельефа h .

Пример. Отметка H_K (рис. 27, а) точки K , расположенной между горизонталями с отметками 150 м и 152,5 м, равна $H_K = H_{м.г.} + (d/a)h = 150 \text{ м} + 0,4 \times 2,5 \text{ м} = 151 \text{ м}$.

Если определяемая точка расположена между одноименными горизонталями – на седловине (рис. 27, б) или внутри замкнутой горизонтали – на холме или котловине (рис. 27, в, г), ее отметку можно определить лишь приблизительно, считая, что ее отметка больше или меньше высоты этой горизонтали на $0,5h$. Например, на рисунке для седловины отметка точки K равна 138,8, для холма – 128,8 м, для котловины – 126,2 м.

Проведение на карте линии заданного предельного уклона (рис. 28). Между заданными на карте точками A и B требуется провести кратчайшую линию так, чтобы ни один отрезок не имел уклона больше заданного предельного $i_{пред}$.

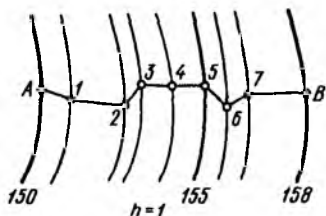


Рис. 28. Схема проведения на карте линии заданного предельного уклона

Проще всего задача решается с помощью масштаба заложения для уклонов. Взяв по нему раствором циркуля заложение $a_{пред}$, соответствующее уклону, засекают последовательно точки 1...7 – все горизонтали от точки A до точки B . Если раствор циркуля меньше расстояния между горизонталями, линию проводят по кратчайшему направлению. Соединив все точки, получают линию с заданным предельным уклоном.

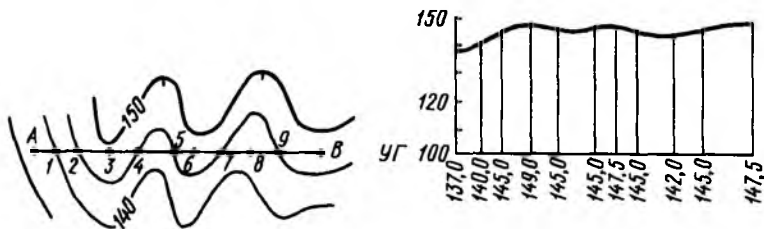


Рис. 29. Схемы построения профиля по заданному направлению

Если нет масштаба заложений, заложение $a_{\text{пред}}$ можно подсчитать по формуле $a_{\text{пред}} = h / (i_{\text{пред}} M)$ где M – знаменатель числового масштаба карты.

Построение профиля местности по заданному на карте направлению. Рассмотрим построение профиля на конкретном примере (рис. 29). Пусть требуется построить профиль местности по линии AB . Для этого линию AB переносят в масштабе карты на бумагу и отмечают на ней точки 1, 2, 4, 5, 7, 9, в которых она пересекает горизонтали, а также характерные точки рельефа (3, 6, 8). Линия AB служит основанием профиля. Взятые с карты отметки точек откладывают на перпендикулярах (ординатах) к основанию профиля в масштабе, в 10 раз превышающем горизонтальный масштаб. Полученные точки соединяют плавной линией. Обычно ординаты профиля уменьшают на одну и ту же величину, т.е. строят профиль не от нуля высот, а от *условного горизонта* УГ (на рис. 29 за условный горизонт принята высота, равная 100 м).

С помощью профиля можно установить взаимную видимость между двумя точками, для чего их нужно соединить прямой линией. Если построить профили из одной точки по нескольким направлениям, можно нанести на карту или план участка местности, не видимые с этой точки. Такие участки называют *полями видимости*.

Вычисление объемов (рис. 30). По карте с горизонталями можно вычислить объемы горы и котловины, изображаемых системой горизонталей, замыкающихся в пределах небольшой площади. Для этого формы рельефа делят на части, ограниченные двумя соседними горизонталями. Каждую такую часть можно при-

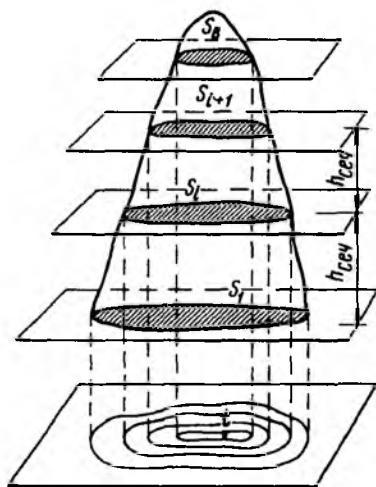


Рис. 30. Схема определения объема по карте с горизонталями

ближенно принять за усеченный конус, объем которого равен $V_i = (1/2)(S_i + S_{i+1}) h_{\text{сеч}}$, где S_i и S_{i+1} – площади, ограниченные на карте нижней и верхней горизонталями, являющимися основаниями усеченного конуса, $h_{\text{сеч}}$ – высота сечения рельефа, $i = 1, 2, \dots, k$ – текущий номер усеченного конуса.

Площади S измеряют планиметром (механическим или электронным).

Приближенно площадь участка можно определить, деля его на ряд правильных математических фигур (трапеций, треугольников и т.п.) и суммируя по площади. Объем V_B самой верхней части вычисляют, как объем конуса, площадь основания которого равна S_B , а высота h – разности отметок верхней точки t и горизонтали, ограничивающей основание конуса: $V_B = (S_B/3) h$.

Если отметка точки t на карте не подписана, то принимают $h = h_{\text{сеч}}/2$.

Полный объем вычисляют как сумму объемов отдельных частей: $V = V_1 + V_2 + \dots + V_k + V_B$, где k – число частей.

Контрольные вопросы:

1. Что называют рельефом местности и каковы его основные формы?
2. Какими способами изображают рельеф на топографических картах и планах?
3. В чем сущность способа изображения рельефа горизонталями?
4. Каким образом строится цифровая модель рельефа?
5. Как определить крутизну ската по карте?
6. Каким образом определяют отметки точек на карте по горизонталям?
7. Как построить профиль местности по заданному на карте направлению?

Глава V

ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

§ 14. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫЧИСЛЕНИЙ

Вычисления – неотъемлемый элемент геодезических работ как во время измерений, так и в процессе обработки их результатов. Способ и технические средства вычислений зависят от сложности и объема работы. Для вычислений используют различные вычислительные машины. В процессе работы пользуются справочными материалами, таблицами, номограммами.

При вычислении соблюдают общие требования, позволяющие уменьшать вероятность ошибок и получать результат наиболее простым способом:

– прежде всего выбирают рациональную схему (алгоритм), обеспечивающую простоту, наглядность и однотипность вычислений; например, результаты измерений и полевых вычислений записывают в стандартных журналах, а последующих (камеральных) вычислений – в бланках или ведомостях;

– все вычисления сопровождаются контролем – текущим и заключительным. При текущем контроле проверяют правильность промежуточных вычислений, при заключительном – окончательного результата. Для этого вычисления выполняют два работника, параллельно и независимо друг от друга; либо результаты проверяют по контрольным формулам;

– записи ведут четко и разборчиво; не допускается исправление неверно записанного или вычисленного числа по ранее написанному – ошибочное число зачеркивают одной линией и над ним пишут правильное число.

В геодезических вычислениях приходится иметь дело преимущественно с приближенными числами. Для того чтобы добиться наибольшей степени приближения, соблюдают следующие правила. В приближенном числе выделяют десятичные знаки, значащие цифры и верные цифры. Десятичными знаками считают все цифры, стоящие после запятой, значащими цифрами – все цифры числа, кроме нулей, стоящих перед первой и после последней значащими цифрами (например, в числе 0,0107 четыре десятичных знака и три значащие цифры). Верными называются цифры числа, «заслуживающие доверия». Например, если при измерении линии с точностью до 1 м получается результат 285,41 м, верными будут цифры 285, последние две цифры неверные, «не заслуживающие доверия».

При вычислениях удерживают такое количество значащих цифр, десятичных знаков, знаков логарифма, которое обеспечивает нужную точность результатов и не загружают вычисления неверными или ненужными цифрами. В тех случаях, когда приближенное число содержит излишнее количество неверных значащих цифр, прибегают к округлению. Обычно руководствуются следующим правилом: при выполнении приближенных вычислений число значащих цифр промежуточных результатов не должно превышать числа верных цифр более чем на одну или две единицы. Окончательный результат может содержать не более одной лишней значащей цифры. Числа округляют по общим правилам: если следующая после оставляемой цифры меньше пяти, ее и последующие цифры отбрасывают, если больше пяти – к последней оставляемой цифре прибавляют единицу, например, число π последовательно округляют так: 3,14159; 3,1416; 3,142; 3,14.

Если в числе последняя цифра 5, ее округляют до четной цифры, например, 10,375 – до 10,38; 0,245 – до 0,24.

При выполнении арифметических действий с приближенными числами целесообразно руководствоваться следующими правилами:

– при сложении или вычитании чисел с неодинаковым количеством десятичных знаков оставляют столько десятичных знаков, сколько их имеет число с наименьшим количеством десятичных знаков, плюс один запасной знак. В сумме или разности оставляют столько десятичных знаков, сколько имеет число с наименьшим количеством знаков;

– при умножении или делении чисел с неодинаковым количеством значащих цифр оставляют столько значащих цифр, сколько их имеет число с наименьшим количеством значащих цифр, плюс одна запасная цифра. В произведении или частном сохраняют столько значащих цифр, сколько их имеет число с наименьшим количеством значащих цифр;

– при возведении числа в степень в результате оставляют столько значащих цифр, сколько их было в числе, возводимом в степень;

– при извлечении корня из числа в результате сохраняют столько значащих цифр, сколько верных цифр имеет подкоренное число.

При вычислениях, связанных с умножением и делением чисел, возведением в степень и извлечением корня, применяют логарифмический, нелогарифмический (натуральный) и бестабличный способы, наиболее часто – нелогарифмический способ, основанный на применении вычислительных машин.

§ 15. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Электронные вычислительные машины разделяются на несколько классов в зависимости от их назначения, объема памяти, быстродействия, функциональных особенностей, габаритов и т. д.

Для решения многих повседневных технических задач применяют миниатюрные электронные вычислительные машины – небольшие, легкие и быстродействующие микрокалькуляторы.

В настоящее время выпускают различные модели микрокалькуляторов. Существуют простейшие микрокалькуляторы, выполняющие четыре арифметических действия; микрокалькуляторы, вычисляющие различные функции, и, наконец, программирующие – предназначенные для решения инженерных и научных задач.

Для геодезических вычислений применяют программирующие микрокалькуляторы «Электроника» МК-61, МК-52, МК-64, МК-71, МК-85 и др. Например, микрокалькулятор МК-61 выполняет операции: арифметические (+, −, ×, ÷); тригонометрические ($\sin x$, $\cos x$, $\operatorname{tg} x$, $\operatorname{arcsin} x$, $\operatorname{arccos} x$, $\operatorname{arctg} x$) при задании углов в градусах, градах или радианах; логарифмические ($\lg x$, $\ln x$, 10^x , e^x); показательные (x^2 , y^n). С его помощью можно выделять целую и дробную части числа, определять знак числа и выделять из двух чисел максимальное, переводить угловые величины, выдавать случайные числа, выполнять комплексные действия по программам. Особенностью микрокалькулятора МК-52 является способность хранить программы в памяти при отключенном питании, что значительно расширяет возможности автоматизации решения геодезических задач.

Вычислительные возможности микрокалькулятора МК-71 позволяют также оценивать точность результатов измерений. Микрокалькулятор выполнен в размере записной книжки и питается от батареи солнечных элементов, что обеспечивает его полную автономность при использовании в полевых условиях.

В геодезической практике широкое распространение получили персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ). Эксплуатация ПЭВМ значительно упрощена, что позволяет привлечь широкий круг пользователей для работы на ней.

Современные ПЭВМ обладают большим быстродействием и объемом памяти для хранения числовой информации.

Персональные ЭВМ состоят из трех основных частей: системного блока, клавиатуры и монитора (дисплея). В системном блоке располагаются основные узлы ПЭВМ, клавиатура служит для ввода информации и управления компьютером, дисплей – для изображения текстовой и графической информации. К системному блоку можно подключить устройства ввода/вывода информации, расширяя тем самым его возможности. В их числе: принтер – устройство для вывода на печать текстовой и графической информации; графопостроитель (плоттер) – устройство для вывода чертежей на бумагу; сканнер – устройство для считывания текстовой и графической информации; графический планшет и устройство типа «мышь», преобразующие координаты точек в цифровой код.

Для переноса информации с одного компьютера на другой и хранения ее вне компьютера используют специальные дискеты.

Персональные ЭВМ выпускают в настольном и портативном («блокнотном») варианте. Последние могут быть использованы при работах в полевых условиях.

Кроме того ПЭВМ могут быть объединены в системы, что значительно расширяет их вычислительные возможности.

Для сложных и больших по объему вычислений применяют также большие ЭВМ, которые могут работать в режиме разделения времени, т.е. дают возможность работать на них сразу нескольким пользователям, имеющим свои индивидуальные дистанционные пульты и дисплеи, соединенные с машиной каналами связи.

Для решения задач с помощью ЭВМ составляют программу, содержащую сведения о принципе решения (алгоритм) и последовательности действий.

Непосредственно программы записываются на алгоритмических языках. Каждый алгоритмический язык содержит определенные правила записи программ, позволяющие однозначно переводить (транслировать) их в рабочие программы данной машины. Алгоритмические языки универсальны, они практически не зависят от особенностей конкретной ЭВМ. Наиболее распространены алгоритмические языки Си, Бэйсик, Паскаль и др.

В настоящее время многие современные геодезические приборы оборудованы встроенными ЭВМ, позволяющими производить обработку результатов измерений непосредственно в поле.

§ 16. ТАБЛИЧНЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Табличные способы основаны на использовании общих и специальных таблиц. Общие таблицы – логарифмов, квадратов чисел; специальные – приращений координат, разбивки круговых кривых.

По точности таблицы бывают двух видов: с одним и тем же числом знаков после запятой или с одинаковым числом значащих цифр для всех значений аргументов. Последние таблицы точнее, поэтому их применяют для высокоточных вычислений. Прежде чем выбрать ту или иную таблицу, устанавливают необходимое число знаков, требуемое для обеспечения заданной точности вычислений. Например, при нахождении логарифмов натуральных чисел пользуются таблицами со столькими знаками, сколько верных цифр в данном числе.

Графические способы вычислений основаны на применении номограмм. Номограмма – это чертеж функциональной зависимости. По номограмме без вычислений определяют числовое значение одной переменной по числовым значениям других переменных, входящих в данную формулу.

Точность вычислений по номограммам зависит от их размера. Так, номограммы размером 20...40 см, построенные для геодезических формул, позволяют получить 3...4 верных знака.

Контрольные вопросы:

1. Какие правила соблюдают при выполнении действий с приближенными числами?
2. Что означает: «значащие» и «верные» цифры?
3. Какую вычислительную технику применяют для решения геодезических задач?
4. В чем сущность табличных и графических способов вычислений?

Глава VI

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

§ 17. ПОГРЕШНОСТИ И ИХ ВИДЫ

Измерения в геодезии рассматриваются с двух точек зрения: количественной, выражающей числовое значение измеренной величины, и качественной, характеризующей ее точность.

Из практики известно, что даже при самой тщательной и аккуратной работе многократные (повторные) измерения не дают одинаковых результатов. Это указывает на то, что получаемые результаты не являются точным значением измеряемой величины, а несколько отклоняются от него. Значение отклонения характеризует точность измерений. Если обозначить истинное значение измеряемой величины X , а результат измерения l , то истинная погрешность измерения Δ определится из выражения

$$\Delta = l - X.$$

Любая погрешность результата измерения есть следствие действия многих факторов, каждый из которых порождает свою погрешность. Погрешности, происходящие от отдельных факторов, называют *элементарными*. Погрешности *результата измерения* являются алгебраической суммой элементарных погрешностей.

Изучением основных свойств и закономерностей действия погрешностей измерений, разработкой методов получения наиболее точного значения измеряемой величины и характеристик ее точности занимается теория погрешностей измерений. Излагаемые в ней методы решения задач позволяют рассчитать необходимую точность предстоящих измерений и на основании этого расчета выбрать соответствующие приборы и технологию измерений, а после производства измерений получить наилучшие их результаты и оценить их точность. Математической основой теории погрешностей измерений являются *теория вероятностей* и *математическая статистика*.

Погрешности измерений разделяют по двум признакам: характеру их действия и источнику происхождения.

По характеру действия погрешности бывают грубые, систематические и случайные.

Грубыми называют погрешности, превосходящие по абсолютной величине некоторый, установленный для данных условий измерений, предел. Они происходят в большинстве случаев в результате промахов и просчетов исполнителя. Такие погрешности обнаруживают повторными измерениями, а результаты, содержащие их, бракуют и заменяют новыми. Погрешности, которые по знаку или величине однообразно повторяются в многократных измерениях (например в длине линии из-за неточного знания длины мерного прибора, из-за неточности уложения мерного прибора в створе этой линии и т.п.), называют *систематическими*. Влияние систематических погрешностей стремятся исключить из результатов измерений или ослабить тщательной проверкой измерительных приборов, применением соответствующей методики измерений, а также введением поправок в результаты измерений.

Случайные погрешности – это погрешности, размер и влияние которых на каждый отдельный результат измерения остается неизвестным. Величину и знак случайной погрешности заранее установить нельзя. Однако теоретические исследования и многолетний опыт изме-

рений показывают, что случайные погрешности подчинены определенным вероятностным закономерностям, изучение которых дает возможность получить наиболее надежный результат и оценить его точность.

По источнику происхождения различают погрешности приборов, внешние и личные.

Погрешности приборов обусловлены их несовершенством, например, погрешность в угле, измеренном теодолитом, ось вращения которого неточно приведена в вертикальное положение.

Внешние погрешности происходят из-за влияния внешней среды, в которой протекают измерения, например, погрешность в отсчете по нивелирной рейке из-за изменения температуры воздуха на пути светового луча (рефракция) или нагрева нивелира солнечными лучами.

Личные погрешности связаны с особенностями наблюдателя, например, разные наблюдатели по-разному наводят зрительную трубу на визирную цель.

Так как грубые погрешности должны быть исключены из результатов измерений, а систематические исключены или ослаблены до минимально допустимого предела, то проектирование измерений с необходимой точностью, оценку результатов выполненных измерений производят, основываясь на свойствах случайных погрешностей.

§ 18. СВОЙСТВА СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Случайные погрешности характеризуются следующими свойствами:

1. При определенных условиях измерений случайные погрешности по абсолютной величине не могут превышать известного предела, называемого *предельной погрешностью*. Это свойство позволяет обнаруживать и исключать из результатов измерений грубые погрешности.

2. Положительные и отрицательные случайные погрешности примерно одинаково часто встречаются в ряду измерений, что помогает выявлению систематических погрешностей.

3. Чем больше абсолютная величина погрешности, тем реже она встречается в ряду измерений.

4. Среднее арифметическое из случайных погрешностей измерений одной и той же величины, выполненных при одинаковых условиях, при неограниченном возрастании числа измерений стремится к нулю. Это свойство, называемое *свойством компенсации*, можно математически записать так: $\lim_{n \rightarrow \infty} (\Delta/n) = 0$, где $[\Delta]$ – знак суммы, т.е. $[\Delta] = \Delta_1 + \Delta_2 +$

$+ \Delta_3 + \dots + \Delta_n$, n – число измерений.

Последнее свойство случайных погрешностей позволяет установить принцип получения из ряда измерений одной и той же величины результата, наиболее близкого к ее истинному значению, т.е. наиболее точного. Таким результатом является среднее арифметическое из n

измеренных значений данной величины. При бесконечно большом числе измерений $\lim_{n \rightarrow \infty} ([l]/n) = X$.

При конечном числе измерений арифметическая средина $x = [l]/n$ содержит остаточную случайную погрешность, однако от точного значения X измеряемой величины она отличается меньше, чем любой результат l непосредственного измерения. Это позволяет при любом числе измерений, если $n > 1$, принимать арифметическую средину за окончательное значение измеренной величины. Точность окончательного результата тем выше, чем больше n .

§ 19. СРЕДНЯЯ КВАДРАТИЧЕСКАЯ, ПРЕДЕЛЬНАЯ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПОГРЕШНОСТИ

Для правильного использования результатов измерений необходимо знать, с какой точностью, т.е. с какой степенью близости к истинному значению измеряемой величины, они получены. Характеристикой точности отдельного измерения в теории погрешностей служит предложенная Гауссом *средняя квадратическая погрешность m* , вычисляемая по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\Delta^2}{n}}, \quad (5)$$

где n – число измерений данной величины.

Эта формула применима для случаев, когда известно истинное значение измеряемой величины. Такие случаи в практике встречаются редко. В то же время из измерений можно получить результат, наиболее близкий к истинному значению, – арифметическую средину. Для этого случая средняя квадратическая погрешность одного измерения подсчитывается по формуле Бесселя:

$$m = \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}}, \quad (6)$$

где δ – отклонения отдельных значений измеренной величины от арифметической средины, называемые *вероятнейшими погрешностями*, причем $[\delta] = 0$.

Точность арифметической средины, естественно, будет выше точности отдельного измерения. Ее средняя квадратическая погрешность M определяется по формуле

$$M = m/\sqrt{n}, \quad (7)$$

где m – средняя квадратическая погрешность одного измерения, вычисляемая по формуле (5) или (6).

Часто в практике для контроля и повышения точности определяемую величину измеряют дважды – в прямом и обратном направлениях, например, длину линий, превышения между точками. Из двух полученных значений за окончательное принимается среднее из них. В этом случае средняя квадратическая погрешность одного измерения подсчитывается по формуле

$$m = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}, \quad (8)$$

а среднего результата из двух измерений – по формуле

$$M = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d^2]}{n}}, \quad (9)$$

где d – разность двукратно измеренных величин, n – число разностей (двойных измерений).

В соответствии с первым свойством случайных погрешностей для абсолютной величины случайной погрешности при данных условиях измерений существует допустимый предел, называемый *предельной погрешностью*. В строительных нормах предельная погрешность называется *допускаемым отклонением*.

Теорией погрешностей измерений доказывается, что абсолютное большинство случайных погрешностей (68,3%) данного ряда измерений находится в интервале от 0 до $\pm m$; в интервал от 0 до $\pm 2m$ попадает 95,4%, а от 0 до $\pm 3m$ – 99,7% погрешностей. Таким образом, из 100 погрешностей данного ряда измерений лишь пять могут оказаться больше или равны $2m$, а из 1000 погрешностей только три будут больше или равны $3m$. На основании этого в качестве предельной погрешности $\Delta_{\text{пред}}$ для данного ряда измерений принимается утроенная средняя квадратическая погрешность, т.е. $\Delta_{\text{пред}} = 3m$. На практике во многих работах для повышения требований точности измерений принимают $\Delta_{\text{пред}} = 2m$. Погрешность измерений, величины которых превосходят $\Delta_{\text{пред}}$, считают грубыми.

Иногда о точности измерений судят не по абсолютной величине средней квадратической или предельной погрешности, а по величине относительной погрешности.

Относительной погрешностью называется отношение абсолютной погрешности к значению самой измеренной величины. Относительная погрешность выражается в виде простой дроби, числитель которой – единица, а знаменатель – число, округленное до двух-трех значащих цифр с нулями. Например, относительная средняя квадратическая погрешность измерения линии длиной $l = 110$ м при $m_s = 2$ см равна $m_s/l = 1/5500$, а относительная предельная погрешность при $\Delta_{\text{пред}} = 3m = 6$ см, $\Delta_{\text{пред}}/l = 1/1800$.

§ 20. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Точность результатов многократных измерений одной и той же величины оценивают в такой последовательности.

1. Находят вероятнейшее (наиболее точное для данных условий) значение измеренной величины по формуле арифметической середины $x = [l]/n$.

2. Вычисляют отклонения $\delta_i = l_i - x$ каждого значения измеренной величины l_1, l_2, \dots, l_n от значения арифметической середины. Контроль вычислений: $[\delta] = 0$.

Таблица 1

№ п/п	$l, \text{ м}$	$\delta, \text{ см}$	$\delta^2, \text{ см}^2$	Вычисления
1	121,75	-1	1	$m_l = \sqrt{81/(6-1)} \text{ см} = 4,0 \text{ см.}$ $M = 4,0/\sqrt{6} \text{ см} = 1,6 \text{ см.}$ $m_l/l = 1/3000.$ $M/l = 1/7600.$ $\Delta_{\text{пред}} = 12 \text{ см.}$
2	121,81	+5	25	
3	121,77	+1	1	
4	121,70	-6	36	
5	121,73	-3	9	
6	121,79	+3	9	
Среднее	121,76	-1	81	

3. По формуле Бесселя (6) вычисляют среднюю квадратическую погрешность одного измерения.

4. По формуле (7) вычисляют среднюю квадратическую погрешность арифметической середины.

Таблица 2

№ п/п	Время измерения, ч	$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_2, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{\text{ср}} = (t_1 + t_2)/2$	$d = t_1 - t_2$	d^2	Вычисления
1	0	12,4	12,6	12,5	-0,2	0,04	$m_t = \sqrt{0,57/24} \text{ }^\circ\text{C} = 0,15 \text{ }^\circ\text{C.}$ $M_{t_{\text{ср}}} = 0,5 \cdot \sqrt{0,57/12} \text{ }^\circ\text{C} = 0,11 \text{ }^\circ\text{C.}$
2	2	11,7	12,0	11,8	-0,3	0,09	
3	4	12,0	12,0	12,0	0	0	
4	6	15,1	14,7	14,9	+0,4	0,16	
5	8	16,0	15,8	15,9	+0,2	0,04	
6	10	20,5	20,6	20,6	-0,1	0,01	

№ п/п	Время измерения, ч	t_1 , °С	t_2 , °С	$t_{\text{ср}} = (t_1 + t_2)/2$	$d = t_1 - t_2$	d^2	Вычисления
7	12	24,9	25,2	25,0	-0,3	0,09	
8	14	25,2	25,2	25,2	0	0	
9	16	24,4	24,2	24,3	+0,2	0,04	
10	18	20,1	20,0	20,0	+0,1	0,01	
11	20	16,1	16,4	16,2	-0,3	0,09	
12	22	13,5	13,4	13,4	+0,1	0,01	
					-0,2	0,57	

5. Если измеряют линейную величину, то подсчитывают относительную среднюю квадратическую погрешность каждого измерения и арифметической середины.

6. При необходимости подсчитывают предельную погрешность одного измерения, которая может служить допустимым значением погрешностей аналогичных измерений.

Пример 1. Длина линии местности измерена шесть раз. Требуется определить вероятнейшее значение длины линии и оценить точность выполненных измерений. Результаты измерений и вычислений записывают по форме, приведенной в табл. 1.

Оценку точности по разностям двойных измерений производят в такой последовательности. 1. Вычисляют среднее значение из двойных измерений. 2. Вычисляют разности d двойных измерений. 3. По формуле (8) вычисляют среднюю квадратическую погрешность одного измерения. 4. По формуле (9) вычисляют среднюю квадратическую погрешность среднего результата из двух измерений.

Пример 2. На метеостанции температура воздуха измерялась в разное время суток двумя одинаковыми термометрами.

Требуется определить среднюю квадратическую погрешность измерения температуры воздуха одним термометром и среднего значения из одновременных измерений двумя термометрами. Значения измеренных температур воздуха и оценку точности измерений записывают по форме, приведенной в табл. 2.

Контрольные вопросы:

1. Что называется погрешностью измерения?
2. Какие погрешности по характеру действия встречаются в измерениях?
3. Каковы основные причины погрешностей измерений?
4. Какими свойствами обладают случайные погрешности измерений?
5. В чем суть принципа арифметической середины?
6. Какими характеристиками оценивается точность измерений?

Глава VII

ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНИЙ

§ 21. РУЛЕТКИ, ЛЕНТЫ И ИХ КОМПАРИРОВАНИЕ

Измерение линий на местности – один из самых распространенных видов геодезических измерений. Без измерения линий не обходится ни одна геодезическая работа. Линии измеряют на горизонтальной, наклонной и вертикальной плоскостях. Их производят непосредственно – металлическими, деревянными метрами, рулетками, землемерными лентами и специальными проволоками, а также косвенно – электронными, нитяными и другими дальномерами.

Метры, из-за простоты их конструкции, описывать нет необходимости, однако следует подчеркнуть, что при использовании складных метров необходимо прежде всего проверить наличие всех звеньев.

Рулетки (рис. 31) выпускают стальные и тесемочные длиной 1, 2, 5, 10, 20, 30, 50 и 100 м, шириной 10...12 мм, толщиной 0,15...0,30 мм. На полотне рулетки наносят штрихи – деления через 1 мм по всей длине или только на первом дециметре. В последнем случае все остальное

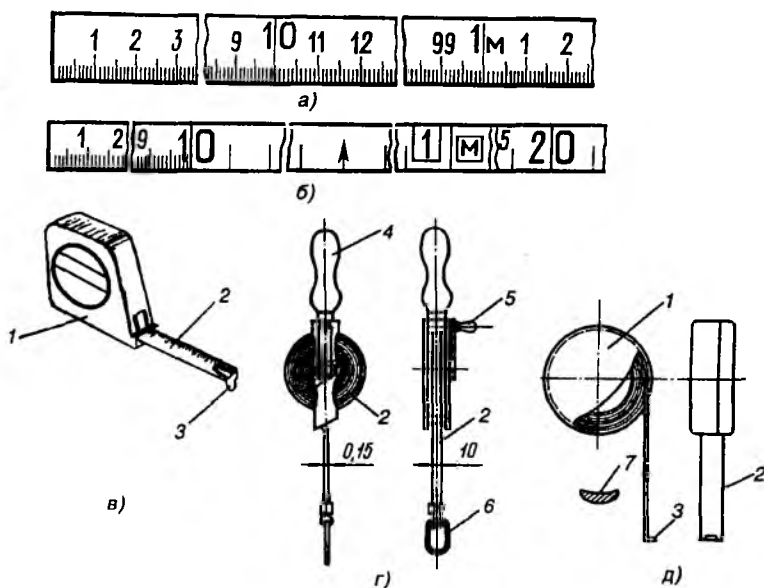


Рис. 31. Стальные рулетки:

а, б – виды делений, *в* – карманная, автоматически сматывающаяся, *г* – на вилке, *д* – в футляре; *1* – футляр, *2* – полотно, *3* – “Г”-образные окончания для фиксации, *4, 5* – ручки, *6* – кольцо, *7* – желобковый вид сечения

полотно размечают сантиметровыми штрихами. Цифры подписывают у каждого дециметрового деления. Чтобы измерить расстояние между двумя точками штрих с подписью 0 (ноль) прикладывают к одной точке и смотрят, какой штрих совпадает со второй точкой. Если вторая точка не совмещается со штрихом на рулетке, а попадает между ними, то расстояние между штрихами визуально делят на 10 частей и «на глаз» оценивают отстояние ее от ближайшего штриха. У рулеток с сантиметровыми делениями (рис. 31, б) отсчет берут до 0,1 деления, или до 1 мм, у рулеток с миллиметровыми делениями (рис. 31, а) – до 0,1 мм. Цифры у метровых делений даны с размерностью метров – буквой м. Стальные рулетки выпускают либо с полотном, намотанным на крестовину (вилку) (рис. 31, г), либо в футляре (рис. 31, в). Для измерений коротких отрезков металлические рулетки делают изогнутыми по ширине – желобковыми (рис. 31, д).

Длинномерные рулетки типа РК (на крестовине) и РВ (на вилке) применяют в комплекте с приборами для натяжения – динамометрами. Как правило, пружинными динамометрами обеспечивают натяжение рулеткам до 100 Н (стандартное натяжение, равное усилию 10 кг). Тесемочные рулетки состоят из плотного полотна с металлическими, обычно медными, прожилками. Полотно тесемочной рулетки покры-

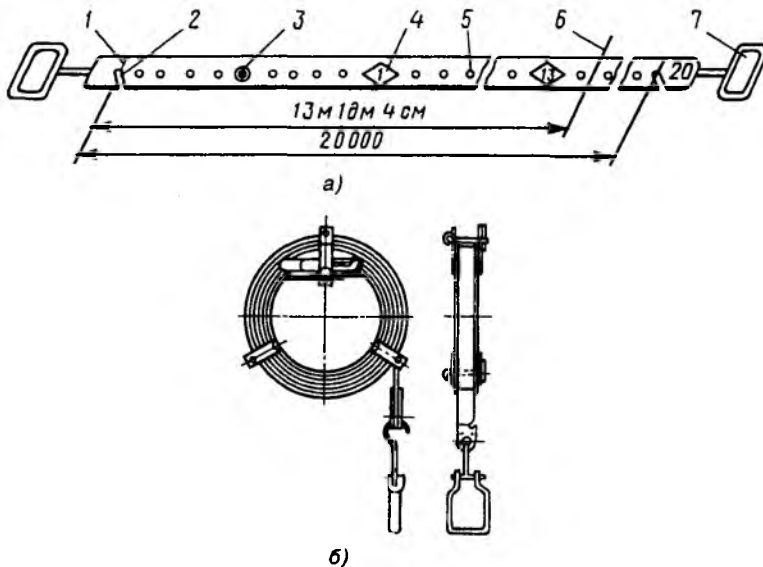


Рис. 32. Землемерная лента:

а – при измерении, б – на станке:

- 1 – штрих, 2 – вырез, 3 – заклепка, 4 – пластина, 5 – отверстие,
6 – линия, до которой выполнено измерение, 7 – ручка

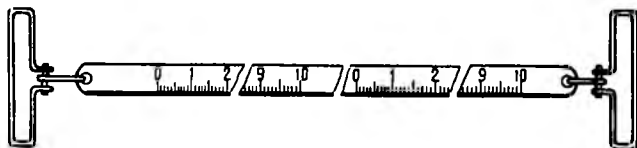


Рис. 33. Землемерная шкаловая лента

то краской и имеет деления через 1 см. Тесемочными рулетками пользуются, когда не требуется высокая точность измерений. Тесемочные рулетки свертывают в пластмассовый корпус.

Землемерная лента ЛЗ (рис. 32) представляет собой стальную полосу длиной 20, 24, 30 и 50 м, шириной 10...15 мм и толщиной 0,5 мм. На концах ленты нанесено по одному штриху 1, между которыми и считается длина ленты. У штрихов сделаны вырезы 2, в которые вставляют шпильки, фиксируя длины измеряемых отрезков. Оканчивается лента ручками. На каждой плоскости ленты отмечены деления через 1, 0,5 и 0,1 м. Для исключения просчетов при измерении линий короче номинальной длины ленты, подписи метровых делений на одной плоскости возрастают от одного конца ленты, а на другой плоскости от противоположного конца. Метры на ленте отмечены медными пластинами 4, полуметровые деления – заклепками 3, дециметровые – отверстиями 5. Более мелких делений не делают. Длину отсчитывают с точностью до сотых долей метра делением дециметровых частей (между отверстиями) «на глаз». На приведенном рисунке отсчет от начального штриха до вертикальной полосы равен 13 м и 14 см.

Землемерная шкаловая лента ЗЛШ (рис. 33) отличается от описанной выше наличием на ее концах шкал с миллиметровыми делениями. Длины отрезков на концах ленты с миллиметровыми делениями равны 10 см. Номинальной длиной ленты является расстояние между нулевыми штрихами шкал.

В комплекты ЛЗ и ЗЛШ входят наборы (от 6 до 11 штук шпилек) – металлических стержней с заостренными концами и кольцами-ручками (рис. 34). Для переноски шпильки надевают на проволочное кольцо.

Для транспортировки и хранения ленты наматывают на металлическое кольцо – станок.

Для некоторых видов точных измерений применяют специальные **инварные проволоки**. (Инвар – это сплав, содержащий железо, никель, углерод, марганец и другие примеси.) Инвар обладает малым коэффициентом линейного расширения в зависимости от температуры, повышенной твердостью и упругостью. На концах проволоки закреплены специальные шкалы-линейки с

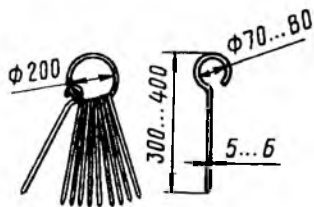


Рис. 34. Набор шпилек

наименьшими делениями 1 мм. На остальной части проволоки маркировки длины нет. Поэтому проволоками измеряют расстояния, равные длине между штрихами (24 м). Расстояния, не кратные 24 м, измеряют инварными рулетками.

В практике применяют ряд других приборов и инструментов для непосредственного измерения линий. К ним относят длинномеры (измерения аналогичны измерениям проволоками); нутромеры – концевые меры со сферическими окончаниями для измерения и контроля расстояний контактным способом; катетометры – специальные приборы для измерения небольших (до 1 м) вертикальных отрезков с очень большой точностью (0,006...0,050 мм); измерительные микроскопы, а также шаблоны и другие приспособления, часть из которых будет рассмотрена при изучении геодезического обеспечения строительно-монтажных работ.

Компарирование. До начала работы мерные приборы сравнивают с эталонами – компарируют. За эталоны принимают отрезки линий на местностях или в лаборатории, длины которых известны с высокой точностью. Длина l -мерного прибора ленты или рулетки выражается уравнением, которое в общем виде можно записать так:

$$l = l_0 + \Delta l_K + \Delta l_t, \quad (10)$$

где l_0 – номинальная длина ленты при нормальной температуре (в РФ – +20°C), Δl_K – поправка компарирования, Δl_t – поправка из-за температуры.

Уравнение мерного прибора может иметь, например, такой вид

$$l_{30} = 30 + 3,8 \text{ при } t = +20^\circ\text{C},$$

что означает: мерный прибор длиной 30 м при температуре +20°C имеет поправку к конечному штриху +3,8 мм.

Чтобы вычислить номинальную длину мерного прибора для каждого температурного режима эксплуатации поступают таким образом. Сначала определяют величину поправки из-за температуры. Известно, что коэффициент линейного расширения стали при изменении температуры на 1°C равен $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$ м/град.

Пусть требуется узнать полную поправку при температуре эксплуатации –6°C. Тогда для мерного прибора $L = 30$ м длины поправка будет $\Delta l_t = \alpha(t - t_0)L = 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot (-6 - 20) \cdot 30 \text{ м} = -9,8 \text{ мм}$, а общая длина ленты будет $l_{30} = 30 \text{ м} + 3,8 \text{ мм} - 9,8 \text{ мм} = 29,994 \text{ м}$.

В производственных условиях мерные приборы чаще всего эталонируют на полевых компараторах. Эти компараторы представляют собой выровненные участки местности преимущественно с твердым покрытием. Концы компаратора закрепляют знаками со специальными метками, расстояние между которыми известно с большой точностью.

Компарирование длинномерных рулеток и лент в полевых условиях производят на компараторах, длина которых, как правило, близка к $l = 120$ м. Такую длину выбирают для того, чтобы уложить мерный прибор на компараторе несколько раз. Уложение мерных приборов ведут в прямом и обратном направлениях. Подсчитывают число целых и дробных уложений рулетки или ленты и определяют поправку из-за компарирования. Ее вычисляют по формуле

$$\Delta l_k = (l_0 - l_{\Sigma})/n, \quad (11)$$

где n – число уложений мерного прибора, l_{Σ} – измеренная длина компаратора.

Рассмотрим процесс эталонирования, если длина мерного прибора, например рулетки, примерно равна длине компаратора. Рулетку разматывают и укладывают вдоль компаратора. С помощью динамометра рулетке придают натяжение 100 Н и наблюдатели подводят штрихи рулетки к меткам знаков. Руководитель работы измеряет температуру воздуха, и по его команде наблюдатели берут одновременно отсчеты по шкале рулетки: у переднего конца (П) и заднего (З). Руководитель эталонирования записывает результаты в специальный журнал (табл. 3). Таких отсчетов делают несколько, сдвигая между каждой парой отсчетов рулетку по створу измерений на 2–3 см.

Разности пар отсчетов не должны различаться более чем на 2 мм. Если разность больше, то делают повторные измерения. Температуру воздуха измеряют с точностью до 1°C.

Таблица 3

Дата _____

Наблюдатели: _____

Начало измерений _____

Руководитель: _____

Конец измерений _____

№ измерения	$t, ^\circ\text{C}$	Отсчеты, мм		П – З	Примечание
		П	З		
1	+10	29960	06	29954	Повторно
		29986	33	29960	
		30000	40	29953	
		29908	46	29952	
		29982	29	29953	
		29965	12	29953	
		29972	18	29954	
		Среднее		29953,2	

Поправка в длину рулетки за температуру, при которой производится эталонирование, $\Delta l_t = 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot (10 - 20) \cdot 30 \text{ м} = -3,8 \text{ мм}$. Следовательно, длина отрезка эталонируемой рулетки $l = 29953,2 \text{ мм} - 3,8 \text{ мм} = 29949,8 \text{ мм}$.

Длина компаратора в рассматриваемом примере $B_0 = 29954 \text{ мм}$. Тогда поправка в длину рулетки при $t = +20^\circ\text{C}$ и натяжении 100 Н $\Delta l_K = l - B_0 = 29948,8 \text{ мм} - 29954 \text{ мм} = -5,2 \text{ мм}$.

Для предварительного компарирования или при желании знать фактическую длину вновь вводимого в эксплуатацию мерного прибора со сравнительно небольшой точностью поступают так. Нормальный мерный прибор (нормальным считается прибор, прошедший компарирование) и испытываемый укладывают на одну и ту же плоскость. Совмещают начальные штрихи, обе рулетки натягивают с одинаковой силой, и миллиметровой линейкой измеряют расстояния между конечными штрихами. Измеренную величину считают поправкой вводимого в эксплуатацию мерного прибора по отношению к нормальному.

Определение поправки в длину испытываемой рулетки производят после приведения длины нормальной и испытываемой рулетки к одной и той же температуре.

На строительном-монтажной площадке часто приходится откладывать меньшую длину, чем длина рулетки. В этом случае проверяют длины метровых, дециметровых делений и более мелких. Компарирование мелких делений выполняют контрольной (например Женевской) линейкой, где минимальные отрезки нанесены через $0,2 \text{ мм}$. Показания считывают через увеличительные стекла или микроскопы.

§ 22. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ЛИНИЙ ЛЕНТАМИ И РУЛЕТКАМИ

Измерение линий состоит в том, что мерный прибор (ленту, рулетку) последовательно откладывают между начальной и конечной точками измеряемой линии.

Для этого сначала готовят к измерению створ линии и измерительные приборы.

При подготовке створа линии к измерению ее концы фиксируют кольями, штырями, обрезками труб и т.п.; расчищают полосы шириной $1,5 \dots 2 \text{ м}$ от растительности и остатков снесенных строений; забивают колья или штыри в местах перегибов местности. До измерения линию обозначают на местности (примерно через 100 м) вешками – деревянными или металлическими кругляками с равномерной яркой красно-белой окраской и заостренными концами. Вехи устанавливают либо «на глаз», либо с помощью оптической зрительной трубы с такой частотой, чтобы при нахождении мерщика у одной обесценивалась видимость двух смежных. Вешение «на глаз» менее точно, чем с помощью оптической трубы с увеличением, однако его точность вполне достаточна, если измерение делать мерной лентой со шпильками.

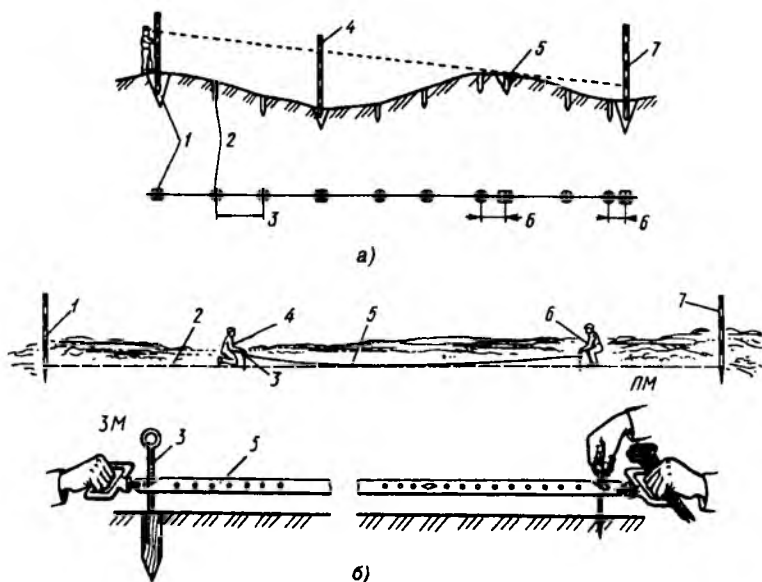


Рис. 35. Вешение линии:
 а – профиль и план, б – измерение линии;
 1, 4, 7 – вехи, 2, 5 – шпильки, 3, 6 – замеры

Вешение «на глаз» (рис. 35, а) выполняют приемами «от себя» и «на себя». При вешении «от себя» один мерщик становится на исходной точке, а на конечной точке второй мерщик устанавливает веху 7 такой высоты, чтобы она была видна с исходной точки.

Второй мерщик по створу на расстоянии не более 100 м от начала устанавливает веху 4, перемещая ее перпендикулярно створу до совпадения ее с вехой 7 на конечной точке. Команды о смещении устанавливаемой вехи в створ подают отмашкой руки.

При вешении «на себя» мерщик выставляет вешку или укладывает мерную ленту в створе двух других вех, имея их перед собой.

Измерение линии (рис. 35, б) выполняет бригада из двух человек. Ленту разматывают с кольца. Передний мерщик б (МП) с десятью (пятью) шпильками и передним концом ленты протягивает ленту и по указанию заднего 4 (МЗ) мерщика укладывает ее в створ измеряемой линии. МЗ совмещает начальный штрих заднего конца ленты с началом линии, вставляя в вырез ленты шпильку. МП встряхивает ленту, натягивает ее и в вырез на переднем конце вставляет шпильку: МЗ вынимает заднюю шпильку, МП снимает со шпильки ленту, и оба переносят ее вперед вдоль линии. Дойдя, до первой шпильки, МЗ закрепляет на ней ленту, ориентирует МП, выставляя его руку со шпилькой и лентой в створ линии по передней вехе 7. Затем работа продолжается

в том же порядке, что и на первом уложении ленты. Целое уложение ленты называется *пролетом*.

Когда все 11 (6) шпилек будут выставлены, у МЗ окажется десять или пять шпилек. МЗ передает МП все собранные шпильки. Измеренный отрезок будет равен $l \times 10$, что при двадцатиметровой длине ленты равно 200 м. Число таких передач записывают в журнал измерений. Сюда же записывают результаты измерения неполного пролета: от последней шпильки в полном пролете до конечной точки линии.

Для контроля линию измеряют вторично, при этом мерщики меняются местами, а за начало измерений принимают бывшую последней точку при измерении линии «прямо».

Чтобы избежать грубых ошибок при измерении, выполняют следующие действия: 1. Подсчитывают, сколько шпилек у МЗ и МП, чтобы удостовериться, что в сумме они составляют комплект. 2. Следят, чтобы при измерении остатка отсчет выполнялся от заднего конца ленты. 3. При отсчитывании делений на середине ленты следят, чтобы лента не была перекручена, так как при этом можно спутать число целых метров. Например, вместо отсчета 6 м отсчитать 9 м, вместо 9 – 11 м.

Измеренную 20-метровой лентой длину линии D вычисляют по формуле $D = 200N + 20(n - 1) + l$, где N – число передач шпилек; n – число шпилек у МЗ; l – остаток.

За окончательное значение принимают среднее арифметическое от измерений «прямо» и «обратно». Измерения считают выполненными правильно, если расхождение результатов измерений «прямо» и «обратно» не превышают:

1:3000 от измеренной длины – при благоприятных условиях измерений (например, твердое покрытие);

1:2000 – при средних условиях измерений (например, ровная поверхность грунта);

1:1000 – при неблагоприятных условиях измерений (например, болотистая, кочковатая заросшая местность, измерения по снегу и т. п.).

Измерения линий рулетками производят аналогично. Однако фиксация концов измеренных отрезков при работе рулеткой может выполняться более точно (вешкой, иглами, острооточенным карандашом и т. п.). На рис. 36 показано измерение линии в вертикальной плоскости между заранее заданными плоскостями, где фиксация точек не производится.



Рис. 36. Измерение линии по вертикали

Как правило, результат измерений линии отличается от действительного ее размера. В измеренную длину вводят поправки из-за неравенства мерного прибора эталону (см. § 21); температуры, отличающейся от той, для которой составлено уравнение мерного прибора (+20°C). Результаты измерений линий чаще всего необходимо выражать на чертежах, планах и картах, т.е. на горизонтальной плоскости. Измерения же производят обычно по поверхности рельефа, имеющего уклоны.

Для приведения наклонно измеренного расстояния к горизонтальному в результате измерений вводят поправку из-за наклона линии к горизонту (рис. 37, а).

Из рисунка ясно, что для получения проекции l , измеренной на местности линии длиной B_δ необходимо знать угол α или превышение h точки δ над горизонтальной линией.

Из решения прямоугольного треугольника

$$l = B_\delta \cos \alpha. \quad (12)$$

Горизонтальные проложения обычно вычисляют по специальным таблицам или на ЭВМ.

Если известно превышение h , то поправку вычисляют по формуле

$$\Delta h = -\frac{h^2}{2l}. \quad (13)$$

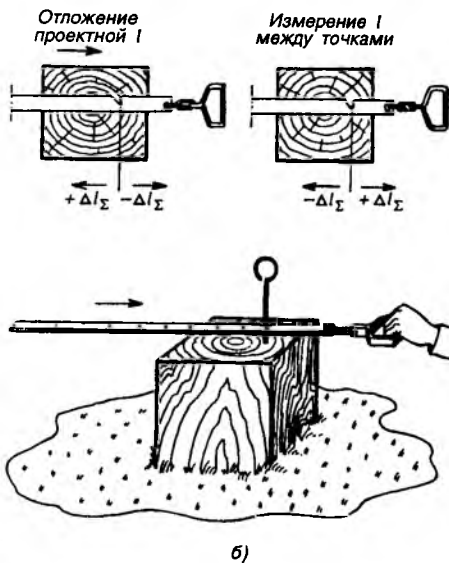
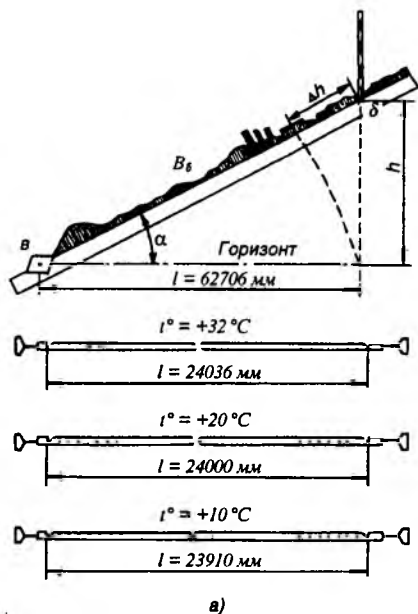


Рис. 37. Схема определения поправки за наклон линии (а) и отложения с учетом знаков (б)

Поправку из-за наклона линии к горизонту вводят для каждого пролета отдельно, если пролеты имеют разный наклон.

Если наклон линии значителен, измерения ведут отдельными малыми отрезками: 5, 10 м, стараясь уложить концы мерного прибора горизонтально. Измеряемая горизонтальная линия будет иметь ступенчатый вид.

Если требуется измерить линию через овраг, канаву и другие препятствия, мерный прибор может изгибаться или провисать. При значительном изгибе определяют величины превышений на отдельных участках. При значительных провисаниях и длинном мерном приборе в средней части линии делают одну-две подпорки.

Суммарная поправка в измеренную линию вычисляется по формуле

$$\Delta l_{\Sigma} = \Delta l_n + \Delta l_k + \Delta l_t. \quad (14)$$

Очень часто кроме измерения линий между известными точками возникает необходимость вынести на местности проектный размер: длину дороги, габариты здания, спортплощадки и т.п. В этом случае следует помнить, что при отложении заранее заданной длины поправка $+\Delta l_{\Sigma}$ вводится назад от конечного штриха рулетки, а $-\Delta l_{\Sigma}$ – вперед (рис. 37, б).

При измерении линий могут быть допущены промахи и грубые погрешности. Один вид промахов – оцифровку делений мы научились распознавать и не ошибаться. Существует еще целый ряд погрешностей, влияние которых на суммарный результат измерений можно существенно уменьшить. Эти погрешности носят систематический характер по влиянию на результат, но случайны по величине. Чтобы уменьшить их величины, необходимо учитывать следующее:

1. Отклонение концов рулетки от створа измерений всегда уменьшает измеряемую длину. Чем меньше отклоняются концы от створа, тем меньше погрешность измерения. При измерениях для многих целей укладку мерных приборов в створ производят с использованием оптических труб. К такому приему прибегают в тех случаях, когда хотят получить результат с относительной погрешностью менее $1/3000$ от измеряемой длины. Отклонения от створа концов 50 и 30 м рулетки более чем на 0,15 м недопустимы.

2. Большую погрешность в измеряемую длину может внести разное натяжение прибора при эталонировании и практической работе. Следует избегать избыточного натяжения, так как тонкое полотно рулеток растягивается, при этом часто не восстанавливая начальную длину. Достаточно точно (до ± 100 Н) можно выдержать натяжение, используя для этого ручные приборы – динамометры типа ПН-2 или пружинные бытовые весы.

3. Недопустимо ослаблять внимание при отсчитывании по концам мерного прибора или его фиксации. Достигнутая точность может быть утрачена при одновременном снятии отсчетов, подвижке мерного

прибора во время фиксации его концов. Поэтому не следует пренебрегать возможностью дважды или даже трижды взять отсчеты по концам мерного прибора и сравнить разности отсчетов по переднему и заднему концам (П–З). Разность отсчетов (для одного пролета измерений) при работе рулетками не должна превышать 2 мм, а при измерении мерными лентами – 1 см.

4. Необходимо следить не только за превышением концов мерного прибора, но и за его изгибом в вертикальной плоскости. Точность определения поправки за наклон зависит от точности определения превышений: чем короче линия, тем точнее надо знать превышение. Как правило, достаточно их знать с погрешностью до 1,0–1,5 см на 100 м длины.

5. При введении поправок за отличие температуры, данной в уравнении рулетки (+20°C), и температуры измерений следует помнить, что измеряют температуру воздуха, а поправку вводят за изменение температуры металлического полотна мерного прибора. Поэтому при прямом солнечном облучении мерного прибора термометр подкладывают под его полотно и держат 3–5 мин с тем, чтобы точнее определить температуру мерного полотна. Разность температуры воздуха и мерного прибора измеряют с погрешностью не грубее 5°C.

6. Существенно исказить результат измерения может плохое закрепление точек, между которыми ведется измерение. Вязкая почва, зыбко забитые кол, штырь или шпилька, изменяющие свое положение от случайных ударов, приводят к появлению недопустимых погрешностей в измеряемой длине.

Контрольные вопросы:

1. Какими приборами измеряют линии?
2. Для чего мерщики передают друг другу шпильки?
3. Какое измерено расстояние, если у переднего мерщика осталось 8 шпилек?
4. Как ввести поправки при измерении, при отложении линии?
5. Какие меры предосторожности принимают для безошибочного измерения линий?

Глава VIII

НИВЕЛИРОВАНИЕ

§ 23. НИВЕЛИРЫ

Нивелирование — вид геодезических измерений, в результате которых определяют превышения точек, а также их высоты над принятой уровенной поверхностью.

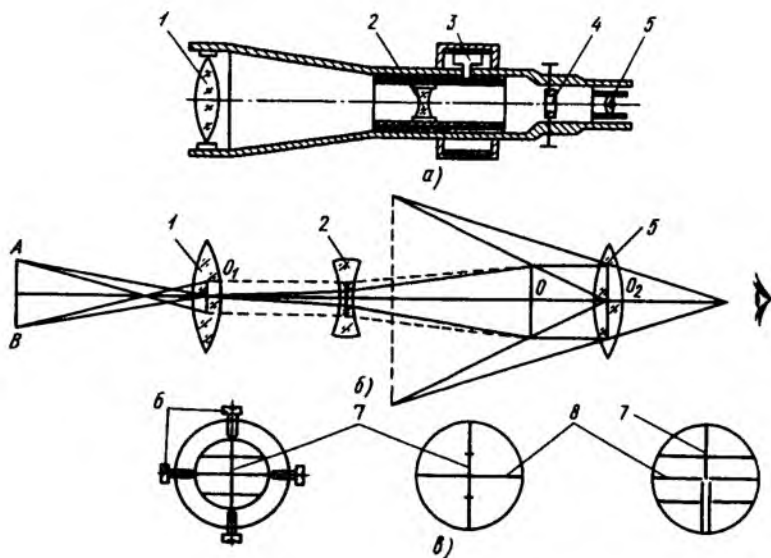


Рис. 38. Зрительная труба (разрез *a*), оптическая схема (*б*) и поле зрения и сетки нитей в различных приборах (*в*):

1 – объектив, 2 – линза, 3 – кремальера, 4 – стеклянная пластина, 5 – окуляр, 6 – регулировочные винты, 7, 8 – вертикальные и горизонтальные нити

Нивелирование производят для изучения форм рельефа, определения высот точек при проектировании, строительстве и эксплуатации различных инженерных сооружений.

Результаты нивелирования имеют большое значение для решения научных задач как самой геодезии, так и других наук о Земле.

Основными геодезическими приборами, которыми производятся измерения, являются *нивелиры*. Прежде чем приступить к изучению конструкций нивелиров, рассмотрим устройство их основных частей, которые являются также основными частями и других геодезических приборов.

Зрительная труба (рис. 38, *a*) представляет собой оптическую систему (рис. 38, *б*), помещенную в металлический корпус (трубу). С одного края трубы размещен объектив 1, с другого – окуляр 5. Между ними находится двояковогнутая линза 2. В окулярной части трубы есть стеклянная пластина 4 с нанесенной на ней сеткой нитей (рис. 38, *в*).

Специалиста, применяющего для измерений приборы со зрительными трубами, принято называть *наблюдателем*. При работе со зрительной трубой наблюдатель совмещает перекрестие сетки нитей с наблюдаемым предметом. Линия, соединяющая оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей, называется *визирной осью трубы*. Процесс наведения зрительной трубы на точку наблюдения называют *визировани-*

ем. В момент совмещения перекрестия сетки нитей с какой-либо точкой визирная ось трубы проходит через эту точку. Вращением фокусирующего кольца, или кремальеры, 3 перемещают фокусирующую линзу 2, добиваясь четкого изображения наблюдаемого предмета. Такое действие называют *фокусированием*. Перемещением окуляра 5 относительно сетки нитей фокусируют изображение сетки. Окуляр перемещают вращением окулярного кольца. Геодезические приборы обору́дуют уровнями.

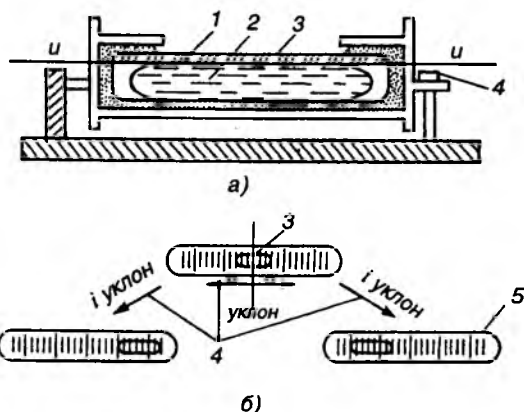


Рис. 39. Цилиндрический уровень и уклоны при положении пузырька:
 а) вид сбоку, б) вид сверху;
 1 – ампула, 2 – жидкость, 3 – пузырек,
 4 – исправительный винт, 5 – уклон ампулы

Уровни геодезических приборов бывают цилиндрические и круглые. Цилиндрический уровень (рис. 39) представляет собой стеклянную ампулу 1, заполненную жидкостью 2 (спирт, эфир). Часть пространства, заполненную парами этой жидкости, называют пузырьком 3 уровня. Внутренняя (верхняя) поверхность ампулы отшлифована по дуге определенного радиуса. На верхней наружной ее поверхности нанесены двухмиллиметровые деления. Среднюю точку шкалы 0 называют *нуль-пунктом*. Касательную линию *ш* в нуль-пункте к дуге внутренней поверхности уровня называют *осью цилиндрического уровня*.

Использование уровня основано на свойстве пузырька занимать наивысшее положение. Если пузырек уровня переместить на одно деление относительно начального положения, ось уровня склонится на величину τ , называемую *ценой деления уровня*. Как правило, цена деления цилиндрических уровней геодезических приборов бывает $2'' \dots 60''$.

Круглый уровень (рис. 40) отличается от цилиндрического тем, что его верхняя часть отшлифована по сферической поверхности.

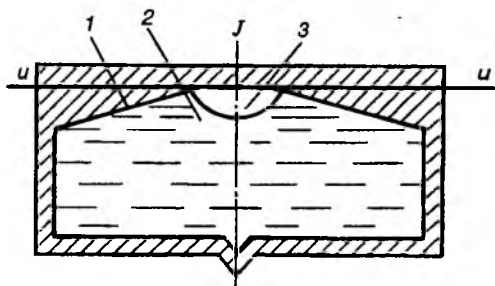


Рис. 40. Круглый уровень:
 1 – ампула, 2 – жидкость, 3 – пузырек

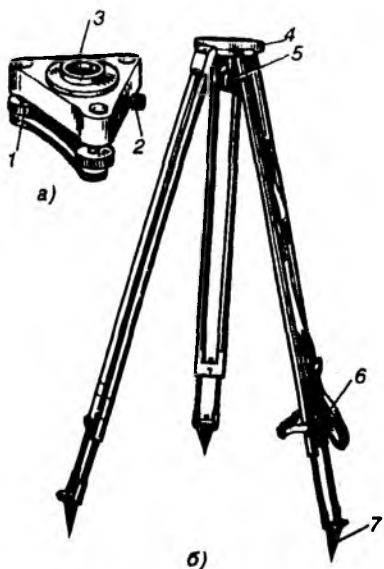


Рис. 41. Подставка (а) и штатив (б):
1, 2, 5 – винты, 3 – отверстие
для установки прибора, 4 – столик.
6 – ремень, 7 – наконечник

Деления на внешней стороне представляют собой концентрические окружности, а осью уровня является радиус сферы, проходящий через нуль-пункт. Цена деления круглых уровней от нескольких минут до нескольких десятков минут.

Подставка и штатив (рис. 41, а, б) служат для крепления и установки геодезических приборов. Вращением подъемных винтов 1 подставки изменяют положение вертикальной оси вращения прибора, а следовательно, и всех остальных его частей. Ось прибора вставляется в отверстие 3 и закрепляется в подставке винтом 2.

Подставка крепится на столике 4 штатива станковым винтом 5. Штатив имеет три деревянные или металлические ножки, которые шарнирно соединены с головкой штатива. Ножки бывают раздвижные и цельные. Нижние концы ножек снабжены металлическими наконечниками 7. Штатив обеспечивает устойчивость при-

бора. В собранном виде штатив переносят на плечевом ремне 6.

Типы нивелиров. В зависимости от устройств, применяемых для приведения визирной оси трубы в горизонтальное положение, нивелиры выпускают двух типов: с компенсатором углов наклона зрительной трубы и с уровнем при ней. У нивелиров, выпускаемых промышленностью СНГ, наличие в марке буквы К означает, что труба нивелира снабжена компенсатором, а буквы П – прямое изображение, например, нивелиры Н-05, Н-3КП, Н-10КП.

Нивелиры с компенсатором угла наклона зрительной трубы называются самоустанавливающимися (рис. 42, а). Компенсация угла наклона визирной оси или автоматическое приведение ее в горизонтальное положение у этих нивелиров происходит за счет автоматического поворота компенсирующего элемента (компенсатора) оптической системы (рис. 42, б).

Так, компенсатор нивелира Н-10КП состоит из двух пентапризм 9 и 10 (пятиугольных призм), склеенных между собой и скрепленных с корпусом прибора коробчатой формы, а также подвижной прямоугольной призмы. Прямоугольная призма заключена в рамку, перемещаемую в вертикальной плоскости маховичком 3, укрепленным в корпусе 2. Ее перемещение обеспечивает фокусировку зрительной

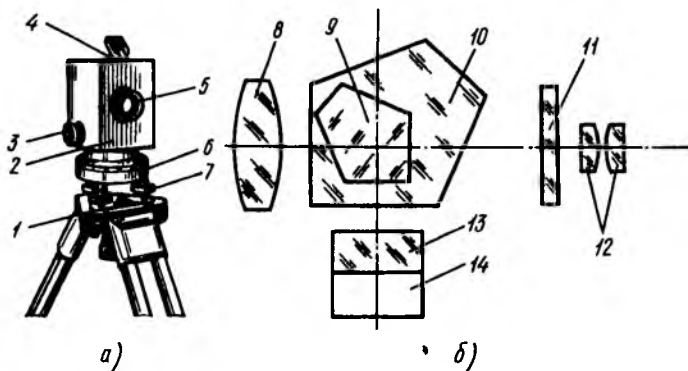


Рис. 42. Нивелир Н-10К (а) и его оптическая схема (б):
 1 – установочная прижимная пластина, 2 – корпус, 3 – маховичок,
 4 – круглый уровень с зеркальцем, 5 – объектив, 6 – подставка,
 7 – закрепительный винт, 8, 12 – линзы объектива и окуляра,
 9, 10 – пентапризмы, 11 – сетка нитей, 13, 14 – призма и рамка

трубы по объекту наведения. Диапазон работы компенсатора определяют по максимальному углу наклона оси нивелира. У нивелиров для низкоточных и технических работ этот диапазон колеблется в пределах $5' \dots 20'$.

До начала работ нивелир вынимают из укладочного ящика и укрепляют на штативе становым винтом. Выдвигая и убирая ножки штатива, устанавливают его головку «на глаз» в горизонтальное положение. Затем с помощью подъемных винтов подставки приводят пузырек круглого уровня к середине концентрических окружностей или в нуль-пункт.

Подготовка нивелиров для работы состоит из двух действий: приведения визирной оси прибора в горизонтальное положение (нивелир с компенсатором считается готовым к работе, если пузырек круглого уровня приведен в середину концентрических окружностей, нанесенных на стеклянной капсуле уровня) и установки трубы для наблюдения.

Трубу устанавливают по рейке вращением корпуса рукой. Наведение трубы на рейку фиксируют закрепительным винтом. В некоторых нивелирах закрепительного винта нет, а корпус имеет постоянное фрикционное (тугое) сцепление с вертикальной осью вращения нивелира. Точное наведение зрительной трубы по рейке производят наводящим винтом (под точным наведением понимают такое положение, при котором сетка нитей зрительной трубы совпадает с осью рейки).

Нивелиры с цилиндрическим уровнем имеют зрительную трубу и цилиндрический уровень. Труба с уровнем укреплена на вертикальной вращающейся оси, входящей в подставку. Наиболее распространенные нивелиры этого типа Н-3, Н-10. Нивелир Н-3 (рис. 43, а)

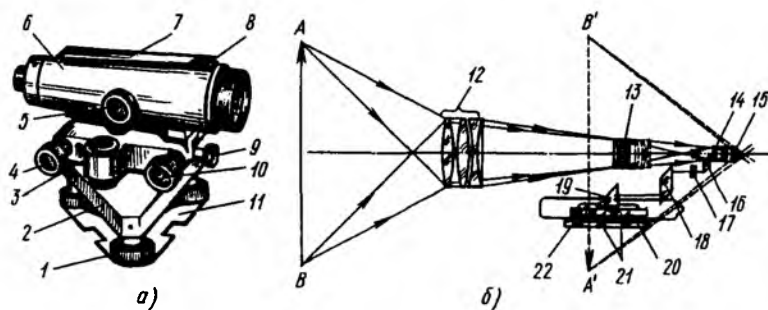


Рис. 43. Нивелир Н-3 (а) и его оптическая схема (б):
 1, 4, 5, 9, 10 – винты, 2 – подставка, 3, 7 – уровни, 6 – зрительная труба,
 8 – визир, 11 – установочная прижимная пластина, 12 – объектив,
 13 – фокусирующая линза, 14 – сетка нитей, 15 – окуляр,
 16–19, 21 – призмы и линзы, 20 – зеркало, 22 – уровень

состоит из верхней части, несущей зрительную трубу 6 с цилиндрическим 7 и круглым 3 уровнями, основанием, наводящим 10, элевационным 4 и закрепительными 9 винтами, и нижней, представляющей собой подставку с тремя подъемными винтами 1 и прижимной пластиной 11.

Зрительная труба представляет собой телескопическую систему (рис. 43, б), состоящую из объектива 12, фокусирующей линзы 13, сетки нитей 14 и окуляра 15. Лучи, идущие от концов пузырька уровня 22, отражаются от скошенных граней призмы 21, направляются в расположенную сбоку прямоугольную призму 19, идут в призму 18, затем через линзу 17 и призму 16 попадают в окуляр зрительной трубы нивелира. Пузырек уровня освещается светом, передаваемым в трубу зеркалом 20. Пузырек цилиндрического уровня приводится в нулевое положение элевационным винтом 4.

Цилиндрический уровень 7, расположенный в корпусе слева от зрительной трубы, служит для точного приведения визирной оси прибора в горизонтальное положение. Для грубого приведения вертикальной оси прибора в отвесное положение служит круглый уровень 3. Пузырек круглого уровня приводится в нулевое положение подъемными винтами 1 подставки 2. Зрительную трубу 6 наводят на рейку винтами 1 подставки 2. Зрительную трубу 6 наводят на рейку по визиру 8 винтом 10 при закрепленном винте 9. Резкость изображения нивелирной рейки достигается вращением винта 5 фокусирующей линзы.

Нивелир крепится к штативу прижимной пластиной 11, которая в своей центральной части имеет втулку с резьбой под становой винт штатива.

Нивелир с цилиндрическим уровнем готовят к работе так же, как нивелир с самоустанавливающейся линией визирования.

Лазерные нивелиры (рис. 44) представляют собой комбинацию нивелиров 6 с компенсаторами и лазерных трубок 1. (Более под-

робно лазерные геодезические приборы рассмотрены в гл. X.) Из лазерной трубки с помощью световода 2 луч направляют в переходную деталь 4, из которой луч попадает в оптическую систему и выходит в виде видимого горизонтального лазерного луча из объектива 5 нивелира. Блок электропитания 7 крепится к штативу 3. При небольших расстояниях (до 100 м) используют деревянные рейки с сантиметровыми делениями. Рейки устанавливают в нивелируемых точках и после визирования на них и фокусировки лазерного пучка реечник берет отсчет визуально на рейке по пятну лазерного пучка. При необходимости выполнения точных нивелирных работ используют рейки со специальными подвижными каретками с фотодетекторами, по которым с высокой точностью определяют центр лазерного луча, попавшего на рейку.

Иностранные фирмы выпускают высокоточные нивелиры с регистрирующим электронным устройством, которое позволяет автоматически регистрировать отсчеты по рейкам и вычислять превышения между точками. Автоматизирован и весь процесс обработки результатов нивелирования с их запоминанием и хранением. Примером может служить нивелир Рени 002А фирмы Карл-Цейсс Йена.

Технические возможности нивелиров позволяют работать ими людям со зрением ± 5 диоптрий. Как правило, нивелиры работоспособны при температуре $-30...+50^{\circ}\text{C}$.

§ 24. НИВЕЛИРНЫЕ РЕЙКИ, КОСТЫЛИ И БАШМАКИ

Каждому нивелиру придается не менее двух однотипных нивелирных реек.

Нивелирная рейка (рис. 45, а) состоит из двух брусков двутаврового сечения, соединенных между собой металлической фурнитурой. Это позволяет складывать рейку для транспортирования.

Рейка имеет градуировку на обеих сторонах. Сантиметровые шашки наносят по всей длине рейки с погрешностью 0,5 мм и оцифровывают через 1 дм. Высота подписанных цифр не менее 40 мм. На основной стороне рейки шашки черные на белом фоне, на другой (контрольной) – красные на белом фоне. На каждой стороне рейки три цветные шашки каждого дециметрового интервала, соответствующие участку в 5 см, соединяются вертикальной полосой. Для контроля при отсчетах по двум сторонам рейки начало первого оцифрованно-

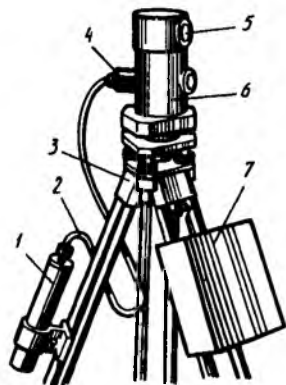


Рис. 44. Лазерный нивелир:
1 – лазерная трубка,
2 – световод, 3 – штатив,
4 – переходная деталь,
5 – объектив, 6 – нивелир,
7 – источник электропитания

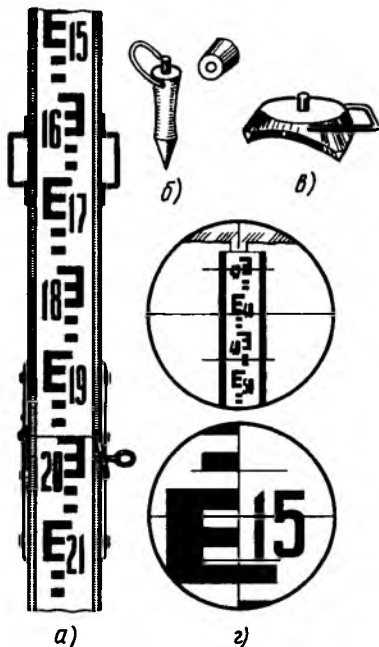


Рис. 45. Нивелирная рейка (а), костыль (б), башмак (в) и отсчеты по рейке (2)

Во время работы рейки устанавливают на деревянные колья, костыли или башмаки.

Костыль (рис. 45, б) – металлический стержень с заостренным концом с одной стороны и сферической шляпкой с другой. Для забивки костыля в грунт на верхний торец его надевают крышку.

Башмак (рис. 45, в) – толстая круглая или треугольная металлическая пластина на трех ножках. В середине пластины укреплен стержень со сферической шляпкой, на которую опирают нивелирные рейки.

Рейки устанавливают вертикально «на глаз» или с помощью уровня. Если уровня нет, отсчет по рейке берут при покачивании рейки в сторону нивелира и от него. Из всех видимых отсчетов берут наименьший – он соответствует отвесному положению рейки.

Отсчеты по рейкам (рис. 45, 2) производят по средней нити нивелира – по месту, где проекция средней нити пересекает рейку. Сделать отсчет по рейке – это значит определить высоту визирной оси нивелира над нулем (основанием) рейки. Цифры считывают в такой последовательности: сначала меньшую, видимую вблизи средней нити, подпись (сотни миллиметров), потом прибавляют к ней целое число делений, на которое нить сетки отстоит от меньшей подписи в сторону большей (десятки миллиметров), затем наименьший десятимил-

го дециметрового интервала контрольной стороны смещено по отношению к началу первого оцифрованного дециметрового интервала основной стороны.

Для удобства и быстроты установки нивелирные рейки иногда снабжают круглыми уровнями и ручками. На торцах нивелирной рейки укрепляют пятки в виде металлических полос толщиной 2 мм.

Рейки маркируют так: например тип РН-10П-3000С означает, что это рейка нивелирная, со шкалой деления (разграфкой с 10 мм, подписью цифр «прямо», длиной 3000 мм, складная. Для точных и технических работ выпускают рейки длиной 3 и 4 м.

Нивелирные рейки могут применять в разное время года при различных метеорологических условиях. Температурный диапазон работы реек $-40...+50^{\circ}\text{C}$.

Костыль (рис. 45, б) – металличе-

ский стержень с заостренным концом с одной стороны и сферической шляпкой с другой.

лиметровый отрезок делят «на глаз» (количество миллиметров). Отсчет записывают в миллиметрах (на рис. 45, z он равен 1514).

§ 25. СПОСОБЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ

По способам выполнения и применяемым приборам различают геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое и барометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование – наиболее распространенный способ. Его выполняют с помощью нивелира, задающего горизонтальную линию визирования. Сущность геометрического нивелирования (рис. 46, *a*) заключается в следующем. Нивелир устанавливают горизонтально и по рейкам с делениями, стоящими на точках *A* и *B*, определяют превышение *h* как разность между отрезками *a* и *b*: $h = a - b$.

Если известна отметка H_A точки *A* и превышение *h*, отметку H_B точки *B* определяют как их сумму

$$H_B = H_A + h.$$

Во избежание ошибок в знаке превышения точку, отметка которой известна, считают задней, а точку, отметку которой определяют, – передней, т.е. превышение – это всегда разность отсчетов назад и вперед. Иногда отсчет по рейке называют «взглядом» и поэтому превышение равно «взгляду назад» минус «взгляд вперед».

Место установки нивелира называется станцией. С одной станции можно брать отсчеты по рейкам, установленным во многих точках. При этом превышение между точками не зависит от высоты нивелира над землей. Если поставить нивелир выше (на рис. 46, *a* показано пунктиром), оба отсчета *a* и *b* будут больше на одну и ту же величину, но разности между ними будет одинаковы.

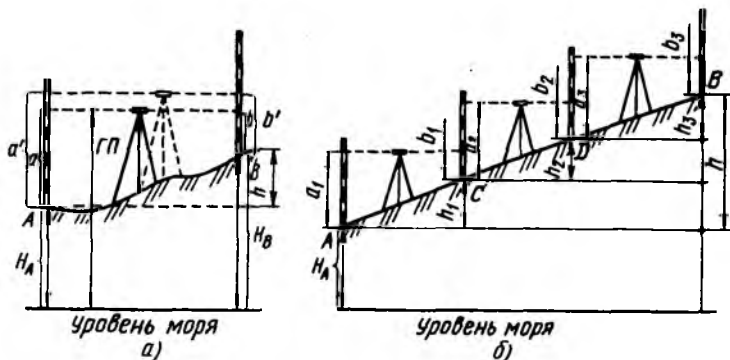


Рис. 46. Схемы нивелирования:
a – простого, *b* – сложного

Для вычисления отметки искомой точки можно применять способ вычисления через горизонт прибора (ГП). Этот способ удобен, когда с одной станции производят нивелирование нескольких точек. Очевидно, что если к отметке точки A прибавить отсчет по рейке на точке A , то получится отметка визирной оси нивелира. Эта отметка и называется горизонтом прибора. Если теперь из горизонта прибора вычесть отсчеты на всех точках, взятые на этой станции, получатся отметки этих точек.

Если для определения превышения между точками A и B достаточно один раз установить нивелир, такой случай называется простым нивелированием (см. рис. 46, a)

Если же превышение между точками можно определить только после нескольких установок нивелира, такое нивелирование условно называют сложным (рис. 46, b). В этом случае точки D и C называют *связующими*. Превышения между ними определяют по схеме простого нивелирования.

При сложном нивелировании превышение между точками A и B

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n = \sum_{i=1}^n h_i.$$

Если известна отметка точки A , можно определить отметку точки B :

$$H_B = H_A + \sum_{i=1}^n h_i.$$

Такую схему нивелирования называют *нивелирным ходом*. Несколько ходов с общими начальными или конечными точками образуют *нивелирную сеть*.

В зависимости от требуемой точности определения отметок нивелирование делят на 1, 2, 3, 4-й классы и техническое.

Ходы нивелирования 1-го класса прокладывают вдоль железных и шоссейных дорог в различных направлениях. По данным нивелирования, повторяющегося по тем же точкам через несколько лет, изучают движение земной коры и решают другие научные задачи.

Ходы нивелирования 2-го класса, прокладываемые вдоль дорог и вдоль больших рек, образуют полигоны периметром 500...600 км, которые опираются на пункты нивелирования 1-го класса. Нивелированием 1-го и 2-го классов на территории страны распространяют отметки относительно исходной урвенной поверхности.

Ходы нивелирования 3-го класса прокладывают между пунктами нивелирования 1-го и 2-го классов.

Нивелирование 4-го класса и техническое применяют для сгущения нивелирной сети более высоких классов. Эти сети являются высотным обоснованием для топографических съемок при составлении карт и планов, строительного-монтажных, мелиоративных и других работах.

Ходы нивелирования более низких классов всегда опираются на пункты ходов более высоких классов. Отметки пунктов ходов более высоких классов принимают за исходные. Результаты нивелирования используют в различных отраслях народного хозяйства: строительстве, мелиорации, горном деле и т. д. (рис. 47).

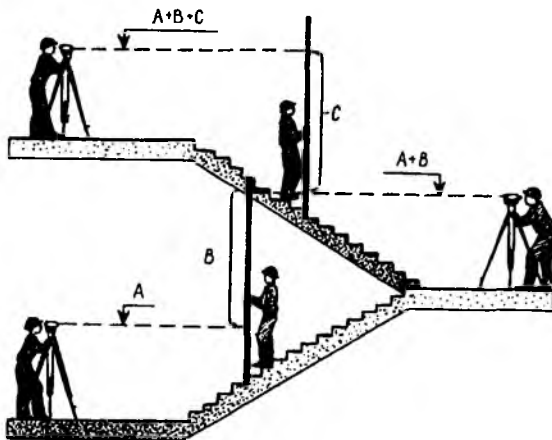


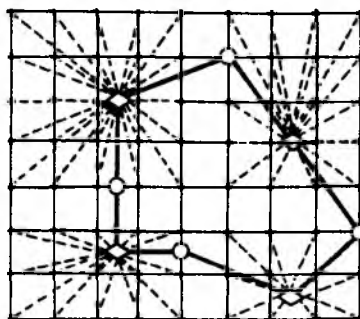
Рис. 47. Использование нивелира для переноса отметок на строительстве

Для решения на участке местности различных задач производят нивелирование поверхности по квадратам

(рис. 48). Для этого участок делят на квадраты со сторонами 10, 20, 50 или 100 м. Если рельеф участка слабо выражен (плоский), нивелируемые точки располагают на участке равномерно, а длины сторон квадратов увеличивают. При ясно выраженном рельефе (изрезанном, с водоразделами, тальвегами и т. д.) в местах изменения профиля их частоту увеличивают.

Схема нивелирования вершин квадрата зависит от размеров участка, сложности форм рельефа, необходимости дополнительно к отметкам вершин квадратов получить еще точки с отметками.

Нивелирный ход по квадратам прокладывают по программе технического нивелирования или 4-го класса. Все связующие точки хода закрепляют устойчивыми кольями или специальными башмаками. Рейку ставят на торец кола или башмак. Отсчеты по рейкам записывают в журнал нивелирования либо на схему квадратов, причем числовые значения отсчетов подписывают возле вершин тех квадратов, на которых они получены. Границы работы на станции отделяют пунктирной линией. При обработке результатов измерений сначала вычисляют превышения и отметки связующих точек хода. Отметке вершин квадратов вычисляют через горизонт прибора (ГП).



—○— Станция
●--- Точки и направления

Рис. 48. Схема нивелирования по квадратам

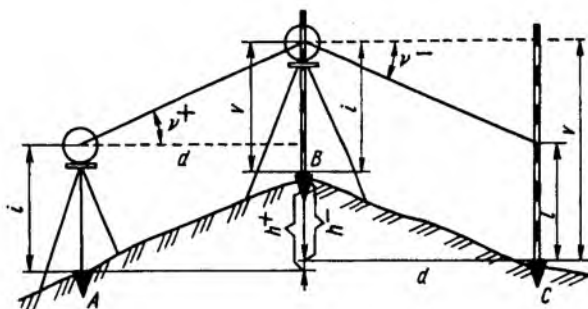


Рис. 49. Схема тригонометрического нивелирования

Тригонометрическое нивелирование (рис. 49) выполняют теодолитами – приборами, позволяющими измерять вертикальные углы. Если с точки *A* на точку *B* или с точки *B* на точку *C* измерить углы наклона ν и определить горизонтальные проложения d , превышения между этими точками можно определить по формуле

$$h = d \operatorname{tg} \nu + i - \nu - f \quad (15),$$

где i – высота теодолита над точкой, ν – высота наведения при измерении угла наклона, f – поправка за кривизну Земли и рефракцию, выбираемая из специальных таблиц. Поправку вводят при расстояниях между точками, больших 300 м.

При положительном угле наклона ($+\nu$) превышения будут иметь знак плюс, при отрицательном ($-\nu$) – минус.

Гидростатическое нивелирование (рис. 50) основывается на свойстве жидкостей находиться в сообщающихся сосудах на одном уровне. Превышение h между точками *A* и *B* может быть получено как разность отсчетов по шкалам сосудов 2. Как правило, расстояние между точками ограничивается длиной соединительного шланга l между

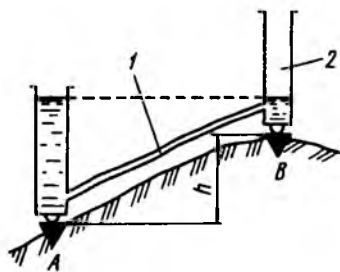


Рис. 50. Схема гидростатического нивелирования

сосудами и достигает нескольких десятков метров. Достоинство гидростатического нивелирования, применяемого для строительных целей, – простота работы, возможность производства работы в тесных местах (комнатах, сооружениях, среди оборудования), быстрота действия. К недостаткам относятся невысокая точность (± 10 мм) и затруднительные работы со шлангами.

При барометрическом нивелировании используют свойство разности воздушного давления в различных

по высоте над уровенной поверхностью точках. Нивелирование выполняют барометрами-анероидами или микробарометрами.

Наиболее простой случай барометрического нивелирования, когда точки, между которыми определяется превышение, соединяются замкнутым маршрутом; продолжительность маршрута не более 2–3 ч. Для измерений используют один анероид. На исходной точке маршрута измеряют температуру воздуха t_B , температуру анероида t_A , его высоту над точкой и считывают по нему показания давления. Затем переходят на вторую и последующие точки и производят аналогичные измерения. Наблюдения заканчивают на исходной точке. Полагая, что давление воздуха и температура в начальной точке изменялись пропорционально времени, по барометрическим таблицам находят высоты точек. Расстояние между точками может быть любым и ограничивается только разностью времени между первым и последним наблюдениями на исходной точке.

§ 26. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ НИВЕЛИРОВ

Прежде чем начать работу с нивелиром, как и с любым геодезическим прибором, его осматривают. Если при внешнем осмотре нивелира повреждения не обнаружены, приступают к поверкам. Поверки – это действия, которыми контролируют правильность взаимного расположения основных осей прибора, если при выполнении проверок обнаруживается несоответствие взаимного расположения частей прибора, его юстируют исправительными винтами.

Рассмотрим, какие поверки выполняют при подготовке нивелира с цилиндрическими уровнями к работе.

1. Ось круглого уровня $ии$ должна быть параллельна оси вращения JJ нивелира (рис. 51, а).

Чтобы проверить параллельность осей, выполняют следующие действия: пузырек круглого уровня приводят подъемными винтами на середину; верхнюю часть нивелира поворачивают на 180° . Нивелир считается исправным, если пузырек остался в центре, неисправным, если пузырек сместился.

Для устранения этой неисправности нивелир приводят в отвесное положение, перемещая пузырек к центру на первую половину дуги отклонения исправительными винтами уровня, на вторую половину – подъемными винтами.

2. Горизонтальная нить $АА$ сетки должна быть перпендикулярна оси вращения JJ нивелира (рис. 51, б). Это условие гарантируется заводом-изготовителем прибора, но небольшое исправление и доводка могут быть выполнены исполнителем.

Поверку выполняют в такой последовательности: ось вращения нивелира приводят по круглому уровню в отвесное положение; на расстоянии 20...30 м от нивелира устанавливают рейку и берут отсчет;

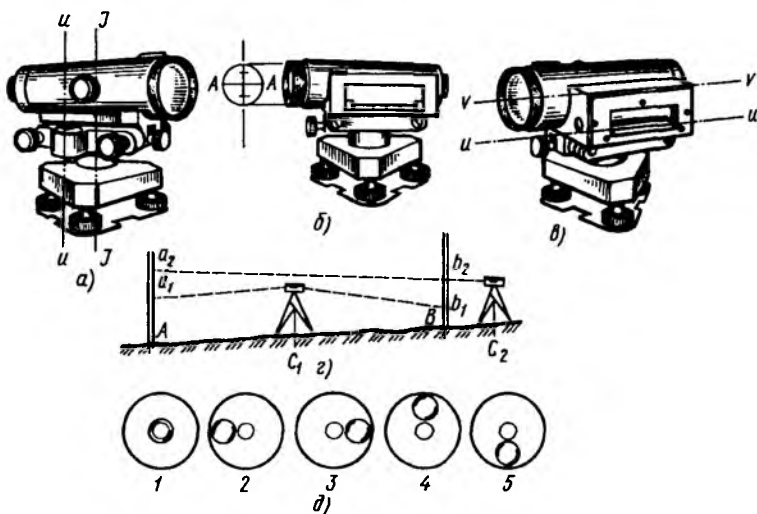


Рис. 51. Схемы расположения осей при поверках нивелира (а–в), позиции нивелира при третьей поверке (г), положения 1–5 пузырька круглого уровня (д)

наводят левый конец средней горизонтальной нити на рейку и берут отсчет, перемещают винтом трубу в горизонтальной плоскости до пересечения правого конца средней горизонтальной нити и берут отсчет. Если нивелир исправен, отсчет по рейке не изменится или изменится в пределах 1 мм, если неисправен – изменится более чем на 1 мм.

Чтобы устранить неисправность, ослабляют исправительные винты сетки и разворачивают диафрагму с сеткой нитей за счет люфта винтов.

3. Визирная ось vv зрительной трубы должна быть параллельна оси uu цилиндрического уровня (рис. 51, в, г).

Последовательность выполнения поверки: на местности выбирают две точки A и B с расстоянием между ними 70...80 м; точки закрепляют кольями, нивелир устанавливают в точке C_1 и берут отсчеты a_1 , b_1 по рейкам. После этого вычисляют превышение $h_1 = a_1 - b_1$. Далее нивелир устанавливают в точке C_2 на расстоянии 3...5 м от одной из реек, по рейкам берут отсчеты a_2 и b_2 и вычисляют превышение $h_2 = a_2 - b_2$.

При равенстве превышений или разнице между ними менее 4 мм нивелир пригоден к эксплуатации. Если разница превышений больше 4 мм, вычисляют правильный отсчет по дальней рейке $a_2 = b_2 + h_1$.

Горизонтальную нить сетки наводят винтом на этот отсчет (при этом пузырек отклонится от середины). Ослабляют боковые исправительные винты уровня и возвращают вертикальными винтами пузырек уровня на середину, или смещают сетку нитей ее исправительными винтами. У самоустанавливающихся нивелиров устанавливают гори-

горизонтальную нить сетки на правильный отсчет с помощью исправительных винтов сетки нитей.

4. Нивелир не должен иметь недокомпенсации (поверка выполняется только для самоустанавливающихся нивелиров).

Поверку выполняют в такой последовательности: нивелир устанавливают посередине между рейками, отстоящими одна от другой на 100 м, и приводят в отвесное положение. Далее по рейкам берут отсчеты a_1 и b_1 и определяют превышение $h_1 = a_1 - b_1$. Затем смещают пузырек круглого уровня (рис. 51, δ , поз. 2, 3, 4 и 5) и при каждом смещении берут по два отсчета по рейкам: a_2 и b_2 , ..., a_5 и b_5 . После этого определяют превышения h_2 , ..., h_5 .

Если нивелир исправен, средние значения превышений, полученные в поз. 2–5 круглого уровня, не отличаются от среднего значения позиции 1 более чем на 7 мм. При большем расхождении нивелир неисправен. (Его исправляют в заводских условиях.)

При выполнении второй поверки неисправность ликвидируют следующим образом. Ослабляют исправительные винты сетки нитей и разворачивают ее до совпадения отсчетов по рейке по левому и правому концам горизонтальной нити.

При выполнении третьей поверки установку горизонтальной нити на вычисленный отсчет производят исправительными винтами сетки.

§ 27. ВЫПОЛНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Геометрическое нивелирование сводится к установке визирной оси прибора в горизонтальное положение и взятию отсчетов по рейкам.

Нивелирование, как правило, начинают с репера (R_p) или с точки, отметка которой известна. В этом случае на начальной и следующей (определяемой) точках устанавливают рейки. Нивелир размещают приблизительно посередине между точками. Пользуясь подъемными винтами, пузырек круглого уровня приводят в нуль-пункт. Трубу нивелира наводят на рейку на задней (начальной) точке. Далее, пользуясь элевационным винтом, пузырек цилиндрического уровня приводят в нуль-пункт (совмещают изображения концов пузырька контактного уровня) и берут отсчет по черной стороне рейки. Результаты нивелирования записывают в специальный журнал (табл. 4).

Первый отсчет заносят в колонку 3 журнала (последовательность записей указана цифрами, заключенными в скобки после четырехзначных цифр в колонках). Наводят трубу на черную сторону передней рейки, берут отсчет по средней нити и заносят в четвертую графу (запись 2). Затем поворачивают рейки красными сторонами к нивелиру и берут отсчеты по передней (запись 3) и задней (запись 4) рейкам. Если между задней и передней точками есть промежуточная точка, то переносят и устанавливают на нее заднюю рейку и берут отсчет по черной (запись 5) и красной (запись 6) сторонам.

Таблица 4

Стан- ция	Точка нивелиро- вания	Отсчет по рейке			H _{выч}		H _{ср}		H _{испр}		H _r	H, м
		задний	передний	промежу- точный	+	-	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Рр1	2808(1)			2106(7)		+1					110,110
		7496(4)	0702(2)		2107(8)		2106(9)	2107				112,217
	ПК0	4688	5380(3)									
			4687									
2	ПК0	1345(1)										112,217
		6033(4)	1998(2)					+1				111,566
		4688	6684(3)			0653		0652		0651		
	ПК1		4686			0651						
3	ПК1	1300(1)										
		5988(4)	2011(5)				+1				111,566	
	4688	1689(3)	6698(6)	0389	0389	0389	0389		0388		110,855	
			4687									
	T+30,2		6377(2)									
	ПК2		4688									111,178

Станция	Точка нивелирования	Отсчет по рейке			$h_{в\text{ьч}}$			$h_{\text{ср}}$		H_r	$H, \text{ м}$	
		задний	передний	промежуточный	+	-	+	-	$h_{\text{испр}}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	
4	+Л20 +Л10 +П26 R _{p2}	2600(1)	1111(2) 5799(3) 4688	0810	1489 1489	+1 1489	+	-	+	-	113,778	111,178
		7288(4)		5498								112,968
		4688		4688								113,055
				5410								111,066
				4687							112,668	
				2712								
				7400					1490			
				4688								
Постраничный контроль		$\Sigma 3\ 34858$	$+5109$ $+2554$	$\Sigma 4\ 29749$	$\Sigma 6\ 7191$	$\Sigma 7\ 2082$ $+5109$ $+2554$	$\Sigma 8\ 3595$	$\Sigma 9\ 1041$	$\Sigma 10\ 3597$ $+2554$	$\Sigma 11\ 1039$	$H_{R_{p2}} - H_{R_{p1}} = +2558$	

$H_{R_{p2}} - H_{R_{p1}} = 112,668 \text{ м} - 110,110 \text{ м} = +2558 \text{ мм};$
 $f_n = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_{R_{p2}} - H_{R_{p1}}) = 2554 \text{ мм} - 2558 \text{ мм} = -4 \text{ мм};$
 $f_{\text{план}} = (50 \sqrt{L_{\text{км}}}) \text{ мм} = 50 \sqrt{0,36} = 30 \text{ мм}.$

Правильность отсчетов по рейкам контролируют, вычисляя разность: отсчет по красной стороне минус отсчет по черной стороне. Разность отсчетов не должна отличаться более чем на 5 мм от разности в подписи начальных делений сторон рейки.

Контроль наблюдений производят также по превышениям: отсчет по черной стороне (запись 1) задней рейки минус отсчет по черной стороне (запись 2) передней рейки и то же по красным сторонам: (запись 4) – (запись 3). Разность превышений, вычисленных по черной (запись 7) и красной (запись 8) сторонам, не должна быть более 5 мм.

Если это условие выполнено, то вычисляют среднее (запись 9) превышение:

$$h = (h_R + h_K)/2. \quad (16)$$

После контроля наблюдений на каждой станции переходят на другую станцию и работу проводят в такой же последовательности.

В тех случаях, когда на нивелируемом отрезке есть промежуточные точки, по окончании нивелирования связующих точек зданий реечник последовательно устанавливает на них рейку. Наблюдатель, каждый раз приводя визирную ось в горизонтальное положение, делает отсчеты по черной стороне рейки. Отсчеты записывают в графу 5. После этого реечник, находящийся сзади, устанавливает рейку на следующей точке.

Если нивелирование в одном ходе выполняют с двух станций и более, то заканчивать его следует на точке с известной отметкой. Как правило, ход заканчивают на втором репере, что обеспечивает контроль правильности нивелирования.

Теоретически сумма полученных превышений должна равняться разности отметок конечного и начального реперов. В тех случаях, когда ход начат и закончен на одной и той же точке, сумма превышений должна равняться нулю. Отличие практически полученной суммы средних превышений от теоретического значения называется *невязкой*. Невязку f_h вычисляют как разность $f_h = \sum_i h_i - (H_K - H_H)$, где H_K и H_H – отметки конечной и начальной точек.

Полученная невязка не должна превышать определенной величины. Для технического нивелирования она не должна быть больше 50 мм на 1 км хода или 5 мм на одну станцию. При n станциях $f_{h_{доп}} \leq 10\sqrt{n}$.

Если полученная невязка больше допустимой, значит качество нивелирования низкое, и работу следует переделать. Если полученная невязка меньше предельной, ее распределяют в виде поправок δ_h (мм) во все превышения с обратным знаком. Поправки вычисляют по формуле $\delta_h = f_h/n$, где n – число превышений.

Поправки округляют до целых миллиметров, а сумма их должна равняться невязке с обратным знаком. Этот процесс называют *увязкой превышений*.

Отметки связующих точек вычисляют по исправленным превышениям, отметки промежуточных точек вычисляют через горизонт прибора по вычисленным отметкам связующих точек $ГП = H_A + a = H_B + b$, где a и b – отсчеты по рейкам в точках A и B .

В рассматриваемом примере: $ГП_D = H_D + h_D = 96,929 + 0,154 = 97,083$.

Правильность вычислений проверяют в журнале постраничным контролем. Для этого в каждой из граф (3, 4, 6, 7, 8, 9) суммируют все записанные в них числа. В графах 3-й и 4-й складывают отсчеты по черной и красной сторонам. Найденные суммы записывают в итоговой строке (Σ). Полуразность 3-й и 4-й граф должна равняться сумме средних превышений. Суммируя превышения в 6-й и 7-й графах, находят суммы удвоенных положительных и отрицательных превышений, их алгебраическую сумму и полусумму. Эта полусумма представляет собой алгебраическую сумму средних превышений – алгебраическую сумму 8-й и 9-й граф. Незначительные отличия (1...2 мм) допустимы, так как являются результатом округления средних превышений, – ими пренебрегают.

Для того чтобы избежать при нивелировании грубых погрешностей, контролируют взятие отсчетов и вычисление превышений. Взятие отсчетов контролируют повторением их: обычно на станции берут два отсчета по каждой рейке – отсчитывание по черной и красной сторонам. Применяют рейки, отсчеты которых, совмещенные с нижними гранями красных сторон двух реек комплекта, различаются на 100 мм. При использовании таких реек надо помнить, что на черной стороне счет делений идет от нуля. С пятками красных сторон совмещены отсчеты 4687 мм и 4787 мм. Если на красной стороне реек нанесены деления с шагом 11 мм, а не 10 мм, как на черной, превышения, полученные из разности отсчетов по красной стороне, следует умножить на коэффициент 1,1. Если используют рейки с односторонней разграфкой, поступают так. Берут отсчеты по задней и передней рейкам. Нивелир со штативом снимают и устанавливают вновь, изменяя его высоту примерно на 0,1 м. После этого повторно берут отсчеты по задней и передней рейкам.

До снятия нивелира на станции вычисляют при применении двусторонних реек: разность отсчетов по черной и красной сторонам и превышение по отсчетам по черной и красной сторонам. Для технического нивелирования эти расхождения не должны превышать 5 мм.

Перемещение реек с точки на точку с правильным их чередованием и своевременным снятием помогает исключить промахи в работе, поэтому реечников инструктируют о порядке перемещения и сигналах для снятия реек.

Места установки нивелира выбирают с таким расчетом, чтобы расстояния от нивелира до связующих точек были примерно равны. Соблюдение этого условия исключает или значительно уменьшает величину погрешности и непараллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня.

Нивелир устанавливают в рабочее положение на предварительно проверенном штативе, с подтянутыми болтами и барашками. Ножки вдавливают в грунт. Если наблюдения ведут на большой высоте над землей и при ветре, например на строящемся здании, на штативе подвешивают металлические стержни, пластины, чтобы он был устойчивей. Винт прочно, но не жестко, зажимают. Ножки штатива располагают в направлениях, не препятствующих удобному подходу к окуляру при наблюдении задней и передней реек.

Точки установки реек закрепляют на местности деревянными кольями длиной не менее 30 см и диаметром не менее 5 см. В верхний торец вбивают гвозди со сферической головкой. При установке реек на костыли или башмаки проверяют прочность их сцепления с грунтом или другими поверхностями.

Для того чтобы колебания воздушных потоков меньше искажали отсчеты по рейкам, соблюдают следующие предосторожности. Избегают располагать створы линий над местностью с разными подстилающими поверхностями. Если это все-таки необходимо, связующие точки располагают на границах зон: асфальт–луг–газон; водная поверхность–берег и т.п.; уменьшают расстояния между нивелируемыми точками. Кроме того, высоту визирного луча не опускают ниже 0,3 м над землей.

На время перерыва в работе рядом с последней связующей закрепляют кольями или костылями еще две точки и определяют превышения между тремя точками до и после перерыва. По значениям этих превышений судят о неизменности положения связующей точки нивелирного хода, на которой оканчивалась работа до перерыва. Если ее положение нарушено, нивелирование по ходу повторяют вновь.

Исходной или конечной точкой нивелирования может служить марка (знак) с отверстием в центре, установленная в стене. Отметка марки относится к этому отверстию. В отверстие вставляют штифт, а на него – рейку. Если рейка располагается ниже штифта, отсчеты будут со знаком минус, если выше – со знаком плюс. Эту особенность надо учитывать и обязательно об этом делать запись в нивелирном журнале.

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют способы нивелирования?
2. Какие приборы применяют при нивелировании?
3. Каков комплект приборов для геометрического нивелирования?
4. Чем превышение отличается от отметки?
5. Чем простое нивелирование отличается от сложного?
6. Какова последовательность взятия отсчетов на станции?
7. Как проконтролировать правильность взятых отсчетов по рейке на станции?
8. Как подсчитать высоту одной точки над другой?
9. Что такое невязка?
10. Как подсчитать невязку?

УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

§ 28. ТЕОДОЛИТЫ. ПРИНЦИПЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

Измерение горизонтальных и вертикальных углов на местности выполняют специальными приборами – теодолитами.

Горизонтальный угол – это ортогональная проекция пространственного угла на горизонтальную плоскость.

Вертикальный угол, или угол наклона, – это угол, заключенный между наклонной и горизонтальной линиями.

Принцип измерения горизонтального угла (рис. 52, а) заключается в следующем. В вершине A измеряемого угла BAC устанавливают теодолит, основной частью которого является круг с делениями. Круг располагают горизонтально, т.е. параллельно уровенной поверхности, а его центр совмещают с точкой A . Проекции направлений AB и AC , угол между которыми измеряют, пересекут шкалу круга по отсчетам (делениям) b и c . Разность этих отсчетов дает искомый угол $\beta = \widehat{BAC} = c - b$.

Вертикальный угол измеряют по вертикальному кругу (рис. 52, б) аналогичным образом, но одним из направлений служит фиксированная горизонтальная линия. Из рисунка видно, что если наблюдаемая точка расположена выше горизонта, вертикальный угол (v) положителен, если ниже – отрицателен ($-v$).

На этом принципе основано устройство теодолитов (рис. 52, в). Прибор состоит из подставки, которую устанавливают на три подъемных винта 1 . В отверстие подставки 2 входит ось вращения лимба 3 , в которую, в свою очередь, входит ось алидады 4 . Лимб – рабочая мера теодолита – представляет круг с делениями. Алидада – часть

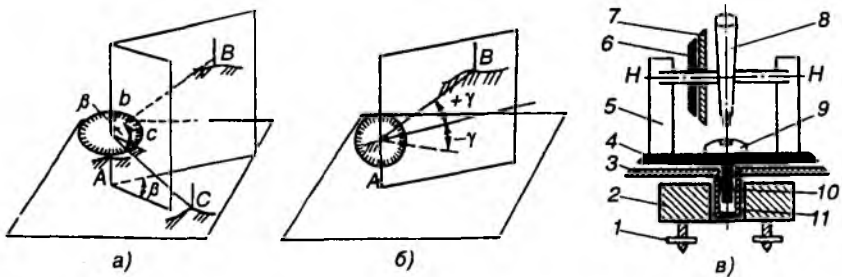


Рис. 52. Горизонтальный (а), вертикальный (б) углы и принципиальная схема устройства теодолита (в):
 1 – винт, 2, 5 – подставка, 3, 7 – лимбы, 4, 6 – алидады,
 8 – зрительная труба, 9 – уровень, 10, 11 – оси

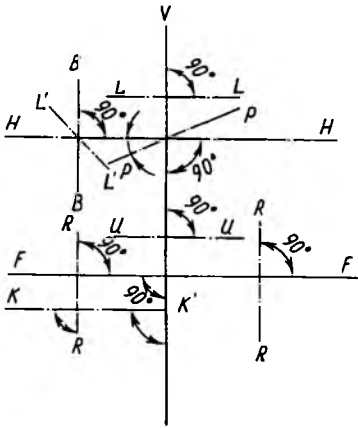


Рис. 53. Геометрическое условие теодолита: оси PP перпендикулярны плоскости рисунка, остальные оси взаимно перпендикулярны, углы равны 90°

прибора, расположенная соосно с лимбом, на которой имеются элементы отсчетного устройства и две колонки, несущие ось вращения HH зрительной трубы 8 вертикального круга. На защитном корпусе алидады укреплен цилиндрический уровень 9. Зрительная труба теодолита представляет собой визирное устройство, содержащее объектив, окуляр и сетку нитей. Уровень служит для приведения в определенное положение прибора в целом и отдельных узлов относительно отвесной линии. К основным частям теодолитов относятся наводящее и закрепительное устройства, служащие для наведения зрительной трубы на визирную цель и закрепления подвижной части прибора в заданном направлении.

Для получения с помощью теодолита неискаженного значения результатов его геометрические элементы должны быть соответственным образом ориентированы относительно друг друга. Геометрические условия (рис. 53) теодолита записывают так: $VV \perp FF$, $HH \perp VV$, $PP \perp HH$, $HH \perp BB$, $UU \perp LL$, $L'L' \perp VV$, $LL \perp HH$, где VV и FF – вертикальная ось прибора и плоскость горизонтального круга, HH – горизонтальная ось трубы, PP – визирная ось трубы, BB – плоскость вертикального круга, LL , UU и $L'L'$ – оси накладного уровня и уровней на горизонтальном и вертикальном кругах, RR – оси подъемных винтов, $KK'K'$ – визирная ось оптического отвеса.

Выяснение в полевых условиях сохранности взаимного расположения частей теодолитов называют *поверками*.

Отечественная промышленность выпускает теодолиты, измерения которыми выполняют с погрешностью $0,5 \dots 30''$. Максимальная погрешность указывается в марке прибора, например, 3Т30-30", 3Т5КП-5" и т.д.

Рассмотрим устройство наиболее часто применяемых теодолитов. Особый интерес представляют теодолиты серии 3Т – высокопроизводительные, удобные в работе, многофункциональные угломерные приборы, эксплуатация которых возможна в пределах температур $+50^\circ\text{C} \dots -40^\circ\text{C}$.

В строительстве, изыскательских работах, при монтаже машин, оборудования, конструкций чаще всего применяют теодолиты типа 3Т5КП (рис. 54). Как правило, теодолиты укомплектовывают принадлежностями, существенно расширяющими область их применения. К стандартной комплектации относятся: буссоль; линзовая насадка на

объектив, окулярная насадка на зрительную трубу и отсчетный микроскоп, электроосвещение отсчетных шкал, требующееся при работе в шахтах, ночью, визирная вешка, устанавливаемая в ручку для переноски теодолита, штатив.

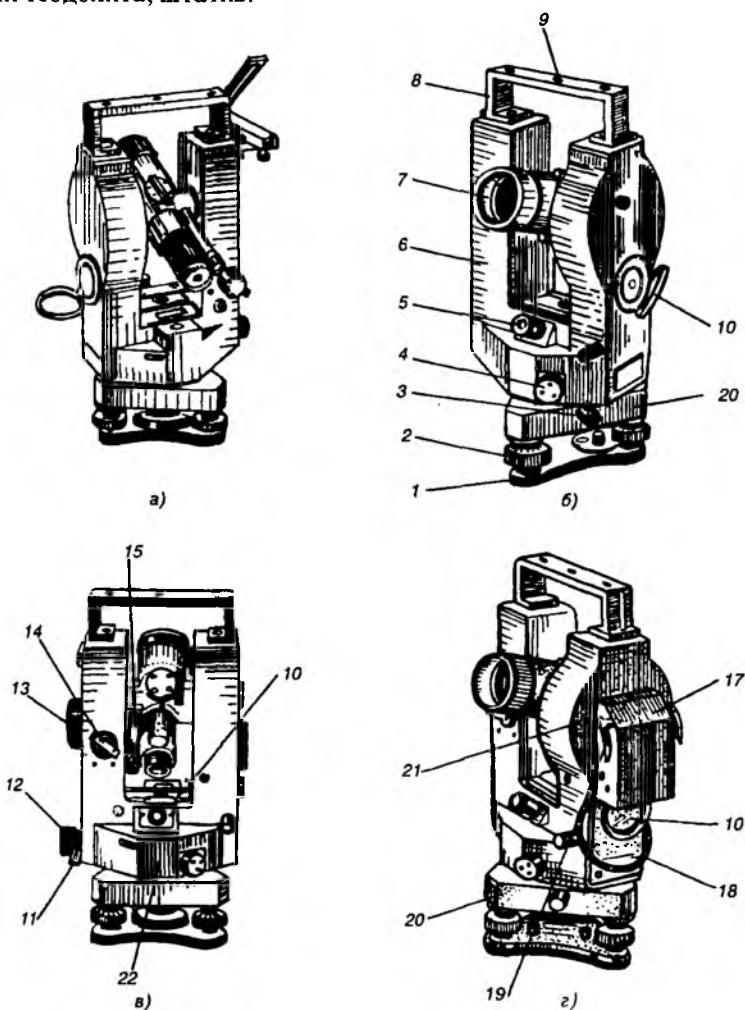


Рис. 54. Теодолит ЗТ5КП в рабочем состоянии с bussолью (а-д) в различных ракурсах:

- 1 – прижимная пластина, 2 – подъемные винты, 3, 11, 12, 14 – зажимные винты,
- 4 – винт установки отсчета, 5 – окуляр центрира, 6 – стойка, 7 – объектив трубы,
- 8 – ручка для переноски, 9 – отверстие для установки вехи, 10 – зеркало подсветки,
- 13 – винт совмещения шкалы вертикального круга, 15 – микроскоп, 16 – уровень,
- 17 – электроосветительное устройство, 18 – электрокабель, 19 – защелка,
- 20 – подставка, 21, 22 – вертикальный и горизонтальный круги

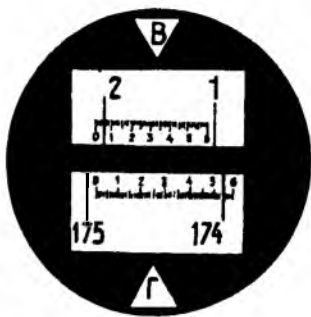


Рис. 55. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита ЗТ5: отсчет по горизонтальному Г кругу $174^{\circ}55,2'$; по вертикальному В — $2^{\circ}04,3'$

Теодолит ЗТ5КП имеет полую цилиндрическую систему осей вращения горизонтального круга. На прижимной к штативу пластине 1 на трех подъемных винтах 2 в трегере (20) винтом 3 фиксируют верхнюю часть прибора. Отсчетные шкалы горизонтального круга закрыты кожухом (22), на котором укреплены стойки 6. На одной из стоек укреплена шкала для снятия отсчетов по вертикальному кругу (21). Центрирование теодолита осуществляют встроенным в алидадную часть (22) оптическим центриром 5. Отсчеты по шкалам вертикального и горизонтального кругов, проходя через систему преломляющих призм, сводятся в микроскоп 15. Цена деления лимба 1° .

В поле зрения микроскопа (рис. 55) видны более мелкие деления шкалы — минуты. Отсчет определяют по штриху лимба на отсчетной шкале, например, отсчет по горизонтальному кругу Г равен $174^{\circ}55,2'$, по вертикальному В — $2^{\circ}04,3'$. Если штрих совпадает с целым делением, десятые доли самого мелкого деления определяют «на глаз». В данном случае это будут десятые доли минуты.

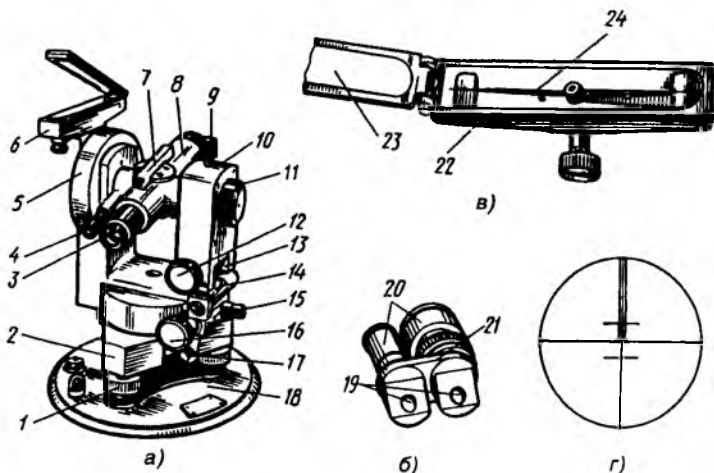


Рис. 56. Теодолит ЗТ30 (а), окулярная насадка (б), ориентир-буссоль (в) и поле зрения трубы (г):

1, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17 — винты, 2 — подставка, 3, 4 — окуляры, 5 — вертикальный круг, 6 — ориентир-буссоль, 7 — визир, 8 — зрительная труба, 10 — колонка, 14 — уровень, 18 — основание, 19, 20 — призмы, 21 — обойма, 22 — корпус, 23 — зеркало, 24 — магнитная стрелка

Вертикальный круг теодолита жестко скреплен со зрительной трубой, а с алидадой вертикального круга – цилиндрический уровень. Наличие уровня на алидаде вертикального круга позволяет устанавливать ее начальные штрихи горизонтально. В теодолите ЗТ5К уровня при вертикальном круге нет, его роль выполняет оптический компенсатор. Индекс компенсатора занимает горизонтальное положение, и при измерении вертикальных углов показания отсчитывают по шкале без дополнительных действий.

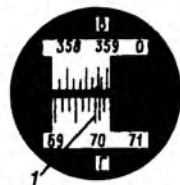


Рис. 57. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита ЗТ30:
1 – отсчетный штрих

Теодолит ЗТ30 (рис. 56, а) отличается от теодолита ЗТ5КП тем, что в его отсчетном устройстве нет шкалы. Цена деления лимба $10'$.

Отсчеты по кругам выполняют по вертикальному отсчетному штриху 1 (рис. 57). Минуты определяют «на глаз» ($70^{\circ}05'$ – по горизонтальному кругу, $358^{\circ}48'$ – по вертикальному). Зрительная труба 8 (см. рис. 56, а) теодолита ЗТ30 может использоваться для центрирования над точкой, для чего используют окулярную насадку и полую вертикальную ось. Эту же насадку используют для визирования вертикально вверх. Фокусировку трубы производят винтом-кремальерой 11. Резкость изображения сетки регулируют в соответствии со зрением наблюдателя вращением кольца окуляра 3. У наблюдателя должно быть зрение ± 5 диоптрий, в ином случае ему необходимо работать не снимая очков. Зрительную трубу наводят, поворачивая трубу в горизонтальной плоскости при отпущенном зажимном винте 15. Его закрепляют при подведении трубы к цели, а наводящим винтом 16 точно вводят в биссектор (пространство, ограниченное двумя вертикальными нитями сетки поля зрения трубы). Зрительную трубу наводят на цель в вертикальной плоскости наводящим винтом 12, при этом закрепительный винт 9 при точной подводке зажимают. Для наведения зрительной трубы вместе с лимбом и алидадой служит закрепительный винт 17 и наводящий винт, который расположен на подставке теодолита. На зрительной трубе установлен оптический визир 7, с помощью которого трубу «на глаз» наводят на предмет. Рядом с окуляром зрительной трубы находится окуляр 4 отсчетного микроскопа.

Теодолит имеет стеклянный круг с делениями от 0 до 360° . Каждое градусное деление оцифровано. Вертикальную ось прибора устанавливают в отвесное положение по цилиндрическому уровню 14. Уровень имеет юстировочные винты 15. Подставка 2 теодолита несъемная, жестко скреплена с основанием 18, служащим одновременно дном футляра. Ход подъемных винтов 1 подставки регулируется, что дает возможность устанавливать плавный ход.

Окулярные насадки надевают на окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа.

Окулярная насадка (см. рис. 56, б) представляет собой призму 19, изменяющую направление визирной оси на 90° . Призма заключена в оправу 20, которая, в свою очередь, помещена в обойму 21. Оправа с призмой свободно вращается в обойме. На боковой крышке теодолита есть посадочный паз для установки ориентир-буссоли б.

Ориентир-буссоль (рис. 56, в) помещена в металлический корпус 22 с крышкой, в которую для удобства наблюдений вмонтировано зеркало. В корпусе нанесены два индекса и помещена магнитная стрелка 24. Для уравнивания магнитной стрелки на ее южный конец надет грузик, который можно перемещать вдоль стрелки. Ориентир-буссоль крепится к теодолиту таким образом, чтобы линия, проходящая через индексы, была параллельна визирной оси трубы. Перед работой стрелку буссоли, находящуюся постоянно в закреплённом положении, опускают (разаретируют) для свободного вращения в горизонтальной плоскости.

Трубу теодолита 3Т30 можно при необходимости располагать горизонтально. Для этого на трубу устанавливают уровень: трубу перемещают примерно горизонтально, снимают визир, а на его месте закрепляют уровень.

Теодолит 3Т30 можно не сходя с одного места визировать зрительной трубой, снимать отсчеты по обоим кругам, наблюдать за установкой уровня. Это особенно важно при работе на неустойчивом грунте. Ряд других теодолитов (в том числе зарубежных) имеют аналогичное устройство.

В настоящее время для автоматизации процесса измерения углов выпускают кодовые теодолиты. В кодовых теодолитах на лимбах вместо штрихов располагаются кодовые дорожки (диски), дающие возможность на основе сочетания прозрачных и непрозрачных полос получать при пропускании через них света лишь два сигнала: «темно-светло». В этом случае значение каждого наблюдаемого направления получается как сочетание двух таких сигналов. Тем самым в основу кода кладется двоичная система исчисления, как в ЭВМ.

При работе с кодовым теодолитом в обязанность наблюдателя входит лишь наведение трубы на цель. Считывание отсчета по лимбу и последующая обработка выполняются автоматически, что ускоряет и упрощает процесс угловых измерений. Кодовые теодолиты выпускают различной точности, характеризуемой ошибкой измерения угла $1...5''$. Первым отечественным кодовым теодолитом является ТТ11, созданный на базе теодолита 2Т2.

Теодолит, особенно кодовый, является сложным и дорогостоящим прибором, требующим умелого и бережного обращения с ним. Поэтому до начала работы вновь осваиваемым теодолитом необходимо воспользоваться инструкцией, имеющейся у каждого экземпляра теодолита. Следует помнить, что все оптические, винтовые и другие части теодолитов после небрежного отношения и поломки в основном не восстанавливаются.

§ 29. ШТАТИВЫ, ВИЗИРНЫЕ ЦЕЛИ И ЭККЕРЫ

Для установки теодолитов на местности используют *штативы* (рис. 58, а, б). Верхняя часть штатива представляет собой горизонтально расположенную металлическую площадку 1, называемую *головкой*. В середине головки размещается отверстие, через которое пропускают становой винт 2, крепящий теодолит со штативом. С головкой соединены нераздвижные (постоянной длины) и раздвижные (переменной длины) ножки 3. В нижней заостренной части 4 ножек есть упоры 6, с помощью которых ножки вдавливают в грунт для придания устойчивости штативу. Раздвижные ножки позволяют регулировать высоту штатива. Штативы с нераздвижными ножками позволяют изменять высоту головки над поверхностью грунта в более ограниченных пределах, однако они более устойчивы.

Так как непосредственное визирование на точку, закрепленную в грунте знаком, бывает затруднено из-за неровностей местности и растительности, над знаком устанавливают визирные цели, марки, вехи, шпильки.

Если требуется измерить угол с большой точностью, используют комплект визирных целей КВЦ (рис. 59, а), который состоит из визирных марок 1, подставок 2 и штативов 3. Стандартный набор КВЦ включает также аккумуляторы, шнуры с вилками, лампы электрической подсветки для работы в ночное время или в шахтах.

Для центрирования визирной марки над точкой применяют оптический двусторонний отвес ОДО (рис. 59, б).

Марку центрируют следующим образом. Штатив устанавливают над точкой, следя за тем, чтобы его головка была примерно горизонтальна, а центр находился над точкой. Подставку с ОДО помещают на головке штатива. Глядя в окуляр 8, смещают по головке штатива подставку с ОДО до совпадения креста сетки нитей с точкой и в этом положении закрепляют ее. Выдвигая – вдвигая ножки штатива, приводят пузырьки двух взаимно перпендикулярных уровней 5 в нуль-пункт.

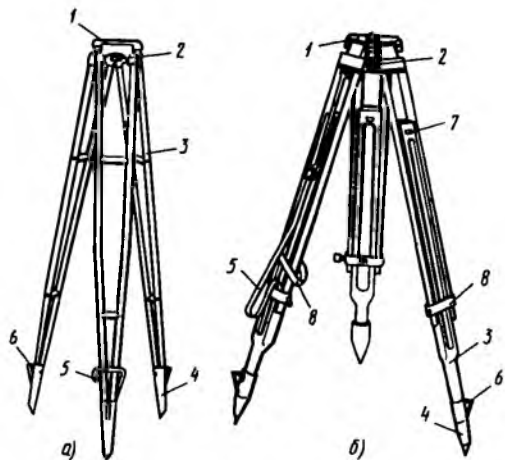


Рис. 58. Штативы ШН (а) и ШР (б):
1 – головка (площадка), 2 – становой винт,
3 – ножка, 4 – наконечник, 5 – ремень для переноски,
6 – упор, 7 – ограничитель, 8 – зажимной блок

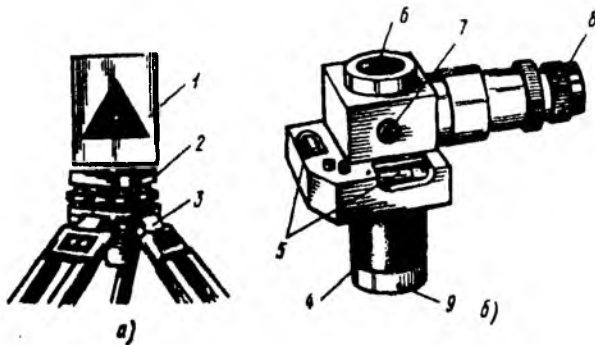


Рис. 59. Комплект визирных целей (а) и оптический отвес (б):
1 – марка, 2 – подставка, 3 – штатив, 4 – вертикальная ось, 5 – уровень,
6, 9 – объективы, 7 – переключатель направлений, 8 – окуляр

При этом наведение креста сетки нитей на точку может немного нарушиться. Чтобы исправить положение, слегка открепляют винт и перемещением подставки вновь наводят ОДО на точку. В этом случае может незначительно нарушиться вертикальность оси ОДО. Восстанавливают ее подъемными винтами подставки. Центрирование и приведение оси ОДО в отвесное положение повторяют несколько раз, добиваясь совпадения креста сетки нитей визирной трубы отвеса с точкой при положении уровней в нуль-пункте. По окончании центрирования подставки над точкой ОДО вынимают и на его место в подставку устанавливают визирную марку.

Вехи устанавливают, непосредственно совмещая заостренную часть с центром точки. Отвесность вех проверяют по вертикальной нити сетки трубы теодолита (рис. 60). Центр сетки трубы совмещают с ее основанием.

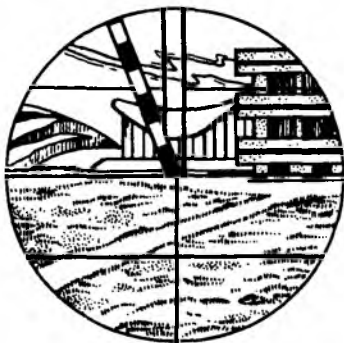


Рис. 60. Поле зрения трубы при наведении на веху (изображение перевернуто)

Шпильки устанавливают при измерении углов с короткими сторонами. Острие шпильки совмещают с центром знака, а их отвесность проверяют по вертикальной нити сетки трубы.

С помощью оптического отвеса теодолит центрируют так же, как ОДО. Погрешность центрирования 0,5...1,0 мм.

Для построения на местности прямых углов с небольшой точностью служит двухзеркальный геодезический эккер ЭГ (рис. 61, а).

Эккер состоит из трехгранного металлического корпуса 3, к граням которого с внутренней стороны под углом 45°

прикреплены колодочки с зеркалами 1 и 5. Угол между зеркалами регулируют винтами 6 и 7. Над зеркалами вырезаны окна 2 и 4. К коробке эккера привинчена ручка 8. При построении прямого угла наблюдателю необходимо центрировать ручку эккера над точкой. Для этого на ручке есть кольцо 9, к которому крепится нитяной отвес.

Для построения прямого угла (рис. 61, б) в точке O к створу AB необходимо, чтобы в зеркале ab была видна исходная визирная цель, установленная в точке A . Одновременно по створу в окне над зеркалом ab «на глаз» выставляют вторую визирную цель, перемещаемую по створу до совпадения ее изображения с изображением исходной визирной цели.

Визирная цель устанавливается в точке, от которой должен быть опущен перпендикуляр к створу AB . Наблюдатель с эккером перемещается вдоль створа линии AB до совмещения визирных целей, видимых в окне.

Правильность работы эккера проверяют так. В створе линии AB в точке C дважды восстанавливают перпендикуляр: сначала ориентируясь по точке A , затем – по точке B . Если угол между зеркалами равен 45° , то визирные цели, устанавливаемые в точке C , совпадут. Исправления при необходимости выполняют регулировочными винтами 6 и 7.

§ 30. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ТЕОДОЛИТОВ

До начала работы с теодолитом внешним осмотром проверяют его устойчивость на штативе, плавность хода подъемных и наводящих винтов, прочность фиксации вращающихся частей закрепительными винтами.

Если теодолит получен с завода, после ремонта, от другого специалиста, до ввода теодолита в эксплуатацию выполняют проверки. В процессе проверок удостоверяются в правильном взаимном положении осей прибора (рис. 62, а).

1. Ось UU цилиндрического уровня горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси VV вращения прибора (рис. 62, б).

Проверку выполняют в такой последовательности. Теодолит устанавливают на штативе так, чтобы уровень был расположен по направ-

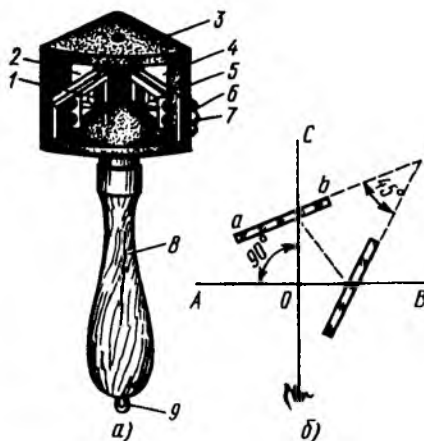


Рис. 61. Двухзеркальный эккер ЭГ (а) и построение прямого угла эккером над точкой O (б): 1, 5 – зеркала, 2, 4 – окна, 3 – корпус, 6, 7 – винты, 8 – ручка, 9 – кольцо

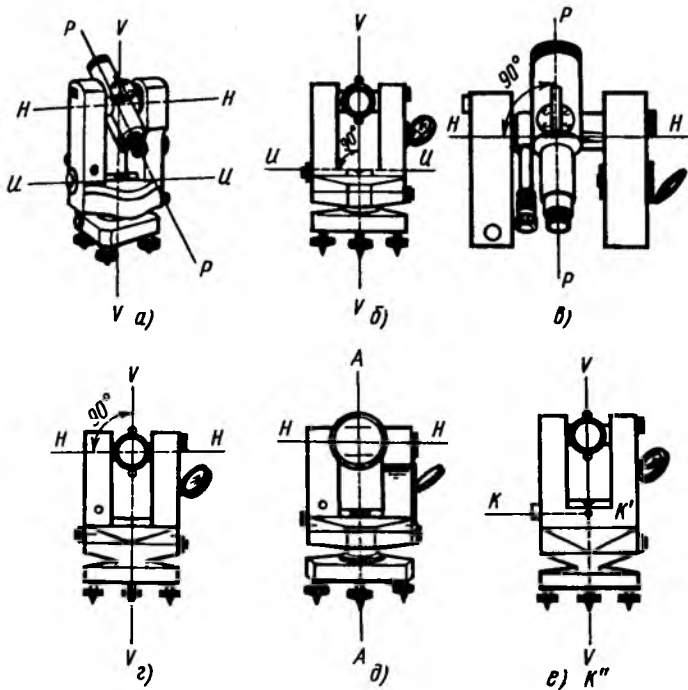


Рис. 62. Схемы геометрических осей теодолита

лению двух любых подъемных винтов и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня в нуль-пункт, затем поворачивают горизонтальный круг теодолита на 180° . Если пузырек остался на середине или отклонился не более чем на одно деление, уровень исправен, если более чем на одно деление – неисправен.

Для устранения неисправности пузырек перемещают исправительными винтами уровня к нуль-пункту на одну половину дуги отклонения, подъемными винтами – на вторую.

После выполнения проверки удостоверяются, что теодолит сохраняет рабочее положение. Для этого горизонтальный круг поворачивают на 90° , приводят пузырек цилиндрического уровня на середину и поворачивают горизонтальный круг в произвольном направлении. Если при различных положениях круга относительно подъемных винтов пузырек остался на середине, проверка считается выполненной.

Визирная ось PP трубы должна быть перпендикулярна оси HH вращения трубы (рис. 62, в).

Проверку выполняют в такой последовательности. Вертикальную ось теодолита приводят в отвесное положение. Для этого сначала устанавливают уровень теодолита по направлению двух подъемных

винтов и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек на середину ампулы. Поворачивают теодолит на 90° и вращением третьего подъемного винта приводят пузырек снова на середину. Наводят трубу на удаленную, ясно видимую точку, закрепляют лимб и берут отсчет a_1 по горизонтальному кругу. Отпускают зажимный винт зрительной трубы и переводят трубу через зенит. Открепляют зажимный винт алидады и, наводя трубу на ту же точку, берут повторный отсчет a_2 . Если отсчеты a_1 и a_2 равны или отличаются не более чем на двойную точность отсчетного устройства, теодолит исправен, если больше – неисправен.

Чтобы устранить неисправность, из отсчетов a_1 и a_2 находят среднее значение: $a = (a_1 + a_2)/2$. Микрометренным винтом устанавливают на горизонтальном круге средний отсчет a (изображение точки сместится от вертикальной нити). Снимают с окулярного колена трубы колпачок, ослабляют вертикально расположенные винты и вращением боковых исправительных винтов смещают сетку до совпадения перекрестия сетки нитей с точкой визирования. После юстировки закрепляют винты.

Можно измерять угол и при нарушенном соотношении осей. В этом случае отсчеты берут при двух положениях трубы – левом и правом (Л и П) и из этих отсчетов определяют среднее.

3. Ось *НН* вращения трубы должна быть перпендикулярна оси *УУ* вращения прибора (рис. 62, з).

Поверку выполняют в такой последовательности. Теодолит устанавливают на расстоянии 10...15 м от стены здания. Вертикальную ось вращения приводят в отвесное положение. Трубу наводят на точку, высоко расположенную на здании, и закрепляют горизонтальный круг. Трубу плавно опускают до горизонтального положения. На стене отмечают проекцию точки. Переводят трубу через зенит, опускают закрепительный винт алидады и снова наводят на ту же точку. Проецируют точку на тот же уровень и закрепляют. Если проекции точки совпадают, теодолит исправен, если не совпадают – неисправен.

Условия этой поверки гарантируются заводом-изготовителем. При нарушении условия прибор направляют в мастерскую для ремонта.

При работе с нарушенным соотношением осей выполняют следующее. Измерения делают только при двух положениях круга. При подъеме трубы до 30° и расстоянии до проектируемой точки до 20 м допускается несовпадение проекций до 30 мм; за окончательный результат принимают среднее из двух наведений.

4. Вертикальная нить *АА* сетки зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси *НН* ее вращения (рис. 62, д).

Поверку выполняют в такой последовательности. Вертикальную ось вращения теодолита приводят в отвесное положение. На расстоянии 8...10 м от теодолита закрепляют отвес. Вертикальную нить наводят на отвес. Если вертикальная нить сетки совпадает с нитью отвеса, теодолит исправен, если отклонилась от отвеса – неисправен.

Чтобы исправить соотношение осей, снимают с окулярного колена трубы колпачок, ослабляют исправительные винты сетки и поворачивают диафрагму так, чтобы вертикальная нить сетки совместилась с нитью отвеса.

При нарушении условия поверки визируют только перекрестием сетки нитей.

После выполнения этой поверки повторно делают вторую поверку.

5. Компенсатор вертикального круга должен обеспечивать неизменный отсчет по вертикальному кругу при наклонах вертикальной оси теодолита в пределах $\pm 2'$ (для теодолитов ЗТ5К).

Поверку выполняют в такой последовательности. Вертикальную ось вращения теодолита приводят в отвесное положение, расположив один из подъемных винтов в направлении выбранной точки местности. Трубу наводят на точку, расположенную на расстоянии 50 м, и закрепляют закрепительными винтами трубы и горизонтального круга. Действуя подъемными винтами, наклоняют теодолит на 3...4 деления уровня, вновь наводят трубу на ту же точку и делают отсчет по вертикальному кругу. Повторяют те же действия, наклонив теодолит на 3...4 деления уровня в другую сторону. Если разность отсчетов, полученных при первом и втором наклонах теодолита, не превышает $\pm 0,1'$, то теодолит исправен, если превышает – неисправен.

При нарушении этого условия работать нельзя, теодолит направляют в оптико-механическую мастерскую для исправления.

6. Визирная ось $KK'K''$ оптического отвеса должна совпадать с осью $K'K''$ вращения теодолита, т. е. VV' (рис. 62, e).

Поверку выполняют в такой последовательности. Вертикальную ось вращения теодолита приводят в отвесное положение. Отмечают на местности точку, в которую проецируется наблюдаемый в окуляр центр отвеса. Повернув теодолит на 180° , снова отмечают проекцию центра отвеса. Если проекции точек совпадают до 1 мм, теодолит исправен, если не совпадают до 1 мм – неисправен.

Чтобы устранить неисправность, снимают крышку, под которой расположены два винта, скрепляющие отвес с теодолитом, отпускают винты и передвигают окулярную часть до совмещения проекций первой и второй точек. Нельзя выполнять работы при несовпадении проекций центра отвеса свыше 3 мм; теодолит в этом случае отправляют в ремонт.

§ 31. ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ

Горизонтальный угол BAC (рис. 63) на местности измеряют так. В вершине измеряемого угла устанавливают теодолит. Головку штатива располагают примерно над знаком, а ее верхнюю площадку приводят в горизонтальное положение. Наконечники ножек штатива вдавливают в грунт.

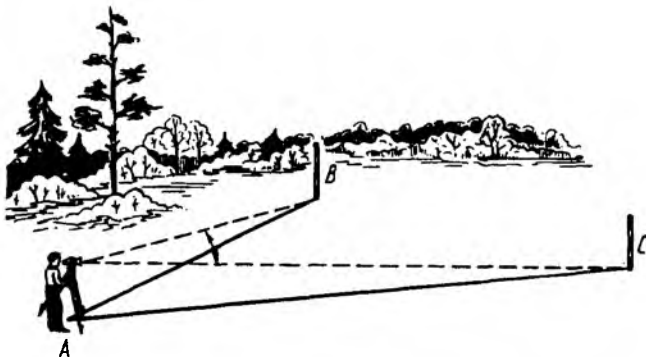


Рис. 63. Измерение горизонтального угла

Теодолит центрируют над точкой *A* и по уровню на алидаде горизонтального круга приводят с помощью подъемных винтов ось вращения теодолита в вертикальное положение. На точках *B* и *C*, фиксирующих направления, между которыми измеряется угол, устанавливают визирные цели: марки, вехи, шпильки и т. п.

Сетку нитей трубы устанавливают в соответствии со зрением наблюдателя. Для этого трубу наводят на светлый фон (небо, белую стену) и, вращая окулярное кольцо, в поле зрения трубы добиваются четкого изображения сетки нитей.

Глядя вверх трубы, совмещают крест визира с визирной целью (визирная цель должна появиться в поле зрения трубы). После попадания в поле зрения трубы визирной цели фиксируют направление, зажимая закрепительные винты алидады и трубы. Вращением фокусирующей кремальеры добиваются резкого изображения визирной цели. Наводящими винтами алидады и трубы совмещают центр сетки с изображением визирной цели.

Существует несколько способов измерения углов. Наиболее простой способ – совмещение нулей лимба и алидады или «от нуля». В этом случае нуль алидады совмещают с нулем лимба. Алидаду закрепляют, оставляя не закрепленным лимб. Трубу наводят на визирную цель и закрепляют лимб. После этого алидаду открепляют, наводят трубу на другую визирную цель и закрепляют алидаду. Отсчет на лимбе даст значение измеряемого угла. Как правило, отсчеты по лимбу производят дважды.

Описанный способ прост, но недостаточно точен, поэтому чаще применяют способ приемов. В этом случае совмещение трубы с первой визирной целью производят при произвольном отсчете по лимбу.

Измерение угла при одном положении круга называют *полуприемом*. Как правило, работу по измерению угла на точке оканчивают полным приемом – измерением при правом (П) и левом (Л) положениях вертикального круга. Более точных результатов можно достичь, если измерения выполнять несколькими приемами. Результаты изме-

рений записывают в полевой журнал (табл. 5). Из полученных отсчетов (например, на левую точку 14) $263^{\circ}18,6'$ и $18,8'$ берут среднее – $263^{\circ}18,7'$. На правую точку 16 получают средний отсчет $318^{\circ}42,2'$. Разность средних отсчетов (П минус Л) является измеренным значением угла $55^{\circ}23,5'$. Расхождение значений измеренного угла в полуприемах не должно превышать полуторной точности отсчета. Если измерения производят несколькими n приемами, лимб между ними переставляют на угол $\gamma = 180^{\circ}/n$.

Таблица 5

Станция	Точка наблюдения	Отсчеты			Углы	
		1	2	среднее	в полуприемах	среднее
А	Л					$55^{\circ}23,2'$
	14	$263^{\circ}18,6'$	$18,8'$	$263^{\circ}18,7'$	$55^{\circ}23,5'$	
	16	$318^{\circ}42,3'$	$42,2'$	$318^{\circ}42,2'$		
	П					
	14	$150^{\circ}44,8'$	$44,8'$	$150^{\circ}44,8'$	$55^{\circ}22,8'$	
	16	$46^{\circ}07,7'$	$07,4'$	$46^{\circ}07,6'$		

В вертикальной плоскости теодолитом измеряют углы наклона или зенитные расстояния (рис. 64, а, б).

Углы наклона принято различать положительные и отрицательные. Положительный угол образуется разностью между направлением на предмет, располагаемым выше уровня горизонтальной оси вращения трубы, и направлением, соответствующим горизонтальному положению визирной оси. Отрицательный угол образуется между горизонтальным положением визирной оси трубы и направлением на точку, располагаемую ниже горизонтальной оси вращения трубы.

При измерении вертикальных углов (см. рис. 64, а) исходным (основным) направлением является горизонтальное. Отсчеты ведут по шкалам, нанесенным на вертикальный круг 2 теодолита (на вертикальном круге – см. рис. 64, б – показана подпись шкал на вертикальном круге иная, но во всех случаях с горизонтальным направлением визирной оси трубы совпадает целое число градусов: 0° ; 90° . У теодолитов ЗТ30 начальный индекс, относительно которого производят отсчеты по вертикальному кругу, приводится в горизонтальное положение уровнем при горизонтальном круге. Уровень скреплен с алидадой так, что его ось установлена параллельно коллимационной плоскости зрительной трубы.

Для вычисления значений углов наклона определяют место нуля М₀. Место нуля – это отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси и положению уровня при али-

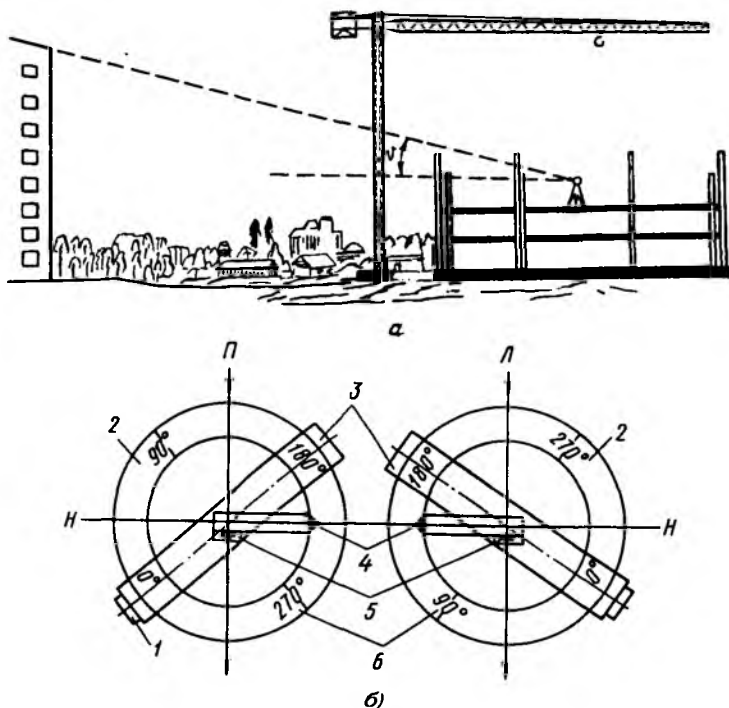


Рис. 64. Измерение вертикального угла (а) и подпись делений на вертикальном круге при измерении углов при КП слева и КД справа (б):
 1 – окуляр, 2 – вертикальный круг, 3 – объектив, 4 – отсчетный индекс, 5 – уровень, 6 – оцифровка, НН – горизонтальная ось

даде вертикального круга в нуль-пункте, или горизонтальности отсчетного индекса у теодолитов с компенсатором при вертикальном круге.

М₀ определяют так: устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение, находят хорошо видимую точку и наводят на нее трубу при круге «лево» (Л). При наличии уровня при вертикальном круге приводят пузырек его в нуль-пункт и берут отсчет по вертикальному кругу. Трубу переворачивают через зенит, теодолит – на 180° и вновь, теперь уже при круге «право» (П), наводят крест сетки нитей на ту же точку. Вновь приводят пузырек уровня в нуль-пункт и берут второй отсчет по вертикальному кругу.

При работе с теодолитом ЗТЗ0 М₀ вычисляют по формуле: $M_0 = (\Pi + Л + 180^\circ)/2$, где Π и $Л$ – отсчеты по вертикальному кругу теодолита при Π и $Л$ соответственно.

При работе с теодолитом ЗТ5КП М₀ вычисляют по формуле: $M_0 = (\Pi + Л)/2$. При работе с другими теодолитами формулу для вычисления М₀ узнают из паспорта, прикладываемого к каждому теодолиту.

Результаты измерения записывают в журнал (табл. 6).

Таблица 6

Станция	Точка наблюдения	Отсчеты				M0	
		П		Л			
		° (градусы)	' (минуты)	° (градусы)	' (минуты)	° (градусы)	' (минуты)
А	1	2	45	117	18	0	01,5
	2	5	35	174	29	0	02

Место нуля может иметь любое значение. Важно, чтобы при измерении вертикальных углов оно оставалось постоянным. Для удобства вычислений желательно, чтобы M0 было близким, а еще лучше равным нулю. M0 исправляют так. После определения M0 вращением трубы теодолита при Л устанавливают отсчет по вертикальному кругу, равный вычисленному углу наклона. В этом случае средняя горизонтальная нить сетки сойдет с изображения точки. Вертикальными исправительными винтами сетки среднюю горизонтальную нить наводят на точку.

Измерение вертикальных углов основано на конструктивной особенности теодолита, лимб вертикального круга которого жестко скреплен с трубой. С визирной осью трубы совпадают направления на лимбе вертикального круга: $0 - 180^\circ$ или $90 - 270^\circ$. Лимб, вращаясь вместе с трубой, подводит к отсчетным индексам различные отсчеты. Разность отсчетов между двумя направлениями, между направлением и горизонтальным отсчетным индексом даст значение вертикального угла v или угла от горизонта до измеряемого направления.

Для решения некоторых инженерных задач требуется определить зенитное расстояние, которое является дополнением угла наклона до 90° : $z = 90^\circ - v$. Зенитное расстояние образуется визирной линией и отвесной линией, называемой направлением на точку зенита.

При измерении зенитных расстояний вместо M0 определяют место зенита MЗ. Отсчеты по вертикальному кругу производят при положении пузырька уровня при вертикальном круге в нуль-пункте, что означает приведение отсчетного индекса в горизонтальное положение. Если теодолиты снабжены компенсатором, то отсчетный индекс автоматически приводится в горизонтальное положение. Если у теодолита нет уровня при вертикальном круге и компенсатора (например, теодолиты ЗТЗ0), то перед отсчетом по вертикальному кругу приводится в нуль-пункт уровень при горизонтальном круге.

Хотя оцифровка делений на вертикальных кругах различных теодолитов различна, правила придания знаков вертикальным углам общие: поднятие визирной оси трубы над горизонтом образует положительные углы наклона. Поэтому при определении угла наклона разными теодолитами его вычисляют по формулам:

ЗТ30: $v = Л - М0$; $v = М0 - П - 180^\circ$; $v = (Л - П - 180^\circ)/2$.

ЗТ5К, 2Т5П: $v = Л - М0$; $v = М0 - П$; $v = (Л - П)/2$.

Если из уменьшаемого отсчета нельзя вычесть вычитаемое, к отсчету, меньшему 90° , прибавляют 360° .

Результаты измерений и вычислений записывают в полевых журналах (табл. 7).

Таблица 7

Дата 3.15.92

Погода: облачно, $t = +26^\circ\text{C}$

Наблюдатель Михальчук

Теодолит: ЗТ30 №0285Р

Станция		Точка	Отсчет				(П + Л)/2		D, м	Абрис
			°	'	°	'	°	'		
1	П	5	295	08	124	48	124,0	47,5	Прямо 154,07 Обратно 154,16 Среднее 154,12	
		2	171	20						
	Л	5	12	31						
		2	247	44	124	47				

Вычислял:

Проверил:

§ 32. ТЕОДОЛИТНЫЕ ХОДЫ

Теодолитным ходом (рис. 65) называют систему закрепленных в натуре точек, например, *I*, 4, 5, координаты которых определены из измерения углов β и расстояний *D*.

Теодолитный ход начинают создавать с осмотра местности – рекогносцировки, цель которой – определить наиболее благоприятные места для закрепления вершин теодолитного хода и створов для промеров углов и линий между ними. Как правило, теодолитные ходы прокладывают между точками государственной геодезической сети, например, *II*, *III*. Связь теодолитных ходов с пунктами более высокого класса называют *привязкой*.

Если теодолитные ходы не привязаны к государственным геодезическим сетям, 20% точек закрепляют железобетонными знаками. Эти знаки, в свою очередь, привязывают к предметам местности: зарисовывают глазомерно план и измеряют расстояния не менее чем до трех постоянных предметов местности – углов капитальных зданий, колодцев, деревьев.

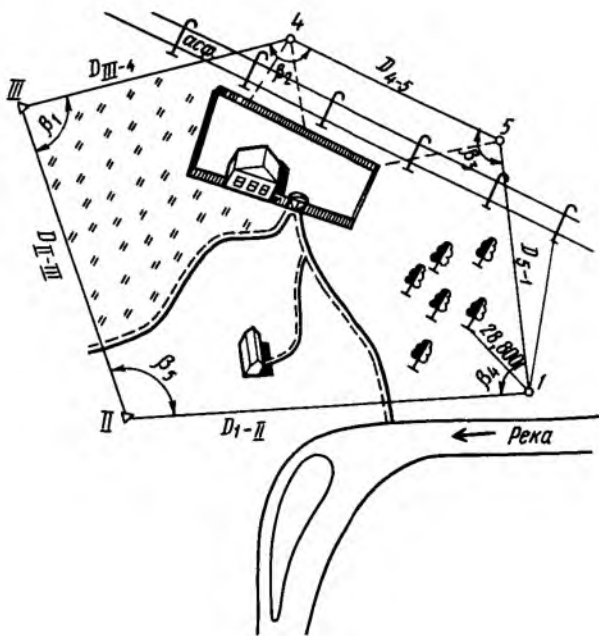


Рис. 65. Схема теодолитного хода

Длины сторон между точками теодолитных ходов колеблются в пределах 20...350 м, а длины ходов зависят от многих факторов. Из них главные: масштабы топографической съемки и застроенность территории, по которой прокладывают ход. Например, уменьшение масштаба съемки с 1:500 до 1:1000 позволяет увеличить длину хода с 0,8 до 1,2 км.

Если производят съемку в масштабе 1:2000, то на застроенной территории длина хода допускается до 2 км, а на незастроенной – до 3 км.

После того как выбраны и закреплены вершины сторон теодолитного хода, производят измерения сторон и горизонтальных углов.

Общепринятая погрешность измерения сторон в теодолитных ходах от 1:1000 до 1:2000. Это означает, что если, например, измерена линия длиной 154 м, то при заданной предельной относительной погрешности измерения 1:1000 результат измерения «прямо» может отличаться от результата измерения «обратно» не более чем на $154 \text{ м} / 1000 = 15 \text{ см}$. Результаты измерений записывают в графу 9 табл. 8.

Измерение горизонтальных углов между точками теодолитного хода (либо левые, либо правые по ходу продвижения) выполняют теодолитами.

В зависимости от применяемых теодолитов правильность измерений контролируют по разности углов между полуприемами П и Л (см. графы 5, 6 табл. 8).

Таблица 8

Станция	Точка	Отсчеты		Угол		(П + Л)/2		D, м	Абрис	Примечание	
		°	'	°	'	°	'				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
I	Л	II	183	56	91	44	91	43,5	115,89		
		5	92	12					<u>115,91</u>		
	П	II	2	37	91	43	106	17,5	<u>115,90</u>		
		5	270	54					182,92		
	П	III	12	25	106	18	106	17,5	<u>182,84</u>		
		I	266	07					182,88		
	Л	III	I	155	41	106	17	76	06,5		147,7
			4	49	24						<u>147,43</u>
	Л	I	4	170	49	76	06	76	06,5		147,45
			II	94	43						146,40
П	II	II	4	11	76	07	101	58,5	95,98		
		4	288	04					<u>95,94</u>		
П	III	III	291	38	101	59	101	58,5	95,96		
		5	189	39					95,96		
4	Л	III	200	05	101	58	163	52	88,67		
		5	98	07					<u>88,69</u>		
	Л	4	4	102	23	163	52,5	163	52,5	88,68	
			1	298	31					88,68	
	П	4	4	208	33	163	53	163	52,5	88,68	
III			44	40	88,68						

В журнале измерения горизонтальных углов часть места отводят для схематической зарисовки (абриса) положения точек теодолитного хода и пояснительных записей (см. графу 10 табл. 8). Абрис служит основным документом, по которому находят на местности точки теодолитного хода.

Для передачи координат на точки теодолитных ходов производят привязку их к геодезическим пунктам более высокого класса. Привязка

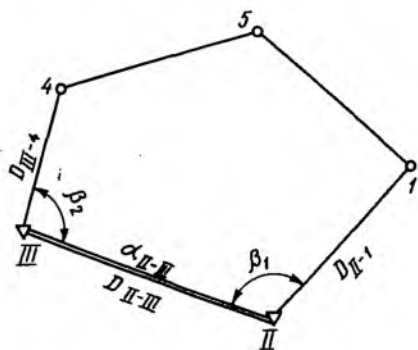


Рис. 66. Схема привязки теодолитного хода к твердым пунктам II и III

состоит в том, что определяют положение хотя бы одной точки хода относительно точек более высокого класса: измеряют между ними расстояние и примычный угол. Плановую привязку называют передачей координат и дирекционных углов с пунктов привязки на точки ходов.

В зависимости от количества пунктов государственной геодезической сети, удаленности их от точек теодолитного хода привязку производят разными способами. Например, пункты государственной геодезической сети II, III

включают в теодолитный ход, измеряют примычные углы β_1 и β_2 и линии D_{II-I} , D_{III-4} (рис. 66).

§ 33. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Результаты линейных и угловых измерений обрабатывают. Первичную обработку (полевой контроль и оценку их пригодности для последующих вычислений) выполняют непосредственно в полевых журналах. При первичной обработке находят среднее значение из ряда измерений одной и той же величины, определяют допустимость отклонений, делают повторные вычисления (выполняет другой специалист).

Основную обработку результатов измерений в теодолитном ходе выполняют после полевого контроля и записывают на бланках-ведомостях. Исходные данные для обработки: горизонтальные углы, длины сторон, дирекционный угол примычной стороны и координаты точек государственной геодезической сети, к которым привязывают теодолитный ход.

Последовательность обработки и записи результатов приведена в табл. 9.

1. Из граф 7 и 8 журнала в ведомость (см. табл. 9) выписывают средние значения измеренных углов.

2. Подсчитывают сумму измеренных углов (графа 2) и теоретическую сумму углов.

Для замкнутого теодолитного хода сумму углов подсчитывают как сумму углов многоугольника: $\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n - 2)$. Подсчитывают невязку f_β в сумме углов, равную разности суммы измеренных и теоретических углов: $f_{\beta \text{ практ}} = \sum \beta_{\text{ практ}} - \sum \beta_{\text{ теор}}$.

Для разомкнутого теодолитного хода, т.е. хода, привязанного к пунктам государственной геодезической сети с двух сторон, невязку вычисляют по формуле $f_{\beta_{\text{практ}}} = \alpha_{\text{кон.лин}} - \alpha_{\text{нач.лин}} \pm \sum \beta_{\text{изм}}$, где $\alpha_{\text{кон.лин}}$, $\alpha_{\text{нач.лин}}$ – дирекционные углы сторон, к которым привязан теодолитный ход, $\sum \beta_{\text{изм}}$ – сумма измеренных углов на вершинах теодолитного хода.

3. Определяют допустимость вычисленной угловой невязки по сравнению с заранее вычисленной: $f_{\beta_{\text{доп}}} = 2t\sqrt{n}$, где t – приборная точность измерения углов, n – количество измеряемых углов.

4. При $f_{\beta_{\text{практ}}} \leq f_{\beta_{\text{доп}}}$ невязку распределяют поровну на все углы введением поправки. Поправки v_i вычисляют по формуле $v_i = f_{\beta_{\text{практ}}} / n$ и вводят с обратным знаком в значения измеренных углов, получая исправленные углы (графа 3).

Как правило, поправки вводят с округлением до десятых долей минуты, если углы измерены с точностью до минут. Если измерения более точные, при округлении удерживают один лишний знак по отношению к измеренным углам. Если невязку нельзя разделить поровну на все углы, то большую поправку вводят в углы, образованные короткими сторонами.

5. По исходному дирекционному углу, который, например, для стороны II...III равен $260^\circ 52,5'$, вычисляют дирекционные углы (рис. 67) остальных сторон теодолитного хода. Вычисления ведут по правилу: дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус горизонтальный угол, лежащий справа по ходу: $\alpha_{\text{III-4}} = \alpha_{\text{II-III}} + 180^\circ - \beta_{\text{III-4}}$. Если при вычислении уменьшаемый угол окажется меньше вычитаемого, к уменьшаемому углу прибавляют 360° . Если вычисленный дирекционный угол окажется больше 360° , из него вычитают 360° .

Если измерены левые углы, то дирекционный угол последующей стороны вычисляют по формуле $\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + \beta - 180^\circ$.

6. Вычисляют значения румбов r и записывают их в графу 5.

7. Вычисляют горизонтальные проложения длин линий и записывают их значения в графу 9. Горизонтальные проложения вычисляют

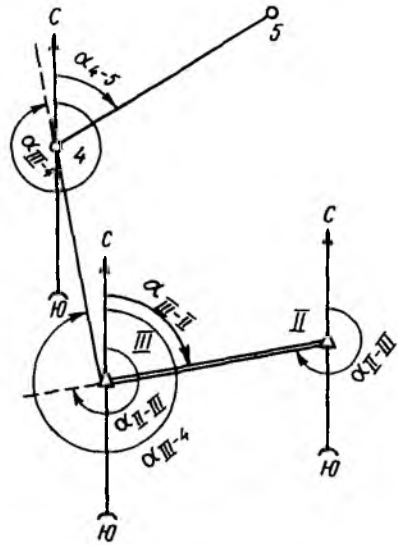


Рис. 67. Схема вычисления дирекционных углов

№ вершины полигона	Углы				Азимут (дирекционный угол)		Румб			Длина линии (горизонтальное положение)	вычис-	
	измеренные		исправленные				название	°	′			
	°	′	°	′	°	′				±	Δx	
1	2		3		4		5			6	7	
II		+3			260	52,0						
III	76	06,5	76	06,8								-4
		+3			4	45,2	СВ	4	45,2	146,40	+	145,90
4	101	58,5	101	58,8								-3
		+3			82	46,4	СВ	82	46,4	95,96	+	12,08
5	163	52,5	163	52,8								-2
		+3			98	53,6	ЮВ	81	06,4	88,68	-	13,72
1	91	43,5	91	43,8								-3
		+3			187	09,8	ЮЗ	7	09,8	115,90	-	115,04
II	106	17,5	106	17,8								
III					260	52,0						
$\Sigma \beta_{пр}$	539	585	540	00,0								

Длина хода ΣD 439,94 + 157,98

$$\Sigma \beta_{теор} = 180^\circ (n - 2) = 540^\circ 00,0'$$

Угловая невязка:

$$f_{\beta_{пр}} = \Sigma \beta_{пр} - \Sigma \beta_{теор} = 539^\circ 58,5' - 540^\circ 00,0' = -0^\circ 01,5'$$

- 128,76

$\Sigma \Delta x_{пр}$ + 29,22

$\Sigma \Delta x_{теор}$ + 29,10

Допустимость невязки:

$$f_{\beta_{доп}} = 2t\sqrt{n} = 2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{5} = 0^\circ 02,2'$$

$$t = 0,5'$$

(n – число углов)

Невязки приращений

$$f_x = +0,12 \text{ см}$$

Абсолютная невязка хода

$$f_D = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,13 \text{ см}$$

Допустимость относительной невязки

$$\frac{f_D}{\Sigma D} = \frac{1}{\Sigma D} = \frac{1}{3400} < \frac{1}{2000}$$

по формуле $d = D - \Delta d_h$, где d – горизонтальное проложение линии, D – измеренная длина стороны, Δd_h – поправка к измеренной длине за наклон к горизонту.

8. В графе 6 подсчитывают длину теодолитного хода ΣD .

9. Используя таблицы приращений координат, вычисляют Δx и Δy по формулам: $\Delta x = D \cos r$; $\Delta y = D \sin r$.

В таблицах приращений координат помещены произведения синусов и косинусов углов от 0 до 90° через 1' на горизонтальные проложения, кратные 10, 20, ..., 90 м. Приращения координат выбирают из таблиц, сохраняя второй знак после запятой. Вычисление приращений координат можно вести на микрокалькуляторе, с помощью таблиц натуральных значений тригонометрических функций и таблиц логарифмов.

Приращения										№ вершины полигонов	Примечание
ленные		исправленные				±	x	±	y		
±	Δy	±	Δx	±	Δy						
8		9		10		11		12		13	14
	+1					+	29,90	-	190,10	II	
+	12,12	+	145,86	+	12,13	+	175,76	-	173,97	III	
	+1					+	187,81	-	82,77	4	
+	95,19	+	12,05	+	95,20	+	187,81	-	82,77	5	
	+1					+	174,07	+	4,85	1	
+	87,61	-	13,74	+	87,62	+	174,07	+	4,85	1	
	+1					+	59,00	-	9,98	II	
-	14,44	-	115,07	-	14,43	+	59,00	-	9,98	II	

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta X_T &= X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}} \\ \Sigma \Delta X_T &= 59,00 - 29,90 \\ \Sigma \Delta X_T &= 29,10 \\ \Sigma \Delta Y_T &= Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}} \\ \Sigma \Delta Y_T &= -9,58 - (-190,10) \\ \Sigma \Delta Y_T &= 180,52 \end{aligned}$$

$$f_y = -0,04 \text{ см} \quad 0 \quad 0$$

Вычислила

Проверила

" _____ " 19 ____ г.

10. Подсчитывают алгебраическую сумму положительных и отрицательных значений приращений координат $\Sigma \Delta x_{\text{практ}}$ и $\Sigma \Delta y_{\text{практ}}$.

11. Из каталогов координат в графы 11 и 12 выписывают координаты X и Y исходных пунктов II и III и подсчитывают теоретические суммы приращений координат: $\Sigma \Delta x_{\text{теор}} = x_{\text{конеч}} - x_{\text{нач}} = x_{II} - x_{III}$; $\Sigma \Delta y_{\text{теор}} = y_{\text{конеч}} - y_{\text{нач}} = y_{II} - y_{III}$.

12. С учетом знаков находят абсолютные невязки f_x и f_y хода по осям x и y : $f_x = \Sigma \Delta x_{\text{практ}} - \Sigma \Delta x_{\text{теор}}$; $f_y = \Sigma \Delta y_{\text{практ}} - \Sigma \Delta y_{\text{теор}}$.

13. Определяют абсолютную невязку f_D хода $f_D = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ и записывают в ведомость с погрешностью до сотых долей метра.

14. Вычисляют относительную линейную невязку $f_D/\Sigma D$, где ΣD – сумма длин сторон хода, выражаемая простой дробью с единицей в числителе. Для ее нахождения сумму длин сторон хода делят на абсолютную линейную невязку.

15. Если относительная невязка меньше $1/2000$, невязки f_x и f_y распределяют, вводя поправки в вычисленные значения координат. Поправки вычисляют по формулам: $\Delta x_i = f_x D_i/\Sigma D$; $\Delta y_i = f_y D_i/\Sigma D$, где Δx_i , Δy_i – поправки в вычисленные значения координат, вводимые с обратным невязкам знаком.

Исправленные значения приращений записывают в графах 9 и 10. Алгебраическая сумма координат по каждой оси должна быть равна $\Sigma \Delta x_{\text{теор}}$ и $\Sigma \Delta y_{\text{теор}}$.

16. Координаты вершин теодолитного хода получают последовательным алгебраическим сложением координат предыдущей точки хода с соответственно исправленными приращениями:

$$\begin{array}{ll} x_4 = x_{III} + \Delta x_{III-4} & y_4 = y_{III} + \Delta y_{III-4} \\ x_5 = x_4 + \Delta x_{4-5} & y_5 = y_4 + \Delta y_{4-5} \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ x_{II} = x_I + \Delta x_{I-II} & y_{II} = y_I + \Delta y_{I-II} \end{array}$$

Последние выражения x_{II} , y_{II} являются контролем правильности вычислений.

Вычисления координат точек теодолитного хода могут быть выполнены на компьютере.

В настоящее время во всех геодезических пакетах компьютерных программ есть программа для вычислений координат точек теодолитного хода или системы ходов. Чтобы избежать ошибок при обработке результатов угловых и линейных измерений, нужно учитывать следующее.

Выписывая и вписывая данные, необходимо, чтобы надписи были в соответствующей графе журнала или ведомости.

Прежде чем пользоваться таблицами и вычислительной техникой, рекомендуется восстановить в памяти правила пользования ими.

При переводе дирекционных углов в румбы следует не упускать из виду шестеричности градусного счисления (в окружности – 360° , в градусе – $60'$, в минуте – $60''$, не десять десятых).

При определении знака приращения рекомендуется иметь перед собой чертеж и схему для вычисления дирекционных углов (см. рис. 67).

Наиболее действенный контроль при вычислении координат теодолитного хода – дублирование вычислений вторым специалистом, а также замена способа вычислений.

Контрольные вопросы:

1. Какова схема основных осей теодолита?
2. Что входит в комплект приборов для измерения горизонтального угла?

3. Как изобразить ход визирного луча в двухзеркальном эккере?
4. Почему поверки теодолитов необходимо выполнять в определенной последовательности?
5. Какова последовательность операций при измерении горизонтального угла?
6. Что входит в комплект угломерного прибора?
7. Что такое невязка?
8. Как вычислить невязку углов в треугольнике, четырехугольнике, многоугольнике, разомкнутом ходе?

Глава X

ЛАЗЕРНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

§ 34. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

В лазерных геодезических приборах в качестве излучателя светового потока используют оптические квантовые генераторы (лазеры).

Лазеры бывают твердотельные, газовые, жидкостные и полупроводниковые. В геодезических приборах используют газовые и полупроводниковые лазеры. Полупроводниковые лазеры применяют в основном в приборах для измерения расстояний – светодальномерах. Газовые же лазеры применяют в приборах, задающих положение вертикальной или горизонтальной опорной линии: лазерных нивелирах, указателях направлений, лазерных центрирах и других приборах различного назначения. В практике геодезического обеспечения строительства используют газовые гелий-неоновые лазеры непрерывного излучения, работающие в видимой части светового диапазона и излучающие узконаправленный пурпурно-красный пучок света.

Лазерные геодезические приборы конструируют таким образом, чтобы лазер был установлен параллельно визирной оси прибора, на котором он смонтирован, или лазерный пучок направлялся через зрительную трубу прибора. Как правило, при измерениях используют визуальную или фотоэлектрическую индикацию лазерного пучка. При визуальной индикации для отсчетов по лучу применяют экран в виде сетки квадратов или концентрических окружностей, а также нивелирную рейку. При более точной фотоэлектрической индикации используют специальные фотоприемные устройства с фотоэлементами.

Рассмотрим некоторые типы известных лазерных приборов, применяемых в строительстве.

Лазерные нивелиры предназначены для измерения превышений и передачи высотных отметок. Нивелир излучает видимый пучок света, относительно которого производят измерения превышений. В одних

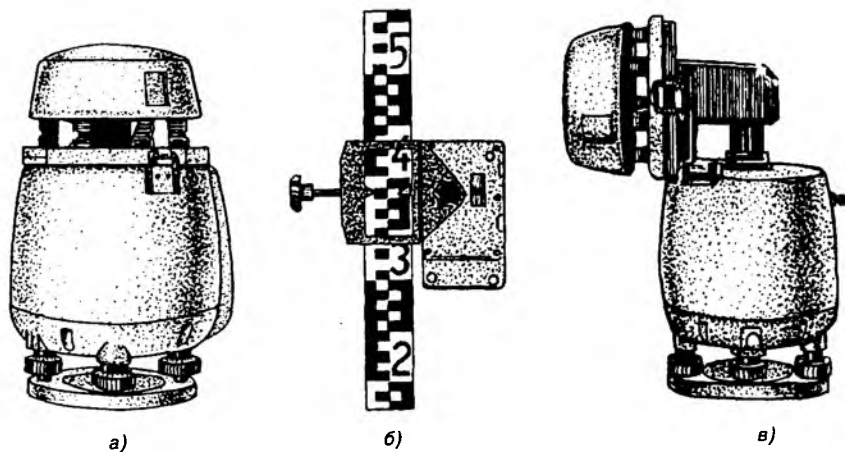


Рис. 68. Лазерный нивелир: а) – общий вид; б) – отсчет по рейке; в) – положение для развертки вертикальной плоскости

приборах пучок лазерного излучения направляют по оптической оси зрительной трубы, в других – зрительная труба соединена параллельно с излучателем ОКГ.

В нивелирах с уровнем ось пучка приводят в горизонтальное положение цилиндрическим уровнем, в нивелирах-автоматах – компенсатором. По условиям геометрического нивелирования оси лазерного пучка и цилиндрического уровня должны быть параллельны.

В настоящее время лазерные нивелиры выпускают в основном с автоматически горизонтирующимся пучком излучения, вращающимся лазерным пучком и другими особенностями.

Примером может служить лазерный нивелир LNA2L фирмы «Вильд» (рис. 68, а), задающий вращающуюся световую горизонтальную плоскость. Положение этой плоскости фиксируется на специальной рейке или на стенах зданий (рис. 68, б). Нивелир может быть установлен так, чтобы описывалась верти-

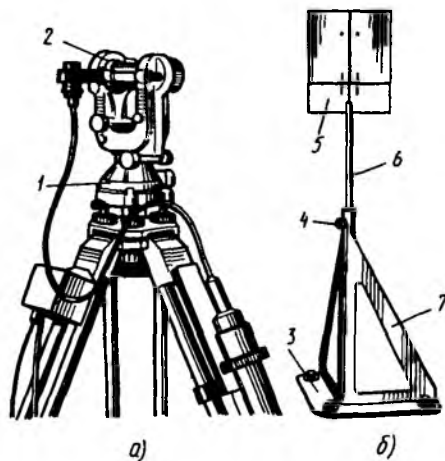


Рис. 69. Лазерный теодолит (а) и визирная марка (б):
1, 2 – горизонтальный и вертикальный круги, 3 – опора, 4 – закрепительный винт, 5 – марка, 6 – стержень, 7 – стойка

кальная световая плоскость (рис. 68, в). Он снабжен вычислительным устройством, выполняющим автоматическое вычисление высот. Кроме того, с помощью этого нивелира по рейке можно определять расстояния до 100 м.

В лазерных теодолитах (рис. 69, а), предназначенных для задания створов и измерения углов, вместо визирной оси в пространстве создается узконаправленный пучок света. Наличие горизонтального 1 и вертикального 2 кругов позволяет придавать пучку излучения нужную ориентировку. Как правило, визирная марка (рис. 69, б) при применении лазерных теодолитов в условиях строительной площадки совмещена с шаблоном для разметки ориентирных рисок. Марка 5 со стержнем 6 крепится на опоре 3, а ее высота регулируется стойкой 7 и фиксируется закрепительным винтом 4. Ориентирные риски приводят по щечкам опоры 3.

Многоцелевые приборы, предназначенные для контрольно-измерительных операций при установке конструкций, опалубки, выемке грунта, устройстве земляного полотна, укладке бетона, совмещают в себе визирную оптическую трубу и установленный на нее квантовый генератор. Рассмотрим некоторые из этих приборов.

Прибор ПГЛ-1 состоит из фотоприемного устройства (рис. 70, а) и передающей части (рис. 70, б). Фотоприемное устройство состоит из фотоприемника импульсных сигналов и измерительной рейки 6. Результаты измерений регистрируются на стрелочном приборе. Фотопри-

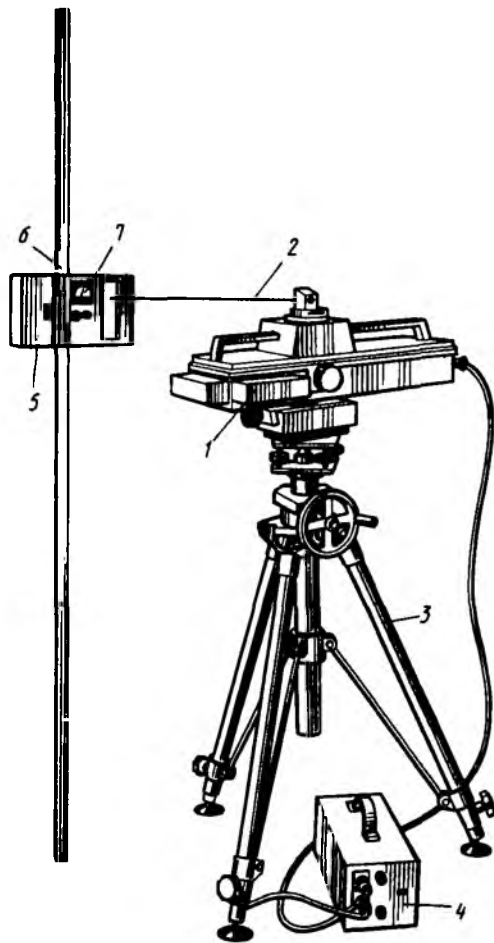


Рис. 70. Лазерный геодезический прибор ПГЛ-1: а – фотоприемное устройство, б – передающая часть; 1, 5 – корпус, 2 – визирный луч, 3 – штатив, 4 – электропитание, 6 – рейка, 7 – вольтметр

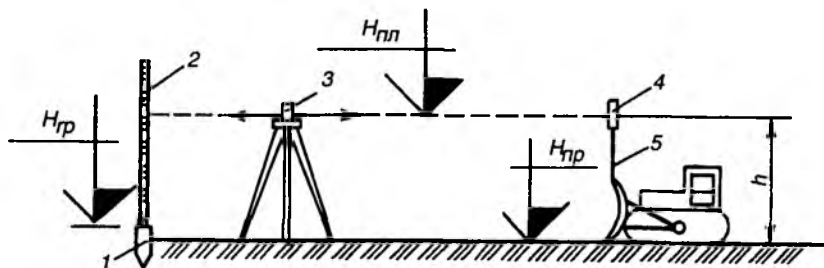


Рис. 71. Планировочные работы: 1 – репер, 2 – нивелирная рейка, 3 – лазерный нивелир, 4 – фотоприемник, блок и индикатор решающего устройства на ноже бульдозера, 5 – штанга, по которой перемещается фотоприемник, $H_{Рр}$, $H_{пл}$, $H_{пр}$ – отметки репера, плоскости лазерного прибора и проектная, h – рабочее превышение

емник перемещают вдоль рейки до появления показаний на стрелочном приборе. Передающая часть включает в себя лазерный передатчик, формирующий излучение в виде световых линий и плоскости, блок питания 4 и штатив 3 для установки передатчика.

Конструкция штатива позволяет в широких пределах изменять высоту ПГЛ-1 над местностью. Угол сканирования (поворота) лазерного прибора составляет 180° . Погрешность измерения от лазерного пучка или плоскости до контролируемой поверхности ± 3 мм при дальности действия 150 м.

Прибор задания вертикали ПВЗЛ-1 имеет передающую и приемную части. Передающая часть включает в себя лазерный передатчик в виде цилиндра диаметром 120 мм и длиной 382 мм (масса 3,1 кг), горизонтирующее устройство и автономный блок питания размером $200 \times 106 \times 138$ (масса 2,6 кг) на гальванических элементах. Световой пучок попадает в насадку и, проходя через пентапризму (пятиугольную стеклянную призму), изменяет направление с горизонтального на вертикальное.

Насадка с пентапризмой съемная, что позволяет использовать луч прибора в горизонтальной плоскости. Приемная часть состоит из регистратора и фотомишени, перемещающейся по взаимно перпендикулярным измерительным линейкам.

Лазерный передатчик устанавливают на исходном горизонте по уровням, что формирует в пространстве вертикальную световую линию. Фотомишень с регистратором размещают на монтажном горизонте и по линейкам перемещают до совмещения с центром проекции лазерного пучка. При совмещении показания индикаторов регистратора будут нулевыми. Возможные отклонения от задаваемой вертикали считывают по линейкам фотомишени. Дальность действия прибора с фотоэлектрической регистрацией – 20 м, погрешность измерения отклонения объекта от задаваемой вертикали – 1 мм, а задания вертикали – 2 мм. Некоторые типы лазерных приборов устроены так, что

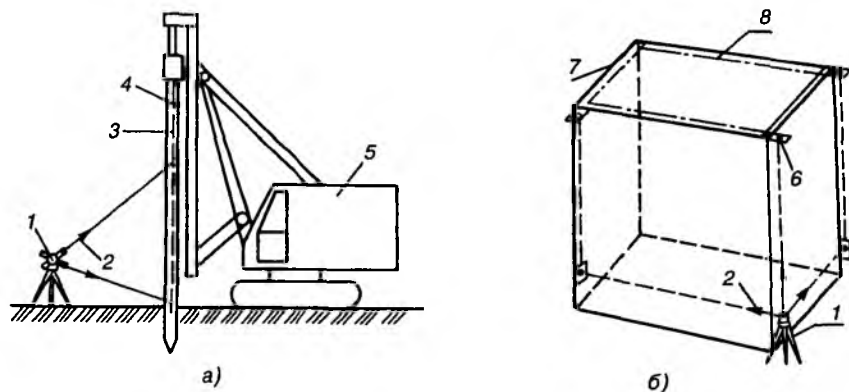


Рис. 72. Выверка по 4 вертикали (а) и разбивка осей (б):
 1 – лазерный теодолит, 2 – луч, 3 – свая, 4 – разметочная риска оси свая,
 5 – сваебойный агрегат, 6 – визирная марка, 7 – контур здания, 8 – ось

испускаемый луч направляется вертикально вверх, и тогда с помощью насадки с пентапризмой при необходимости изменяют его направление на горизонтальное.

Особую группу приборов составляют лазерные указки. К ним относятся лазерные указки укладки труб, визирования, вертикали и др.

Так, лазерная указка укладки труб состоит из корпуса, на одном конце которого прикреплен горизонтирующая основа. В ней устроены оправа с лазером, уровень и шкала уклонов, что позволяет направлять луч под заданным углом к горизонту. Погрешность задания уклона – не более ± 10 мм на 100 м длины.

Лазерные указки просты в обращении, дешевы в изготовлении, имеют автономное питание (12 В) от батареек для карманных фонарей, могут включаться и выключаться с помощью дистанционного управления.

Применение лазерных указок повышает производительность труда пользователей на 50%, машин и механизмов – на 10%.

Некоторые примеры применения лазерных геодезических приборов показаны на рис. 71 и 72.

§ 35. ПОВЕРКИ ЛАЗЕРНЫХ НИВЕЛИРОВ

Лазерные нивелиры любых конструкций подвергают поверкам. Последовательность их выполнения и результаты, которым должны удовлетворять поверяемые приборы, излагаются в паспортах приборов.

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Эту поверку выполняют как для обычных нивелиров (см. § 26).

2. Ось цилиндрического уровня и ось пучка излучателя должны располагаться в параллельных и отвесных плоскостях. Поверку выполняют так. На расстоянии 60 м от прибора устанавливают нивелирную

рейку. Направление на рейку должно совпадать с линией, перпендикулярной направлению, соединяющему два подъемных винта подставки. Ось вращения нивелира приводят в отвесное положение по круглому уровню. Элевационным винтом устанавливают цилиндрический уровень в нуль-пункт, а по сфокусированному на рейке пучку производят отсчет (в центре светового пучка). Подъемными винтами, расположенными на линии, перпендикулярной к направлению на рейку, слегка наклоняют нивелир влево или вправо. Элевационным винтом приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт и берут отсчет по рейке в центре светового пятна. Нивелир приводят в исходное положение и проверяют, сохранился ли отсчет по рейке a_0 . Наклоняют прибор в противоположном направлении и берут отсчет a_2 по рейке. Если отсчеты a_1 и a_2 , соответствующие одному-двум оборотам подъемных винтов, различаются более чем на 3...4 мм, положение цилиндрического уровня следует исправить, используя боковые исправительные винты ампулы уровня.

3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна оси пучка излучателя. Проверку выполняют методом двойного нивелирования (§ 26).

4. Горизонтальная нить сетки трубы должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира (§ 26).

5. Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси пучка излучателя.

Прибор устанавливают на расстоянии 10...20 м от экрана и, наблюдая в зрительную трубу, отмечают на экране проекцию креста сетки нитей. Измеряют линейкой с миллиметровыми делениями горизонтальную и вертикальную составляющие расстояний между центром пятна и проекцией креста сетки нитей. Наводят луч лазера на экран, установленный на предельном расстоянии от прибора, и выполняют те же измерения.

Если расстояния между соответствующими точками и горизонтальные и вертикальные проекции расстояний на разных экранах равны, проверяемое условие выполнено.

При невыполнении условия на дальнем экране отмечают центр светового пучка, откладывают от него горизонтальный и вертикальный отрезки, полученные на ближнем экране. Исправительными винтами смещают сетку нитей или поворачивают трубу в такое положение, чтобы изображение построенной на экране точки оказалось в кресте сетки нитей.

§ 36. ПОВЕРКИ ЛАЗЕРНЫХ ТЕОДОЛИТОВ

Поверками лазерных теодолитов определяют соответствие геометрических условий взаимного положения зрительной трубы, излучателя и других частей прибора, что необходимо для построения углов и направлений. Рассмотрим поверки лазерных теодолитов.

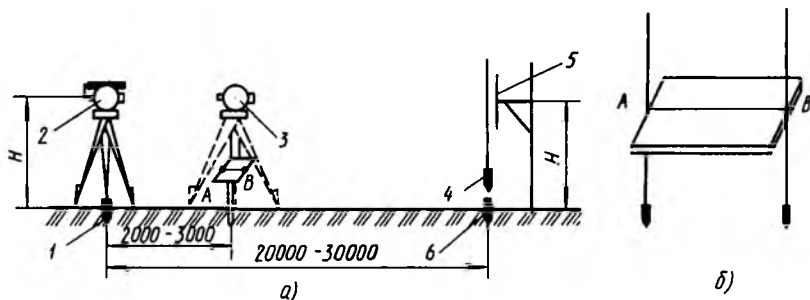


Рис. 73. Проецирование центра светового пятна с экрана на кол (а) и столик (б):
 1, 6 – колья, 2, 3 – последовательно установленные лазерные теодолиты,
 4 – отвес, 5 – экран

1. Ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения прибора. Проверку выполняют как для обычных теодолитов (см. § 30)

2. Визирная ось оптического отвеса должна совпадать с осью вращения прибора (см. § 30).

3. Ось пучка излучателя не должна пересекать оси вращения прибора. Для выполнения проверки необходимо использовать дополнительный оптический теодолит.

Лазерный теодолит 2 (рис. 73, а) приводят в рабочее положение, забивают под ним кол 1 и проецируют ось вращения теодолита на его верхний торец. На расстоянии 20...30 м от теодолита устанавливают экран 5 и определяют на нем положение центра светового пятна. С большой точностью ось светового пучка может быть спроецирована при двух положениях экрана на кол 6 и столик (рис. 73, б). В первое и второе положения экран устанавливают так, чтобы нить отвеса 4 при проецировании центра светового пятна в первом положении касалась одного края столика (точка А), а во втором другого – (точка В). На столике точки касания (А и В) соединяют линией – проекцией оси светового пучка. Положение проекции оси светового пучка определяют дважды в точке, расположенной в 2...3 м от лазерного теодолита.

Вспомогательный теодолит 3 устанавливают и центрируют над проекцией оси светового пучка. Трубу теодолита ориентируют по линии створа и затем наводят на точку, над которой сцентрирован лазерный теодолит (вертикальная ось его вращения), отмечая на нем след коллимационной плоскости теодолита. След должен совпасть с проекцией оси светового пучка. Несовпадение расстояния от следа до оси пучка характеризует величину смещения оси пучка излучения от вертикальной оси вращения лазерного теодолита. Для устранения внецентренности оси пучка излучения лазерную трубку смещают влево или вправо, не поворачивая коллиматор на трубе излучателя или весь излучатель.

4. Ось пучка излучателя должна быть перпендикулярна оси его вращения.

Как правило, излучатель лазерных теодолитов переводится через зенит или перекалывается в лагерах. При положении излучателя, близком горизонтальному, центр светового пятна наводят на вертикально расположенную метку на экране, установленном на расстоянии до 300 м от теодолита. По горизонтальному кругу берут отсчет.

Переводят излучатель через зенит или перекалывают его в лагерах, наводят на ту же метку на экране и берут отсчет по горизонтальному кругу. Угол отклонения оси пучка от перпендикуляра к оси вращения излучателя (по аналогии с геодезическими приборами) называют коллимационной погрешностью и определяют по формуле

$$C = (\Pi - \text{Л} \pm 180^\circ)/2,$$

где Π , Л – отсчеты при правом и левом кругах соответственно.

Уменьшение коллимационной погрешности до пренебрегаемого минимума производят установкой светового пятна на среднее значение между его проекциями при правом и левом кругах. При этом центр светового пятна, сместившийся с вертикальной метки, юстировочными винтами возвращают к вертикальной метке.

У лазерных теодолитов с излучателем, не переводимым через зенит и не перекалываемым в лагерах, проверку перпендикулярности оси пучка к оси вращения излучателя выполняют после проверки параллельности визирной оси зрительной трубы с излучателем оси пучка излучения. Выполнение проверок для каждого типа лазерных теодолитов может отличаться от стандартной программы, поэтому их выполняют по правилам, изложенным в технических паспортах приборов.

5. Вертикальная нить сетки нитей зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения излучателя.

Так как ось вращения излучателя является одновременно осью вращения зрительной трубы, проверку выполняют так же, как и у оптических теодолитов.

6. Ось пучка излучателя должна лежать в плоскости, проходящей через визирную ось и вертикальную нить зрительной трубы.

Проверку выполняют последовательными приближениями.

На расстоянии до 300 м от прибора устанавливают экран и наблюдают в зрительную трубу за положением пятна относительно нити сетки нитей. При несовпадении пятна с вертикальной нитью сетку смещают исправительными винтами в положение совпадения.

На расстоянии до 20 м устанавливают второй экран и отмечают на нем центр светового пучка и проекцию креста сетки нитей. Расстояние между полученными на экране точками показывает, на сколько должна сместиться зрительная труба в сторону светового пятна.

После смещения светового пятна по ближнему экрану трубу наводят на удаленный экран и выполняют проверку вновь.

Поверку по дальнему и ближнему экранам выполняют до совмещения проекций оси трубы с осью светового пучка.

7. Визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси пучка излучения.

Для выполнения поверки используют два экрана. Расстояния между проекциями осей зрительной трубы и пучка излучения, измеренные на ближнем и дальнем экранах, должны быть равны. При их неравенстве исправление производят следующим образом.

На дальнем экране по линии, соединяющей центр светового пятна и проекцию креста зрительной трубы, откладывают отрезок, равный расстоянию между точками на ближнем экране. На полученную точку исправительными винтами, изменяющими наклон зрительной трубы в вертикальной плоскости, наводят визирную ось зрительной трубы. Поверку повторяют, добиваясь равенства расстояний между осью светового пучка и визирной осью на обоих экранах.

8. Ось вращения излучателя должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента.

Устанавливают прибор на расстоянии до 20 м от стены. Наводят луч на отчетливо видимую на стене точку O , расположенную выше горизонта под углом наклона около 30° . Опускают излучатель в горизонтальное положение и фиксируют центр светового пучка O_1 . Переведя излучатель через зенит, вновь наводят центр светового пятна на точку O , опускают излучатель и отмечают центр светового пятна O_2 . Отрезок $O_1O_2 \leq \tau \operatorname{tg} \alpha d/p$, где τ – цена деления уровня алидады горизонтального круга, α – угол наклона светового луча, d – расстояние от прибора до стены.

Если отрезок O_1O_2 более нормированного в техническом паспорте прибора, ось светового луча наводят на середину отрезка O_1O_2 . Затем поворачивают излучатель вокруг горизонтальной оси и наводят луч на точку O . Центр светового пятна не совместится с точкой O . Исправительными винтами подставки трубы поднимают или опускают ось вращения излучателя в такое положение, чтобы точка O оказалась в центре светового пятна.

При выполнении этой поверки допускается, во-первых, вместо наведения на точки O , O_1 и O_2 центра светового пятна наводить крест сетки нитей зрительной трубы, укрепленной на излучателе, так как ось вращения излучателя является и осью вращения трубы; во-вторых, вместо наведений креста нитей на точки O , O_1 и O_2 можно наводить его на нить отвеса, подвешенного на расстоянии до 20 м от прибора. Сначала трубу наводят на нить отвеса при угле наклона излучателя до 40° , а затем поворачивают излучатель в горизонтальное положение и наблюдают в трубу за положением изображения нити отвеса относительно креста сетки нитей.

9. Ось цилиндрического уровня при излучателе должна быть параллельна оси пучка излучения.

Поверку выполняют при наличии на излучателе цилиндрического уровня для приведения оси пучка излучателя в горизонтальное положение. На расстоянии 100 м от излучателя устанавливают нивелирную рейку и приведя пузырек уровня в нуль-пункт, берут отсчет по рейке O_1 (по центру светового пучка). Вторую рейку устанавливают на расстоянии до 3 м от прибора и аналогично берут отсчет b_1 . Прибор переносят к первой рейке (3 м) и берут по ней отсчет a_2 , а по второй – b_2 . Вызванная непараллельностью погрешность $x = [(a_1 - a_2)/2] - [(b_1 - b_2)/2]$.

При $x \geq 4$ мм вычисляют правильный отсчет $b_2 = b_1 - x$ по дальнейшей рейке, наводят световой луч на этот отсчет и исправительными винтами уровня приводят его пузырек в нуль-пункт.

10. Место нуля (или зенита) вертикального круга должно быть равно нулю.

Если у теодолита с излучателем переводится труба через зенит или переключается в лагерах, поверку выполняют так.

Центр светового пятна наводят на отчетливо видимую точку при круге «право» (П). Пузырек уровня при алидаде вертикального круга приводят в нуль-пункт и берут отсчеты по вертикальному кругу. Трубу переводят через зенит или переключают в лагерах (круг «лево») (Л), наводят центр светового пятна на ту же точку и вновь берут отсчет. По отсчетам при П и Л вычисляют угол наклона α и место нуля M_0 (или место зенита MZ).

У разных типов теодолитов оцифровка делений вертикального круга различна, поэтому формулы для вычислений α , M_0 , MZ приводятся в технических паспортах, поставляемых вместе с теодолитами.

Если $0 < M_0 > 0$ или $0 < MZ > 0$, вычисляют отсчет по вертикальному кругу (для П или Л), соответствующий углу наклона α при $M_0 = 0$ или $MZ = 0$. Затем наводят излучатель на первоначальную точку, микрометрическим винтом алидады вертикального круга устанавливают отсчет, равный вычисленному, а исправительными винтами уровня приводят его в нуль-пункт. Для того чтобы убедиться в правильности выполнения, поверки M_0 и MZ определяют вновь.

Если у теодолитов с излучателем труба через зенит не переводится и не переключается в лагерах, поверку выполняют так. Устанавливают две рейки на расстоянии 70...100 м друг от друга. В трех метрах от одной из реек устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение, наводят на дальнюю рейку, приведя пузырек уровня при алидаде вертикального круга на середину. Наводящим винтом излучателя устанавливают отсчет, соответствующий его горизонтальному положению. По центру светового пучка на дальнейшей рейке берут отсчет a_1 . Наводят трубу на ближнюю рейку и берут отсчет b_1 . Затем перемещают теодолит к дальнейшей рейке и устанавливают его на расстоянии 2...3 м. Вновь берут отсчеты по дальнейшей b_2 и ближней a_2 рейкам. По полученным отсчетам вычисляют погрешность x в отсчете, вызванную непараллельностью оси уровня оси светового пучка $x = [(a_1 - a_2)/2] - [(b_1 - b_2)/2]$, и опреде-

ляют место нуля или место зенита $M_0 = x/d\rho$, где d – расстояние от теодолита до дальней точки, ρ – значение радиана (3438' и 206265").

Если место нуля по абсолютной величине больше, чем половина цены деления τ уровня при вертикальном круге $|M_0| > 1/2\tau$, его уменьшают. Для этого центр светового пятна наводят на отсчет по дальней рейке, равный $b'_2 = b_2 - x$, и микрометренным винтом алидады вертикального круга устанавливают отсчет, соответствующий горизонтальному положению излучателя при месте нуля или зенита, равному нулю, и исправительными винтами уровня выводят его пузырек в нуль-пункт.

11. При фокусировке коллиматора на различные расстояния положения оси пучка излучения должно оставаться неизменным. Если труба теодолита переводится через зенит или перекладывается в лагерах, поверку выполняют так. Фокусируют световой пучок на экраны, располагаемые на расстояниях 20, 50, 100, 200, 300 и 400 м при П и Л, и по правилам поверки 4 определяют коллимационную ошибку. Если колебание коллимационной ошибки больше или равно точности теодолита, ее исправляют по правилам поверки 4, используя наиболее часто встречающееся расстояние от экрана до теодолита.

§ 37. ПОВЕРКИ ЛАЗЕРНЫХ ПРИБОРОВ ЗАДАНИЯ ВЕРТИКАЛИ

Поверки лазерных приборов задания вертикали или вертикально-проецирования в основном аналогичны поверкам оптических геодезических приборов вертикального проецирования. Отличительной особенностью поверок лазерных приборов от оптических является замена на экране видимого глазом через трубу пересечения сетки нитей световым пятном.

Подробно рассмотрим только те поверки, которые характерны для лазерных приборов, остальные поверки следует выполнять так же, как для оптических приборов задания вертикали.

Приборы, излучатель которых устанавливают в отвесное положение с помощью цилиндрических уровней, проверяют в таком порядке.

1. Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения прибора (выполнение поверки изложено в § 26).

2. Ось пучка излучения должна совпадать с осью вращения прибора.

Для выполнения поверки в 4-х м над прибором 1 (рис. 74, а) горизонтально укрепляют экран 2 с миллиметровой координатной сеткой. При начальном положении прибора берут отсчет по палетке, затем поворачивают излучатель на 180° вокруг вертикальной оси и вновь берут отсчет по координатной сетке на экране. Если координаты центра светового пятна при двух положениях отличаются более чем на 2 мм, юстировочными винтами смещают излучатель или его коллиматор в такое положение, при котором центр светового пятна окажется в точке О со средними координатами.

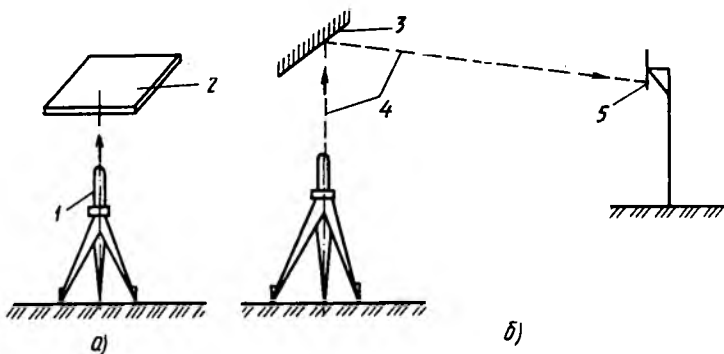


Рис. 74. Проверка соосности пучка излучения и оси вращения прибора по экрану (а) с применением отражателя (б): 1 – прибор, 2, 5 – экраны, 3 – отражатель, 4 – луч

Вторую часть проверки выполняют аналогично, но экран устанавливают на возможно большей высоте над прибором (70...100 м).

Различия в отсчетах более чем на 2 мм указывают на непараллельность осей светового пучка и вращения прибора.

Если размещение экрана над прибором 1 на большой высоте затруднено, проверку выполняют, размещая над прибором (рис. 74, б) отражатель 3 (призма, зеркало) в таком положении, чтобы световой луч 4 попал на экран 5. Определение несоосности осей и ее исправление аналогичны действиям при экране, укрепленном над прибором.

3. Визирная ось оптического центрира прибора должна совпадать с осью его вращения.

Приборы, излучатель которых должен устанавливаться в отвесное положение в автоматическом режиме, проверяют в следующем порядке.

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.

2. Ось пучка излучателя должна совпадать с осью вращения прибора.

Проверку выполняют аналогично проверке 2 для лазерных приборов задания вертикали, излучатель которых устанавливается в отвесное положение с помощью уровней. Оси приборов с карданным подвесом излучателя совмещают смещением коллиматора.

Если центрирование излучаемого пучка надежно обеспечено конструкцией прибора, проверку можно не выполнять.

Для приборов, ось светового пучка которых приводится в отвесное положение автоматически, выполняют следующую проверку.

3. Ось пучка излучения должна занимать отвесное положение. Проверку выполняют так же, как в том случае, когда ось пучка приводится в отвесное положение с помощью уровней. При разности отсчетов более чем 2 мм юстировочными винтами поворачивают излучатель (или коллиматор) и наводят центр светового пятна на среднее положение, после чего проверку повторяют.

Для приборов, ось светового пучка которых приводится в отвесное положение в двух плоскостях, выполняют следующую поверку.

4. Ось пучка излучения должна устанавливаться в отвесной плоскости, параллельной оси подвески компенсатора.

Как правило, ось подвески компенсатора горизонтальна, а ее направление известно из конструкции прибора. Так, у приборов, изготовленных на базе нивелиров с самоустанавливающейся осью визирования, ось подвески компенсатора перпендикулярна оптической оси зрительной трубы.

Для выполнения поверки над прибором на высоте 70...100 м, как показано на рис. 74, а, устанавливают палетку. Прибор ориентируют так, чтобы ось подвески компенсатора располагалась параллельно одной из осей, например x , на сетке экрана. По второй оси разграфки сетки экрана y отсчитывают ординату положения центра лазерного пятна. Излучатель поворачивают на 180° и вновь отсчитывают ординаты y . Если полученные отсчеты отличаются более чем на 2 мм, исправление производят, как у нивелиров с компенсаторами.

Контрольные вопросы:

1. Чем лазерный пучок отличается от обычного светового?
2. Какие измерения можно сделать с помощью лазерных геодезических приборов?
3. Какие дополнительные части есть в лазерных приборах по сравнению с оптическими?
4. Что входит в комплект «лазерный геодезический прибор»?
5. Какова специфика поверок лазерных приборов?
6. Каковы преимущества лазерных геодезических приборов?

Глава XI

ДАЛЬНОМЕРЫ, ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

§ 38. ДАЛЬНОМЕРЫ

Дальномерами называются геодезические приборы, с помощью которых расстояние между двумя точками измеряют косвенным способом. Дальномеры подразделяют на оптические и электронные. Оптические дальномеры делятся на дальномеры с постоянным параллактическим углом и дальномеры с постоянным базисом. Электронные дальномеры – на электронно-оптические (светодальномеры) и радиоэлектронные (радиодальномеры).

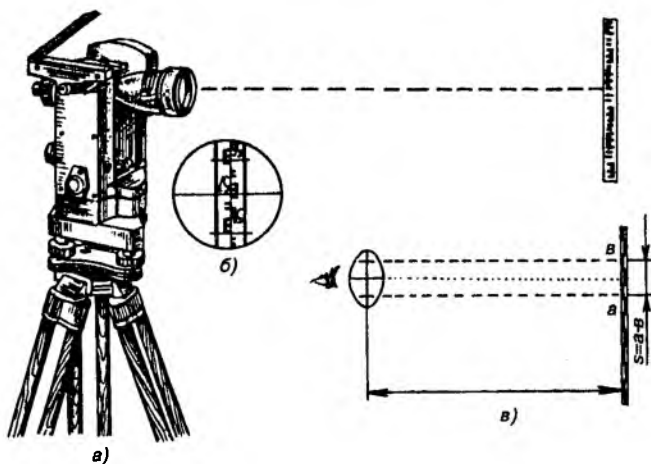


Рис. 75. Оптический дальномер (а), поле зрения трубы (б) и схема измерения (в)

Простейший оптический дальномер с постоянным углом – нитяной (рис. 75, а) имеется в зрительных трубах всех геодезических приборов. В поле зрения трубы (рис. 75, б) прибора видны три горизонтальные нити. Две из них, расположенные симметрично относительно средней нити, называются *дальномерными*. Нитяной дальномер применяют в комплекте с нивелирной рейкой, разделенной на сантиметровые деления. В приведенном примере между крайними нитями располагаются 21,5 сантиметровых делений рейки. Расстояние между измеряемыми точками на местности $21,5 \times 100 = 21,5$ м (100 – коэффициент дальномера).

На расстоянии до 200 м по нитяному дальномеру на глаз можно отсчитать до 0,5 сантиметрового деления, что соответствует погрешности при определении расстояния 50 см; на расстоянии до 100 м – до 0,2 сантиметрового деления или погрешности 20 см.

Нитяным дальномером можно измерить линии длиной до 300 м с погрешностью до 1:300 от длины.

Дальномерные измерения с постоянным базисом рассмотрим на конкретном примере расстояния от точки А до точки В (рис. 76).

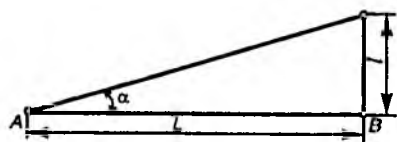


Рис. 76. Схема выполнения дальномерных измерений при постоянном базисе

В точке А устанавливают теодолит. В точке В располагают отрезок (базис), длина которого l точно известна. Тогда, измерив угол α , можно по известной из тригонометрии формуле $L = l \operatorname{tg} \alpha$ вычислить расстояние между точками А и В.

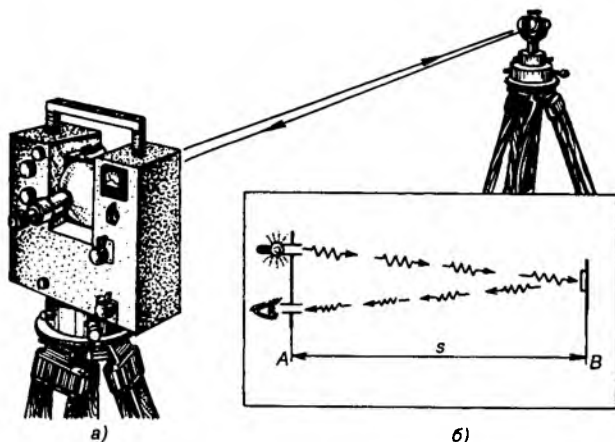


Рис. 77. Светодальномер (а) и ход лучей (б) при измерении линий

В основе электронных средств измерений лежит известное из физики соотношение $S = vt/2$ между измеряемым расстоянием S , скоростью распространения электромагнитных колебаний v и временем t распространения электромагнитных колебаний вдоль измеряемой линии и обратно.

Из-за особенностей излучения, приема и распространения радиоволн радиодальномеры применяют главным образом при измерении сравнительно больших расстояний и в навигации. Светодальномеры же, использующие электромагнитные колебания светового диапазона, широко применяют в практике инженерно-геодезических измерений.

Для измерения расстояния AB (рис. 77) в точке A устанавливают светодальномер, а в точке B — отражатель. Световой поток посылается из передатчика на отражатель, который отражает его обратно на тот же прибор. Если измерить время прохождения световых волн от светодальномера до отражателя и обратно, при известной скорости распространения световых волн можно вычислить искомую длину линии. Время распространения световых волн может быть определено как прямым, так и косвенным методом.

Прямое определение промежутка времени осуществляется в дальномерах, называемых *импульсными*. В них измерение времени производится по запаздыванию принимаемого после отражения светового импульса по отношению к моменту его излучения.

Косвенное определение времени прохождения световых волн основано на измерении разности фаз двух электромагнитных колебаний. Такие светодальномеры называют *фазовыми*. С внедрением полупроводниковых лазерных источников излучения и цифровых методов измерения разности фаз появились импульсно-фазовые светодально-

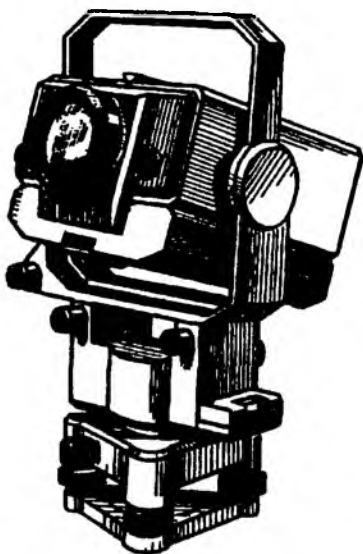


Рис. 78. Светодальномер 2СТ10

енной микроЭВМ. Результаты измерения с учетом поправки на температуру воздуха и атмосферное давление высвечиваются на цифровом табло и могут быть введены в регистрирующее устройство. В приборе имеется звуковая сигнализация обнаружения отраженного от отражателя сигнала, готовности результата измерения и разряженности источника питания.

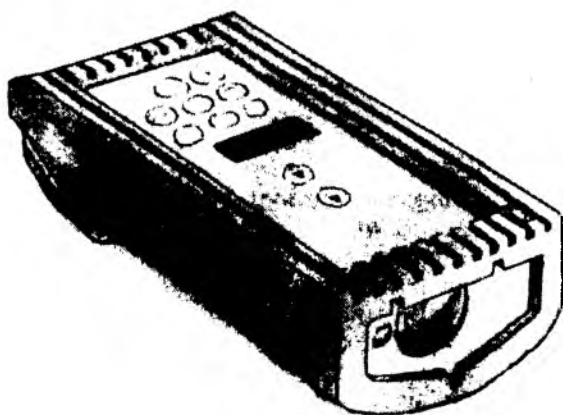


Рис. 79. Лазерная рулетка

меры, в основе которых лежит фазовый метод измерения временного интервала при импульсном методе излучения.

Примером современного фазово-импульсного светодальномера может служить широко распространенный в нашей стране топографический светодальномер СТ-5. Это высоко автоматизированный прибор, точность измерения расстояний которым характеризуется величиной $(10 + 5D)$ мм; предельная дальность – 5 км.

Улучшенный вариант этого светодальномера – 2СТ10 (рис. 78). Его технические характеристики: средняя квадратическая погрешность измерения расстояний $(5 + 3D)$ мм; диапазон измерения 0,2 м...10 км; диапазон рабочих температур $+40^{\circ}\text{C}$... -30°C ; масса прибора – 4,5 кг. Управление процессом измерения обеспечивается встроенной микроЭВМ.

Результаты измерения с учетом поправки на температуру воздуха и атмосферное давление высвечиваются на цифровом табло и могут быть введены в регистрирующее устройство. В приборе имеется звуковая сигнализация обнаружения отраженного от отражателя сигнала, готовности результата измерения и разряженности источника питания. В комплект светодальномера входят: отражатели, штативы, источники питания, зарядное устройство, барометр, термометр, набор инструментов и принадлежностей.

В инженерной геодезии применяют и высокоточные светодальномеры. Отечественная промышленность выпускает светодальномеры «Топаз СП2» и СП03 (ДК001), точность измерения

которыми характеризуется соответственно величинами $(1 + D)$ км и $(0,8 + 1,5D)$ мм.

Для маркшейдерских работ в шахтах используют светодальномер МСД-1М во взрывобезопасном исполнении с дальностью действия до 500 м и погрешностью измерения $(2 + 5D)$ мм.

Светодальномеры с пассивным отражением измеряют расстояния до предметов без отражателя, т.е. используют отражательные свойства самих предметов. Примером может служить отечественный светодальномер ДИМ-2, погрешность измерения расстояний которым составляет 20 см.

В настоящее время известны дальномеры с пассивным отражением и погрешностью измерения расстояний до 10 мм. Так, например; дальномер, выпускаемый фирмой «Лейка» (Швейцария), измеряет расстояния до 50 м с погрешностью 2 мм.

Для измерений на строительных площадках, в помещениях используют лазерные рулетки (рис. 79), которые не требуют отражателей.

§ 39. ЗЕНИТ- И НАДИР-ПРИБОРЫ

Задание отвесной линии (вертикальное проектирование) при строительстве, проходке горных выработок и других инженерно-геодезических работах необходимая и весьма ответственная задача.

Для вертикального проектирования применяют специальные оптические и лазерные зенит- (вверх) и надир- (вниз) приборы.

Оптические и лазерные приборы вертикального проектирования по способу приведения визирной оси или светового луча в отвесное положение могут быть урвенными или с компенсатором наклона. В свою очередь, компенсаторные приборы подразделяют на одно- или двухкоординатные.

Однокоординатный зенит-прибор вертикального проектирования ПЗЛ фирмы «Карл-Цейсс» (рис. 80, а) – высокоточный прибор с самоустанавливающейся линией визирования. На корпусе 5 прибора закреплен круглый уровень 1, по которому прибор приводят в рабочее положение. Корпус размещается на подставке 9 и закрепляется винтами 8, 10. Окуляр зрительной трубы расположен под углом 90° к объективу 4.

Примером может служить применение однокоординатного зенит-прибора при монтаже конструкций зданий. Чтобы перенести оси вертикальным визированием, зенит-прибор центрируют над точкой 11 пересечения осей или линий, которые параллельны осям, располагаемым обычно внутри корпуса. На монтажном горизонте на отвесной линии над зенит-прибором закрепляют палетку 5 (рис. 80, б).

Палетка представляет собой кальку 16 с координатной сеткой, наклеенную на прозрачное оргстекло, вставленное в металлическую рамку. Во всех перекрытиях над переносимой точкой оставляют отверстия, минимальные размеры которых 100 мм при высоте зданий до 60 м и

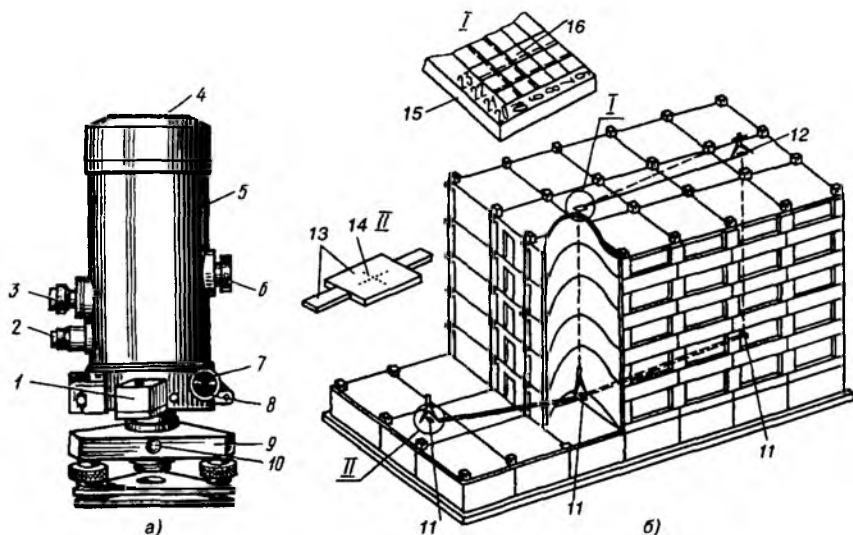


Рис. 80. Прибор вертикального проектирования ПЗЛ (а) и перенесение осей вертикальным визированием (б): 1 – круглый уровень, 2, 3 – окуляры отсчетного микроскопа и зрительной трубы, 4 – объектив зрительной трубы, 5 – корпус, 6 – фокусирующее приспособление, 7 – наводящее устройство, 8, 10 – закрепительные винты, 9 – подставка, 11 – точки на исходном горизонте, 12 – проекция точки на монтажный горизонт, 13 – металлический знак, 14 – ось, 15 – палетка, 16 – калька с разграфкой

150 мм при высоте до 100 м. В отверстие перекрытия монтажного горизонта над зенит-прибором устанавливают рамку с палеткой.

Визирование на палетку производят таким образом, чтобы горизонтальная нить сетки была параллельна одной из линий палетки. Отсчет (21,4) в делениях палетки делают по горизонтальной нити сетки и записывают в журнал (табл. 10). Далее прибор поворачивают на 180° и производят второй отсчет (22,2) по этой же шкале. Установив горизонтальную нить прибора параллельно другим линиям палетки и повернув его на 90°, делают отсчет (8,4), а повернув прибор на 180° – следующий отсчет (9,2). Средние значения из попарно выполненных отсчетов будут координатами точки на палетке. Погрешность перенесения точек допускается в пределах 2...4 мм.

Таблица 10

Точка	0°	180°	Среднее значение	90°	270°	Среднее значение
1	21,4	22,2	21,8	8,4	9,2	8,8
2	26,5	26,3	26,4	3,8	3,6	3,7
3	29,7	29,5	29,6	6,9	6,7	6,8

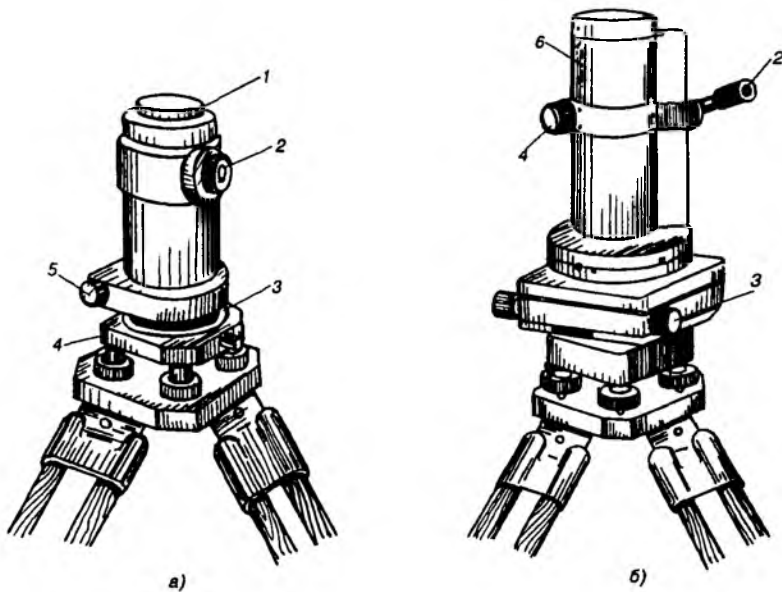


Рис. 81. Приборы вертикального проектирования ПВП-Т (а) и высокоточный ПВП-В (б)

В МИИГАиК разработаны двухкоординатные приборы вертикального проектирования ПВП-Т и ПВП-В. Прибор ПВП-Т (рис. 81, а) имеет подставку 4 с горизонтальным кругом 3, зрительную ломаную трубу с объективом 1, окуляром 2 и фокусирующей рукояткой 5. Прибор снабжен горизонтальным кругом и дополнительной насадкой, позволяющей повернуть визирную линию в горизонтальное положение. Это делает прибор универсальным для применения на строительной площадке.

Высокоточный прибор ПВП-В (рис. 81, б) представляет собой вертикальную зрительную трубу 1, на концах которой навинчены оправы с объективами. Внутри трубы размещается стакан с компенсатором. Стакан может перемещаться внутри трубы с помощью рукоятки 4. Там же снаружи размещается окуляр 2. Все это образует двойную зрительную трубу, которая крепится с возможностью вращения вокруг вертикальной оси на каретках 3. Каретки перемещаются в двух взаимно перпендикулярных направлениях; величина их перемещения фиксируется микрометричными измерительными винтами. Нижняя каретка крепится к треггеру с подъемными винтами. Точность работы прибора характеризуется средней квадратической ошибкой передачи координат по вертикали 0,5 мм на 100 м длины визирования.

§ 40. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Для инженерно-геодезических работ, связанных с установкой строительного и технологического оборудования, применяют специальные измерительные инструменты: металлические линейки, угольники, щупы, штангенинструменты, часовые индикаторы, уровни и др.

Измерительные металлические линейки используют в том случае, если можно непосредственно измерить длину, а диапазон измерений меньше 1 м. Линейки имеют один или два рабочих торца (рис. 82) и одну или две шкалы.

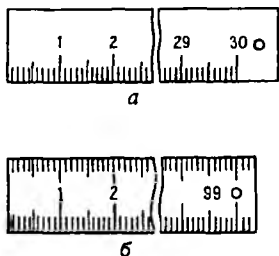


Рис. 82. Металлические линейки с одним (а) и двумя (б) рабочими торцами



Рис. 83. Угольник типа УЛП

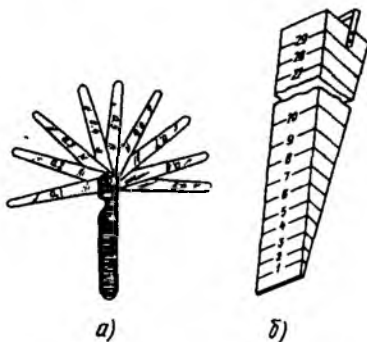


Рис. 84. Щупы с постоянной толщиной пластин (а) и клиновидный (б)

Угольники (рис. 83) с углом в 90° применяют для проверки и разметки прямых углов, проверки взаимной перпендикулярности монтируемых конструкций и оборудования.

Щупами (рис. 84) измеряют контактным методом зазоры между двумя поверхностями. При монтаже металлических деталей применяют щупы длиной 100 мм, с номинальными размерами $0,02 \dots 1$ мм (рис. 84, а), в строительстве — клиновидные щупы (рис. 84, б).

Штангенциркули предназначены для наружных и внутренних измерений и измерений глубины (рис. 85). Характерной особенностью штангенциркулей является наличие линейного нониуса 2 для отсчитывания целых и дробных величин цены деления шкалы. Целое число миллиметров у штангенциркуля отсчитывают по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса ценой деления $0,1$ мм. Длина нониуса 19 мм, он разделен на десять частей. Одно деление нониуса составляет 19 мм: $10 = 1,9$ мм, что на $0,1$ мм меньше целого числа миллиметров.

При совпадении нулевых штрихов штанги и нониуса десятый штрих нониуса совпадает с девятнадцатым штрихом шкалы, первый штрих нониуса находится от ближайшего справа штриха на расстоянии, равном величине отсчета ($0,1$ мм).

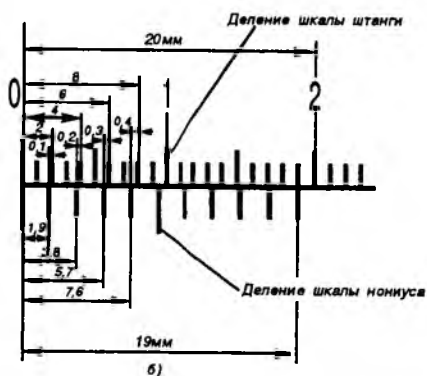
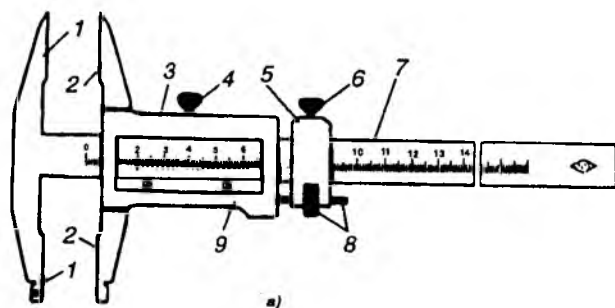


Рис. 85. Штангенциркуль Ш, Ц-11 (а) и его отсчетная шкала (б):
 1 – неподвижные измерительные губки, 2 – подвижные измерительные губки,
 3 – рамка, 4 – зажим рамки, 5 – рамка микрометрической подачи,
 6 – зажим рамки микрометрической подачи, 7 – штанга, 8 – гайка с винтом
 микрометрической подачи рамки, 9 – нониус

При измерении штангенциркулем измерительные поверхности губок доводят до требуемого размера соприкосновением их с измеряемой поверхностью, перемещая рамку с делениями шкалы нониуса. Проверив правильность положения штангенциркуля (отсутствие перекоса, нормальность усилий при перемещении), закрепляют рамку и считывают показания (размер). Целое число миллиметров считывается по нулевому штриху нониуса, дробная величина будет равна величине отсчета, умноженную на порядковый номер этого штриха нониуса.

Угломеры (рис. 86) предназначены для измерения углов. Линейка основания, жестко связанная с нониусом или указателем, может поворачиваться вокруг оси, являющейся одновременно осью угловой шкалы. Построение углового нониуса и принцип его применения основаны на том, что угол между крайними штрихами шкалы нониуса, равный 29° , разделен на 30 частей. Следовательно, угол между соседними

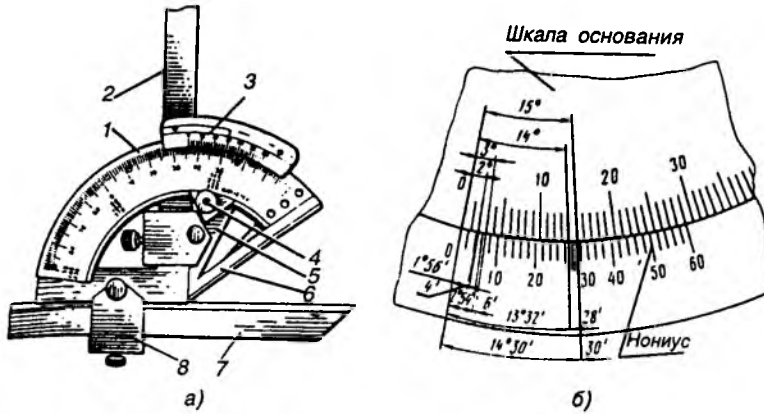


Рис. 86. Угломер типа УН (а) и его отсчетная шкала (б):
 1 – основание, 2 – угольник, 3 – нониус, 4 – стопор, 5 – сектор,
 6 – линейка основания, 7 – съемная линейка, 8 – державка

штрихами будет $(60' \times 29) : 30 = 58'$, что на $2'$ меньше одного градуса. При нулевом показании штрих нониуса находится от ближайшего справа штриха основания на расстоянии, равном величине отсчета ($2'$), умноженной на порядковый номер штриха, не считая нулевого.

При считывании показаний на угломере с нониусом целое число градусов определяют по шкале основания слева направо нулевым штрихом нониуса. Далее определяют штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, и ближайшую к нему слева цифру нониуса. К этой цифре прибавляют результат умножения величины отсчета на порядковый номер совпадающего штриха нониуса, считая его от определенной цифры нониуса.

Установку угломера относительно измеряемой поверхности производят следующим образом. Правой рукой угломер (основание) слегка прижимают к измерительной поверхности. Уменьшают просвет между деталью и второй измерительной поверхностью угломера до полного их соприкосновения. После установки угломера проверяют равномерность просвета между измерительными и проверяемыми поверхностями или его отсутствие (при малой шероховатости измерительной и проверяемой поверхностей), фиксируют положение стопором 4 и считывают по нониусу 3 отсчет.

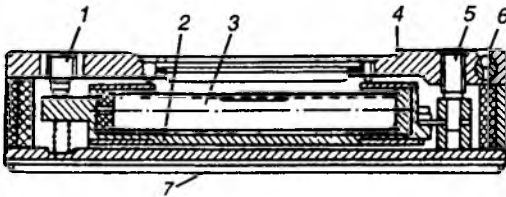


Рис. 87. Брусковый уровень:
 1, 5 – винты, 2 – корпус основной ампулы,
 3 – основная ампула, 4 – корпус уровня, 6 – поперечная ампула, 7 – маркировочная пластина

После установки угломера проверяют равномерность просвета между измерительными и проверяемыми поверхностями или его отсутствие (при малой шероховатости измерительной и проверяемой поверхностей), фиксируют положение стопором 4 и считывают по нониусу 3 отсчет.

Уровни используют для контроля и установки горизонтального и вертикального положений поверхностей монтируемых деталей, а также для определения отклонения от этих поверхностей. К основным типам уровней, применяемых при контроле и выверке в строительномонтажных работах, относятся брусковые, рамные, установочные и микрометрические. Ценой деления цилиндрического уровня называется его наклон, соответствующий перемещению пузырька в ампуле на одно деление шкалы, выраженной в миллиметрах на 1 м. Так, угол наклона в 0,01 мм/м соответствует в градусной мере 2".

Как правило, цены делений (шкал), нанесенных в виде штрихов на стеклянных ампулах технических уровней составляют 0,02; 0,05; 0,10; 0,15 мм/м.

Брусковые уровни (рис. 87) служат для контроля горизонтальности монтируемых деталей.

Для контроля горизонтальности и вертикальности служат рамные уровни (рис. 88), основной частью которых является цилиндрический уровень. Корпус рамного уровня имеет форму квадрата, все стороны которого являются рабочими. На маркировочной пластине обозначают соответствие одному делению ампулы линейного перемещения на длину 1 м. Например, если на пластине выгравировано 0,1 мм, это означает, что отклонение пузырька уровня на одно деление по шкале ампулы даст наклон 0,1 мм на 1 м.

При монтаже железобетонных деталей применяют уровни с более грубыми шкалами, например, одно деление соответствует 1...10 мм на 1 м длины и др.

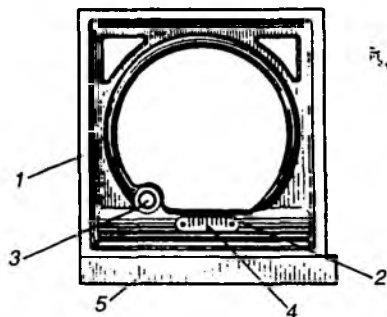


Рис. 88. Рамный уровень:

- 1 – корпус основной ампулы,
- 2 – основная ампула, 3 – маркировочная пластина, 4 – монтируемая деталь,
- 5 – поперечная ампула

§ 41. НОВЕЙШИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

К высокоточным современным и высокопроизводительным геодезическим средствам измерений относится новое поколение приборов, позволяющих выполнять все измерения в автоматизированном режиме. Такие измерительные приборы снабжены встроенными вычислительными средствами и запоминающими устройствами, создающими возможность регистрации и хранения результатов измерений, дальнейшего их использования на ЭВМ для обработки. Применение ЭВМ пятого поколения предполагает интеллектуализацию компьютеров, т.е. воз-

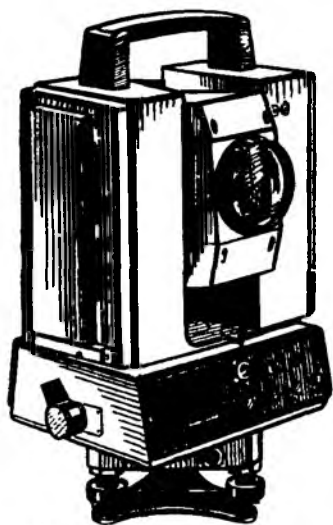


Рис. 89. Электронный тахеометр Та-3М

возможность работы с ними непрофессионального пользователя на естественном языке, в том числе в речевой форме.

Речевой ввод топографо-геодезической информации в полевых условиях обеспечивает улучшение условий труда и уменьшение числа ошибок наблюдателя. Скорость ввода информации измерений значительно увеличивается по сравнению с вводом с помощью клавишей.

Для автоматизации полевых измерений при производстве топографической съемки и других видов инженерно-геодезических работ созданы высокоточные электронные тахеометры. Электронный тахеометр содержит угломерную часть, сконструированную на базе кодового теодолита, светодальномер и встроенную ЭВМ. С помощью угломерной части определяются горизонтальные и вертикальные углы, светодальномера – расстояния, а ЭВМ решает различные геодезические задачи, обеспечивает

управление прибором, контроль результатов измерений и их хранение.

Примером может служить отечественный электронный тахеометр Та3М и 3Та5 (рис. 89), с помощью которого можно определить: горизонтальные углы с погрешностью 4"; зенитные расстояния с погрешностью 5"; наклонные дальности с погрешностью 10 мм; горизонтальные проложения; превышения или высоты точек визирования; приращенные координат или координаты точек визирования.

Прибор может работать в четырех режимах: разделенном, полуавтоматическом, автоматическом и режиме слежения. Геодезические задачи решаются с учетом поправок на кривизну Земли, рефракцию атмосферы, температуру и давление, разность высот штативов прибора и отражателя.

Информация об угловых значениях выдается в гонах или в градусах. Датчик углов прибора – кодовый, накопительного типа. В комплект тахеометра входят отражатели, штативы, источники питания, разрядно-зарядное устройство, принадлежности для юстировки прибора и ухода за ним.

Тахеометр Та3М снабжен электрооборудованием для работы ночью. Выдаваемая на цифровое табло оперативная информация может быть выведена в память тахеометра или внешний накопитель.

Выпускаемый отечественной промышленностью электронный тахеометр 3Та5 решает те же задачи, что и Та3М, но имеет иные технические характеристики: погрешность измерения горизонтального

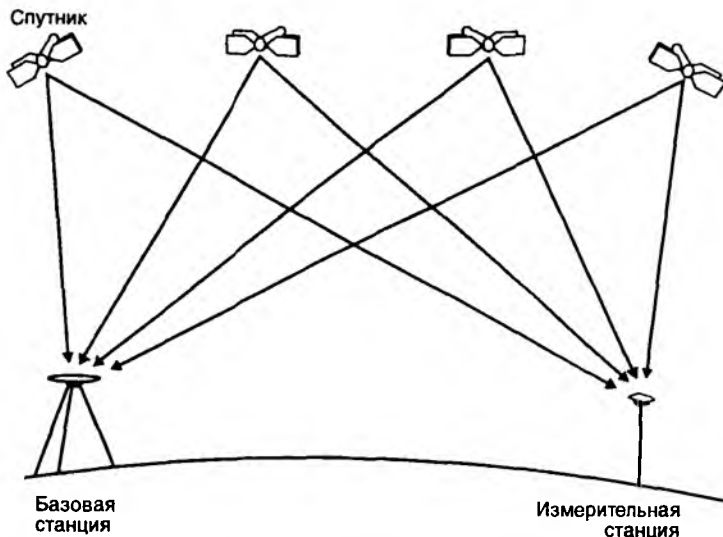


Рис. 90. Схема спутниковых измерений

угла $5''$; погрешность измерения зенитного расстояния $7''$; погрешность измерения наклонной дальности $(5 + 3D \text{ км}) \text{ мм}$.

Зарубежные фирмы (США, Германия, Швеция, Япония и др.) выпускают электронные тахеометры различные по точности измерения углов от $0,5''$ до $20''$, расстояний от 2 до 10 км и с внутренней памятью, размещающей результаты наблюдений до 10000 точек.

Существуют роботизированные электронные тахеометры, например, «Геодиметр 640» фирмы «Геотроникс» (Швеция), который по заданной программе сам находит положение отражателей, измеряет расстояние до них, горизонтальные и вертикальные углы и вычисляет координаты каждого отражателя. В карьерах с помощью такого прибора определяют деформации бортов карьера.

К новому поколению измерительных станций относятся приборы, определяющие координаты X , Y и высоту H точки по сигналам со специальных геодезических спутников, вращающихся вокруг Земли по строго определенным орбитам.

Для геодезических работ, включая и топографическую съемку, необходимо иметь не менее двух спутниковых приемников, один из которых устанавливается на пункте с известными координатами (базовая станция), другой (или другие) – на точках, координаты которых определяются. Наблюдая в течение некоторого времени одновременно с двух станций не менее четырех спутников (рис. 90), можно получить приращения координат относительно базовой станции с погрешностью до 5 мм.

Спутниковые приемники различного класса и назначения выпускает ряд зарубежных фирм: «Аштек» и «Тримбл» США, «Топкон» Япония, «Карл Цейсс» Германия, «Лейка» Швейцария, «Геотроникс» Швеция, «Серсель» Франция и др. Один из наиболее точных и простых в обращении спутниковых приемников 4600 LS фирмы «Тримбл» имеет приемную антенну диаметром 18 см, принимающую сигналы одновременно с нескольких спутников, и ЭВМ, обеспечивающую автоматическую регистрацию и разделение сигналов со спутников и их первичную обработку. Окончательная обработка результатов измерений производится на персональном компьютере по специальной программе.

Контрольные вопросы:

1. С помощью каких приборов измеряют расстояния между точками?
2. Какой физический принцип используют для измерения расстояний свето- и радиодальномерами?
3. Какие приборы используют для проектирования точек по вертикали?
4. Какие простейшие приборы и инструменты используют при выполнении геодезических работ в строительстве?
5. Какие новейшие приборы для автоматизации инженерно-геодезических работ вы знаете?

Глава XII

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ

§ 42. ПЛАНОВЫЕ СЕТИ

Для составления карт и планов, решения геодезических задач, в том числе геодезического обеспечения строительства, на поверхности Земли располагают ряд точек, связанных между собой единой системой координат. Эти точки маркируют на поверхности Земли или в зданиях и сооружениях центрами (знаками). Совокупность закрепляемых на местности или зданиях точек (пунктов), положение которых определено в единой системе координат, называют *геодезическими сетями*.

Геодезические сети подразделяют на плановые и высотные: первые служат для определения координат X и Y геодезических центров, вторые – для определения их высот H .

Принцип построения плановых геодезических сетей заключается в следующем. На местности выбирают точки, взаимное положение которых представляется в виде геометрических фигур: треугольников, четырехугольников, ломаных линий и т.д. Причем точки выбирают с таким расчетом, чтобы некоторые элементы фигур (стороны, углы)

можно было бы непосредственно измерить, а все другие элементы вычислить по данным измерений. Например, в треугольнике достаточно измерить одну сторону и три угла (один для контроля правильности измерений) или две стороны и два угла (один для контроля правильности измерений), а остальные стороны и углы вычислить. Для вычисления плановых координат вершин выбранных точек необходимо кроме элементов геометрических фигур знать еще дирекционный угол стороны одной из фигур и координаты одной из вершин.

Сети строят по принципу перехода от общего к частному, т.е. от сетей с большими расстояниями между пунктами и высокоточными измерениями к сетям с меньшими расстояниями и менее точным.

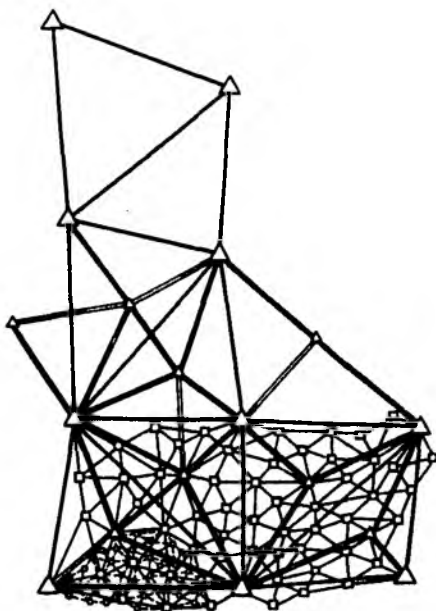
Геодезические сети подразделяют на четыре вида: государственные, сгущения, съемочные и специальные.

Государственные геодезические сети служат исходными для построения всех других видов сетей. Началом единого отсчета плановых координат в РФ служит центр круглого зала Пулковской обсерватории в Санкт-Петербурге.

Плановые сети. Государственные плановые геодезические сети разделяют на четыре класса. Сеть 1-го класса имеет наивысшую точность и охватывает всю территорию страны как единое целое. Сеть каждого последующего класса строится на основе сетей высших классов. Так, сеть 2-го класса строят на основе сетей 1-го класса, 3-го класса – на основе сетей всех предыдущих классов. Типичная схема построения государственных плановых геодезических сетей 1-, 2-, 3- и 4-го классов методом триангуляции (треугольников) приведена на рис. 91.

В настоящее время для построения государственных сетей используют спутниковые методы измерений.

Сети сгущения строят для дальнейшего увеличения плотности (числа пунктов, приходящихся на единицу площади) государственных



Классы:

Δ -1-й, Δ -2-й, \square -3-й, \circ -4-й

Рис. 91. Схема построения государственных плановых геодезических сетей 1, 2, 3 и 4-го классов методом триангуляции

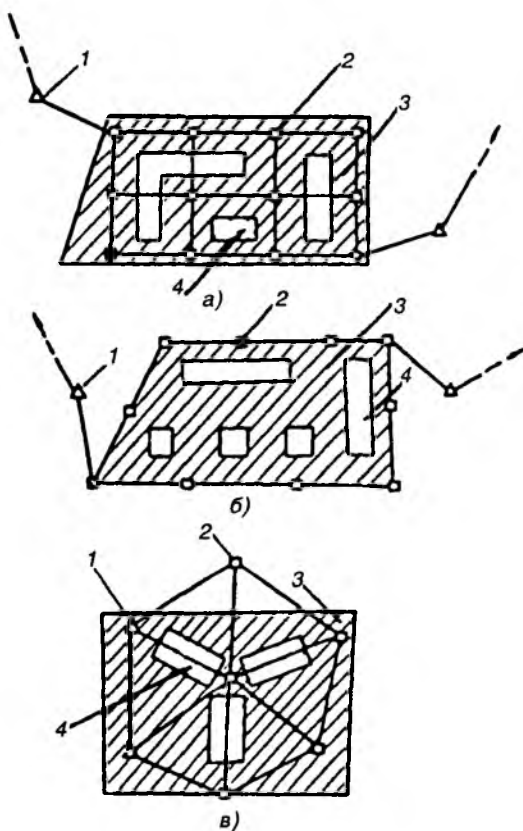


Рис. 92. Схемы разбивочных сетей строительной площадки и здания:

а – строительной сетки, *б* – красных линий, *в* – центральной системы; *1* – пункты государственной геодезической сети, *2* – пункты разбивочной сети строительной площадки, *3* – строительная площадка, *4* – проектируемые здания

ты разбивочной основы;

геологических, температурных, динамических процессов и других воздействий в районе строительства, которые могут оказать неблагоприятное влияние на качество построения разбивочной основы;

использования создаваемой геодезической разбивочной основы в процессе эксплуатации построенного объекта, его расширения и реконструкции.

Разбивочная сеть строительной площадки создается для выноса в натуру основных или главных разбивочных осей здания (сооружения),

сетей. Плановые сети сгущения подразделяют на 1-й и 2-й разряды.

Съемочные сети – это тоже сети сгущения, но с еще большей плотностью. С точек съемочных сетей производят непосредственно съемку предметов местности и рельефа для составления карт и планов различных масштабов.

Специальные геодезические сети создают для геодезического обеспечения строительства сооружений. Плотность пунктов, схема построения и точность этих сетей зависят от специфических особенностей строительства.

Строительными нормами и правилами (СНиП) предусмотрено создавать специальные сети с учетом:

проектного и существующего размещения зданий (сооружений) и инженерных сетей на строительной площадке;

обеспечения сохранности и устойчивости знаков, закрепляющих пунк-

а также при необходимости построения внешней разбивочной сети здания (сооружения), производства исполнительных съемок.

Внешнюю разбивочную сеть здания (сооружения) создают для перенесения в натуру и закрепления проектных параметров здания (сооружения) производства детальных разбивочных работ и исполнительных съемок.

Плановую разбивочную сеть строительной площадки создают в виде красных или других линий регулирования застройки или строительной сетки, как правило, с размерами сторон 50, 100, 200 м и других геодезических сетей. Пример схемы разбивочной сети на строительной площадке приведен на рис. 92.

Внешнюю разбивочную сеть здания (сооружения) создают в виде геодезической сети, пункты которой закрепляют на местности основные (главные) разбивочные оси, а также углы здания (сооружения), образованные пересечением основных разбивочных осей.

Построение геодезической разбивочной основы для строительства производят методами триангуляции, трилатерации, полигонометрии, геодезических ходов, засечек и др.

Точность построения разбивочной сети строительной площадки принимают соответственно данным, приведенным в табл. 11 внешней разбивочной сети здания (сооружения), в том числе вынос основных или главных разбивочных осей – в табл. 12.

Таблица 11

Характеристика объектов строительства	Величины средних квадратических погрешностей построения разбивочной сети строительной площадки		
	угловые измерения, с	линейные измерения	определение превышения на 1 км хода, мм
Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью: более 1 км ² ; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки более 100 000 м ²	3	$\frac{1}{25000}$	4
Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью менее 1 км ² ; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки 10 000 ... 100 000 м ²	5	$\frac{1}{10000}$	6
Отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки менее 10 000 м ² ; дороги, инженерные сети в пределах застраиваемых территорий	10	$\frac{1}{5000}$	10
Дороги, инженерные сети вне застраиваемых территорий; земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	30	$\frac{1}{2000}$	15

Таблица 12

Характеристика зданий, сооружений, строительных конструкций	Величины средних квадратических погрешностей построения внешней и внутренней разбивочных сетей здания (сооружения) и других разбивочных работ				
	линейные измерения	угловые измерения, с	определение превышения на станциях, мм	определение отметки на монтажном горизонте относительно исходного, мм	передача точек осей по вертикали, мм
1	2	3	4	5	6
Металлические конструкции с фрезерованными контактными поверхностями; сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах; сооружения высотой более 100 до 120 м или с пролетами более 30 до 36 м	$\frac{1}{15000}$	5	1	Числовые значения погрешностей следует назначать в зависимости от высоты монтажного горизонта (согласно обязательным приложениям 4 и 5)	
Здания более 15-ти этажей, сооружения высотой более 60 до 100 м или с пролетами более 18 до 30 м	$\frac{1}{10000}$	10	2	-	-
Здания более 5-ти до 15-ти этажей, сооружения высотой более 15 до 60 м или с пролетами более 6 до 18 м	$\frac{1}{5000}$	20	2,5	-	-
Здания до 5-ти этажей, сооружения высотой до 15 м или с пролетами до 6 м	$\frac{1}{3000}$	30	3	-	-
Конструкции из дерева, инженерные сети, дороги, подъездные пути	$\frac{1}{2000}$	30	5	-	-
Земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	$\frac{1}{1000}$	45	10	-	-

Примечания

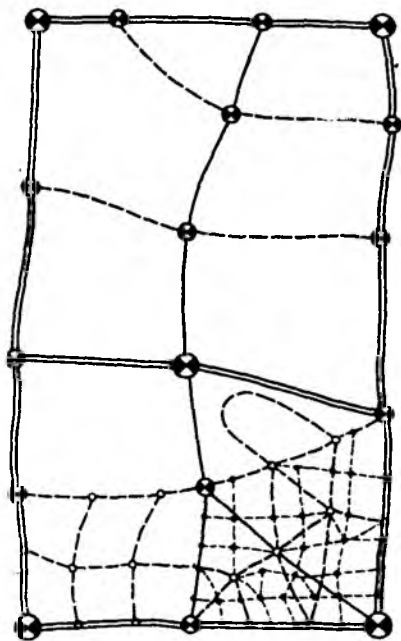
1. Величины средних квадратических погрешностей (колонки 2–4) назначают в зависимости от наличия одной из характеристик, указанных в колонке 1, при наличии двух и более характеристик величины средних квадратических погрешностей назначают по той характеристике, которой соответствует более высокая точность.

2. Точность геодезических построений для строительства уникальных и сложных объектов и монтажа технологического оборудования определяют расчетами на основе специальных технических условий и с учетом особых требований к допускам, предусматриваемым проектом.

§ 43. ВЫСОТНЫЕ СЕТИ

Государственные высотные геодезические сети создают для распространения по всей территории страны единой системы высот. За начало высот в РФ и ряде других стран принят средний уровень Балтийского моря, определение которого проводилось, начиная с 1825 г. Этот уровень отмечен горизонтальной чертой на медной металлической пластине, укрепленной в устье моста через обводной канал в Кронштадте.

Между пунктами государственных высотных геодезических сетей высокой точности (1-го класса) размещают пункты высотных сетей низших классов (2-го, 3-го и т.д.). Если на рисунке, где размещены пункты высотной сети, соединить эти пункты линиями, получатся фигуры, которые называют *ходами*. Несколько пересекающихся ходов называют сетями. Как правило, сети создают из ходов, прокладываемых между тремя или более точками (рис. 93). В целом точки (реперы) высотных сетей, называемых нивелирными, достаточно равномерно распределены на территории страны. На незастроенной территории расстояния между реперами колеблются в пределах 5...7 км, в городах сеть реперов в 10 раз плотнее.



Классы:

●-1-й, ●-2-й, ○-3-й, ○-4-й

Рис. 93. Схема государственной высотной сети

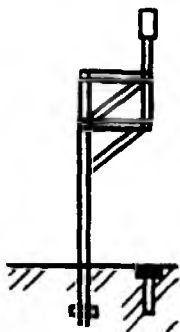


Рис. 94. Наружная Г-образная веха над подземным центром плановой сети

Требования к точности нивелирных ходов, прокладываемых для строительства зданий и сооружений, указаны в табл. 10.

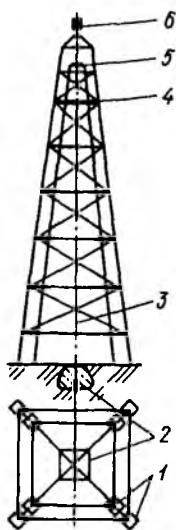


Рис. 95. Наружный металлический сигнал над подземным центром плановой сети:

- 1 – фундаменты, 2 – центр,
3 – сигнал, 4 – настил, 5 – столик,
6 – визирная цель

Для решения ограниченного круга вопросов при изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений создают высотную сеть технического класса.

Нивелирные сети на строительных площадках и при создании внешних разбивочных сетей создают на базе плановых сетей, т.е. для части плановых сетей определяют высотные отметки.

Как правило, сети образуют полигоны с узловыми точками (общими точками пересечения двух или более ходов одного и того же класса). Каждый нивелирный ход опирается обоими концами на реперы ходов более высокого класса или узловые точки.

§ 44. ЦЕНТРЫ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Точки геодезических сетей закрепляют на местности знаками. По местоположению знаки бывают грунтовые и стенные, заложенные в стены зданий и сооружений; металлические, железобетонные, деревянные, в виде откраски и т.д.; по назначению – постоянные, к которым относятся все знаки государственных геодезических сетей, и временные, устанавливаемые на период изысканий, строительства, реконструкции, наблюдений и т.д.

Постоянные знаки закрепляют подземными знаками – центрами. Конструкции центров обеспечивают их сохранность и неизменность положения в течение длительного периода времени. Как правило, подземный центр представляет собой бетонный монолит (рис. 94), закладываемый ниже глубины промерзания грунта и не в насыпной мас-

сив. У поверхности земли в монолите устанавливают чугунную марку, на которой наносят центр в виде креста или точки. Положению этого центра соответствуют координаты X и Y и во многих случаях отметки H .

Для того чтобы с одного знака был виден другой (смежный), над подземными центрами устанавливают наружный знак в виде металлических или деревянных трех- или четырехгранных пирамид или сигналов.

Пирамиды или сигналы имеют высоту 3...30 м и более. Геодезический сигнал 3 с подземным центром 2, столиком 5 для установки измерительных приборов и настила 4 для работы с него наблюдателя изображены на рис. 95. Верх сигнала или пирамиды заканчивается визирной целью 6, на которую при измерении углов направляют зрительную трубу теодолита. На столик устанавливают также отражатель, если измеряют расстояния между пунктами светодальномером. Для спутниковых измерений сигналы и пирамиды строить не надо.

Как правило, пункты плановых разбивочных сетей и сетей сгущения закрепляют подземными центрами, такими же как и пункты государственных сетей. Так как расстояния между этими пунктами сравнительно небольшие, оформления их наружными знаками не требуется. Иногда над ними устанавливают Г-образные металлические или деревянные вехи. В городах знаки оформляют в виде специальной надстройки на крышах зданий. Знаки могут закладывать в зданиях и сооружениях, в этом случае их называют стенными.

Государственные высотные сети всех классов закрепляют на местности грунтовыми реперами. Стенные реперы закрепляют в фундаментах устойчивых сооружений – водонапорных башен, капитальных зданий, каменных устоев мостов и т.д. В стенных реперах (рис. 96, а) высоту определяют для центра отверстия в сферической головке.

Временные знаки. Точки съемочных, а иногда и разбивочных сетей закрепляют временными знаками – деревянными или бетонными столбами, металлическими штырями, отрезками рельсов и т.д. (рис 96, а–э). Их закрепляют в земле на глубину до 2 м. В верхней части такого знака крестом, точкой или рисквой отмечают местоположение центра или точки с высотной отметкой.

При продолжительности использования (более полугодя) временные знаки закладывают на глубину 0,5 м (минимальное расстояние до подземных коммуникаций от поверхности грунта принято 0,7 м). При наличии твердого покрытия и отсутствии интенсивного движения транспорта используют штыри из отрезков арматуры и труб, деревянные столбики (рис. 96, д–э). В процессе строительства на возведенных конструкциях и близрасположенных зданиях высоты и створы осей фиксируют открасками (рис. 96, к–м).

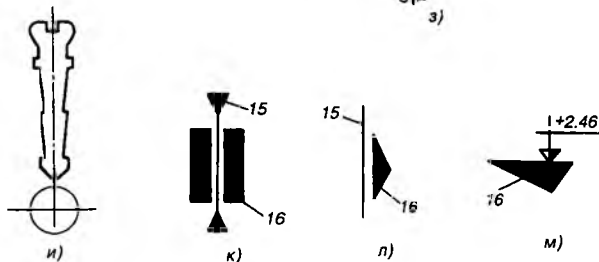
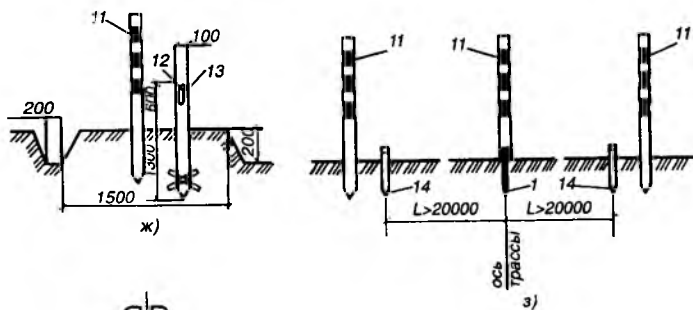
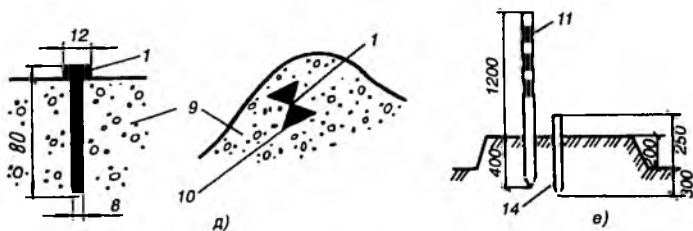
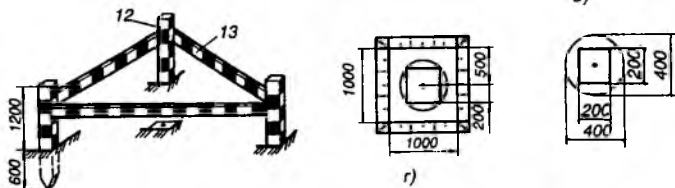
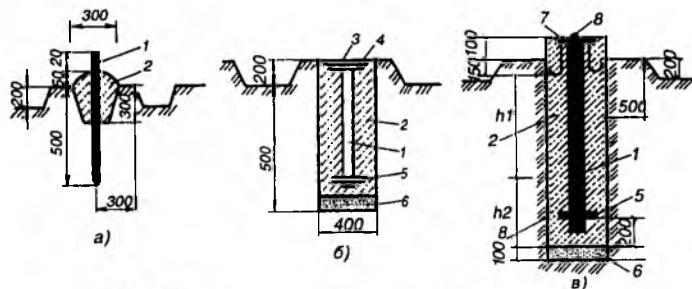


Рис. 96. Знаки закрепления основных, главных разбивочных осей и отметок:

а – знак закрепления основных или главных разбивочных осей зданий высотой до пяти этажей, сооружений высотой до 15 м с продолжительностью строительства до 0,5 г.;
б – то же, более 0,5 г., *в* – то же, с глубиной промерзания согласно таблицы,
г – ограждения знаков, *д* – закрепление разбивочных осей на скалах и бетоне ограждения в виде тура из камней, *е, ж, з* – знаки закрепления осей и отметок линейных сооружений,
и – знак закрепления осей и отметок дюбелями на зданиях, твердых покрытиях дорог,
к – откраска закрепления створа оси, *л* – то же, ориентирной риски, *м* – то же, отметки;
1 – металлический стержень, *2* – бетон, *3* – деревянная крышка, *4* – металлическая пластина,
5 – якорь, *6* – песок, *7* – анкер, *8* – деревянные металлические столб и перекладина,
9 – скальный грунт, бетон, *10* – откраска пересечения осей, *11* – ориентирная вежа,
12 – полочка-зарубка на деревянном столбе для установки рейки, *13* – деревянный столб-репер, *14* – постоянный знак – деревянный кол, *15* – карандашная черта створа оси и ориентирной риски, *16* – откраска

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют виды геодезических сетей?
2. Какие пункты приняты в РФ за исходные в плане? По высоте?
3. Для чего служат геодезические знаки?
4. Какие ограничения приняты при выборе места и глубины закладки знаков?

Глава XIII

ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ

§ 45. СЪЕМКА И СЪЕМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Топографическая съемка – этот комплекс геодезических работ, выполняемых на местности для составления топографических карт и планов. Различают съемки для составления топографических планов крупных масштабов (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000) и мелких (1:10000, 1:25000 и мельче). В инженерной геодезии выполняют в основном съемки крупных масштабов.

Съемке и отображению на топографических планах подлежат все элементы ситуации местности, существующей застройки, благоустройства, подземных и наземных коммуникаций, а также рельеф местности.

Точки, определяющие на плане положение контуров ситуации, условно делят на твердые и нетвердые. К твердым относят четко определяемые контуры сооружений, построенных из долговременных материалов (кирпича, бетона), например, углы капитальных зданий. Контуры, не имеющие четких границ, например луга, леса, пашни, относят к нетвердым.

На топографические планы наносят пункты плановых и высотных геодезических сетей, а также все точки, с которых производят съемку,

если они закреплены постоянными знаками. На специализированных планах допускается отображение не всей ситуации местности, а только тех объектов, которые необходимы: применение нестандартных высот сечений рельефа, снижение или повышение точности изображения контуров и съемки рельефа.

Топографическую съемку выполняют с точек местности, положение которых в принятой системе координат известно. Такими точками служат пункты опорных государственных и инженерно-геодезических сетей. Однако их количества, приходящегося на площадь снимаемого участка, большей частью бывает недостаточно, поэтому геодезическая основа сгущается обоснованием, называемым съёмочным.

Съёмочное обоснование разбивается от пунктов плановых и высотных опорных сетей. На участках съемки площадью до 1 км² съёмочное обоснование может быть создано в виде самостоятельной геодезической опорной сети.

При построении съёмочного обоснования одновременно определяют положение точек в плане и по высоте. Плановое положение точек съёмочного обоснования определяют проложением теодолитных и тахеометрических ходов, построением аналитических сетей из треугольников и различного рода засечками. Высоты точек съёмочного обоснования чаще всего определяют геометрическим и тригонометрическим нивелированием.

Самый распространенный вид съёмочного планового обоснования – теодолитные ходы, опирающиеся на один или два исходных пункта, или системы ходов, опирающихся не менее чем на два исходных пункта. В системе ходов, в местах их пересечений, образуются узловые точки, в которых могут сходиться несколько ходов. Длины теодолитных ходов зависят от масштаба съемки и условий снимаемой местности. Например, для съемки застроенной территории в масштабе 1:5000 длина хода не должна превышать 4,0 км; в масштабе 1:500 – 0,8 км; на незастроенной территории – соответственно 6,0 и 1,2 км. Длины линий в съёмочных теодолитных ходах должны быть не более 350 м и не менее 20 м. Относительные линейные невязки в ходах не должны превышать 1:2000, а при неблагоприятных условиях измерений (заросли, болото) – 1:1000.

Углы поворота на точках ходов измеряют теодолитами со средней квадратической ошибкой 0,5' одним приемом. Расхождение значений углов в полуприемах допускают не более 0,8'. Длину линий в ходах измеряют оптическими или светодальномерами, мерными лентами и рулетками. Каждую сторону измеряют дважды – в прямом и обратном направлениях. Расхождение в измеренных значениях допускается в пределах 1:2000 от измеряемой длины линии.

При определении высот точек съёмочного обоснования геометрическим нивелированием невязка в ходе не должна превышать $5\sqrt{L}$ см,

тригонометрическим нивелированием – $20\sqrt{L}$ см, где L – длина хода, км.

Точки съемочного обоснования, как правило, закрепляют на местности временными знаками: деревянными кольями, столбами, металлическими штырями, трубами. Если эти точки предполагается использовать в дальнейшем для других целей, их закрепляют постоянными знаками.

Для составления топографических планов применяют аналитический, мензульный, тахеометрический, аэрофототопографический, фототеодолитный методы съемок, съемку нивелированием поверхности и с помощью спутниковых приемников. Применение того или иного метода зависит в основном от условий и масштаба съемки.

§ 46. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД СЪЕМКИ

Горизонтальную съемку выполняют в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500. Съемке подлежат фасады зданий и ситуация проездов, а также внутриквартальная (внутризаводская) застройка и ситуация. Съемку производят с линий и точек теодолитных ходов съемочного обоснования.

Результаты съемки отображают на схематическом чертеже – абрисе (рис. 97, 98), на котором дается зарисовка всех контуров и предметов местности (например, трамвайный путь, канава, трамвайная мачта, дома № 10, 12, 14 каменные (к), жилые (ж), нежилые (н) и соответствующие промеры).

Абрис ведут на плотной бумаге в произвольном масштабе, но придерживаясь условных знаков, принятых для составления плана. Прямые линии вычерчивают по линейке, кривые – от руки. Ситуацию

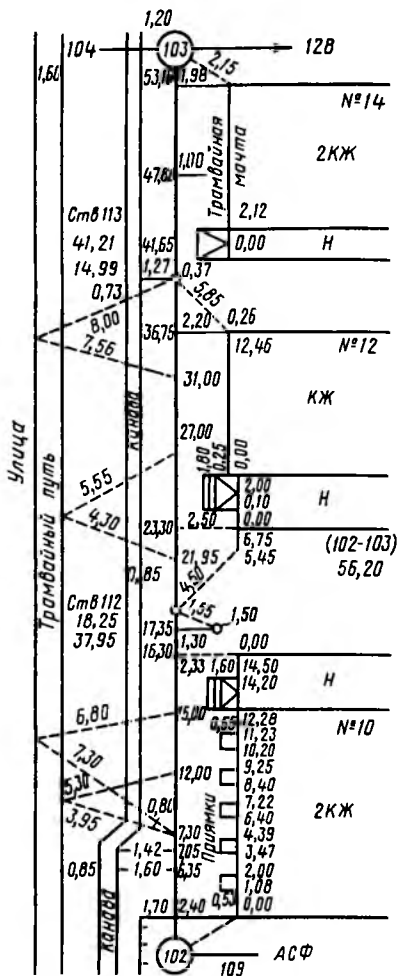


Рис. 97. Пример абриса

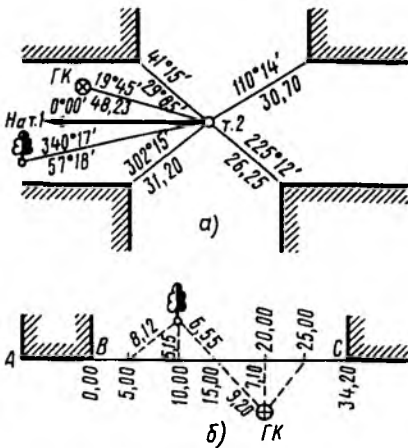


Рис. 98. Абрисы съемок, выполненных способами полярных координат (а) и створным (б)

нарастающим итогом от нулевого. Промежуточные отсчеты заключают в скобки.

Съемку выполняют разными способами.

Способ перпендикуляров применяют в основном для съемки проездов, когда съемочный ход проходит от фасадов не далее 8 м при съемке в масштабе 1 : 2000, не далее 6 м – в масштабе 1 : 1000 и не далее 4 м при съемке в масштабе 1 : 500. Если длина перпендикуляра больше указанных размеров, применяют эккер или подкрепляют промер по перпендикуляру еще засечкой с ленты. При съемке стальную ленту укладывают по точкам, отмеченным в створе линии съемочного теодолитного хода с помощью теодолита.

Способом линейных засечек ленту, так же как и способом перпендикуляров, укладывают в створе съемочной линии. От двух точек на ленте, соответствующих целым метрам и составляющих основание приблизительно равностороннего треугольника, рулеткой измеряют расстояния до определяемой точки контура. При этом длина засечек не должна превышать длины рулетки. Для контроля делают третий промер.

Способом угловой засечки может быть выполнена съемка недоступных точек. Засечки наносят не менее чем с трех направлений.

Способ полярных координат (см. рис. 98, а) применяют для съемки точек ситуации, удаленных от съемочного хода. Наиболее часто этот способ применяют при съемке внутриквартальной застройки, а также нетвердых контуров (границы угодий, кусты, деревья). Теодолит устанавливают над соответствующей точкой съемочного хода (напри-

вычерчивают более толстыми линиями, вспомогательные промеры – тонкими. При ведении абриса некоторые детали изображают в укрупненном масштабе. Перпендикуляры и засечки прочерчивают пунктиром или тонкими сплошными линиями, длины их подписывают в середине линий или под ними. Расстояния по линии съемочного хода нарастающим итогом подписывают у подошв перпендикуляров или засечек с противоположной стороны. При обмерах надписи располагают перпендикулярно фасадной линии. Нулевой отсчет промеров по фасаду берут от надежно определенной точки, все остальные отсчеты записывают

мер, точка 2). Расстояния от съемочной точки до точек ситуации (например, ГК, углов зданий) измеряют мерным прибором или дальномером, углы – при одном круге с ориентированием нулевого штриха лимба на смежную точку съемочного хода. По этому направлению (показано стрелкой) в абрисе делают запись $0^{\circ}0'$. С направления полярного луча может быть произведена съемка ситуации, как с линии съемочного обоснования способом перпендикуляров и засечек.

Створный способ (см. рис. 98, б), как правило, применяют при съемке внутриквартальной ситуации, когда съемка основных контуров проведена. Створ может быть задан продолжением линии здания; линией, соединяющей два твердых контура. От линии створа (например, ВС) производят съемку ситуации способом перпендикуляров и линейных засечек (съемка дерева, ГК). Расстояние ВС измеряют полностью.

Помимо съемки всех точек ситуации со съемочных линий для уточнения составляемого плана производят обмеры по фасадам, всех строений с архитектурными выступами, уступами, крыльцами, ступеньками, приемками. Обмеры производят также по всем заборам и границам между точками изломов. При наличии зданий со сложной конфигурацией делают дополнительные контрольные промеры между углами. На перекрестках проездов измеряют диагональные расстояния между углами кварталов и ширину проездов. Кроме того, в характерных местах измеряют ширину между противоположными фасадами проезда. Контрольные промеры делают также и между снятыми со съемочной линии смотровыми колодцами подземных коммуникаций, мачтами, столбами воздушных линий связи и между другими точками ситуации.

Результаты полевых измерений, отраженные в абрисе, используют для составления топографического плана, нанося их на планшет. Планшет представляет собой тонкий лист фанеры или алюминия, оклеенный сверху чертежной бумагой. На планшете предварительно разбивают координатную сетку квадратов со стороной 10 см и общим размером 50×50 см. По координатам на планшет наносят пункты геодезического и съемочного обоснования. Правильность накладки пунктов контролируют по расстояниям между ними. Расхождения не должны превышать 0,2 мм на плане. У каждого пункта пишут его номер или название, а также наносят отметку пункта с округлением до сантиметров.

Положение контуров ситуации определяют на планшете по промерам, данным в абрисе. При этом с учетом масштаба плана выполняют те же построения, что и при полевых измерениях. Например, если съемка контура велась способами перпендикуляров и линейных засечек, на планшете с помощью циркуля-измерителя также строят перпендикуляры и линейные засечки; если применялся полярный способ, на планшете откладывают полярные углы и расстояния.

Как правило, высотную съемку выполняют методом геометрического нивелирования после того, как вся ситуация снята и нанесена на планшет.

Нивелирование начинают с точек высотного съемочного обоснования. На всех характерных точках нивелируемой площади, но не реже чем через 50 м при съемке в масштабе 1:2000 и 20 м – при съемке в масштабе 1:500, определяют высоты съемочных точек (пикетов). Расстояние от нивелира до рейки не должно превышать 150 м. Положение пикетов на плане определяют по ситуации, для чего в поле используют копию плановой съемки.

Улицы (проезды) нивелируют по поперечникам, разбиваемым с помощью рулетки через 20...40 м. Кроме того, поперечники разбивают в местах перегиба рельефа, по осям пересекающихся улиц и в местах их излома. При нивелировании поперечников определяют высоты фасадной линии, бордюрного камня тротуара, оси улицы и других характерных точек рельефа, высоты земли у входов, порогов и полов в зданиях.

§ 47. МЕНЗУЛЬНАЯ СЪЕМКА И ПРИБОРЫ ДЛЯ ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

Мензальная съемка отличается от теодолитной и других съемок главным образом тем, что при ней измерения на местности и составление топографического плана производят одновременно и непосредственно в поле. При такой съемке мензальным комплектом графически определяют взаимное положение точек местности.

Принцип мензальной съемки (рис. 99) состоит в следующем. Если точка O планшета установлена над точкой O местности и планшет приведен в горизонтальное положение, то следы пересечения воображаемых отвесных плоскостей, проходящих через стороны OA и OB , с верхней плоскостью планшета образуют проекцию Oab угла OAB местности. Для получения на планшете горизонтальных проекций Oa и Ob в пунктах A и B откладывают в заданном масштабе длины горизонтальных проложений OA' и OB' . Превышение точек A и B над точкой O

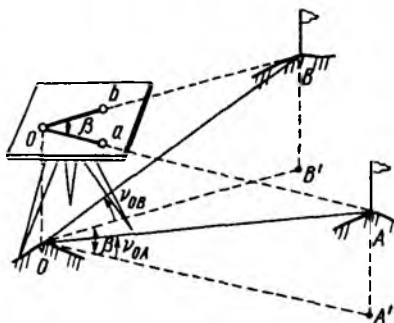


Рис. 99. Принципиальная схема мензальной съемки

можно вычислить по методу тригонометрического нивелирования, если измерить углы наклона v_{OA} и v_{OB} .

Мензальный комплект (рис. 100, а, б) состоит из штатива 1, на котором крепится подставка 2 с планшетом 3. Для визирования на снимаемые точки местности, построения на планшете углов и определения расстояний служит кипрегель.

В зависимости от типа мензального комплекта штативы и подставки бывают деревянные и металлические.

Металлическая подставка состоит из верхней части с тремя винтами

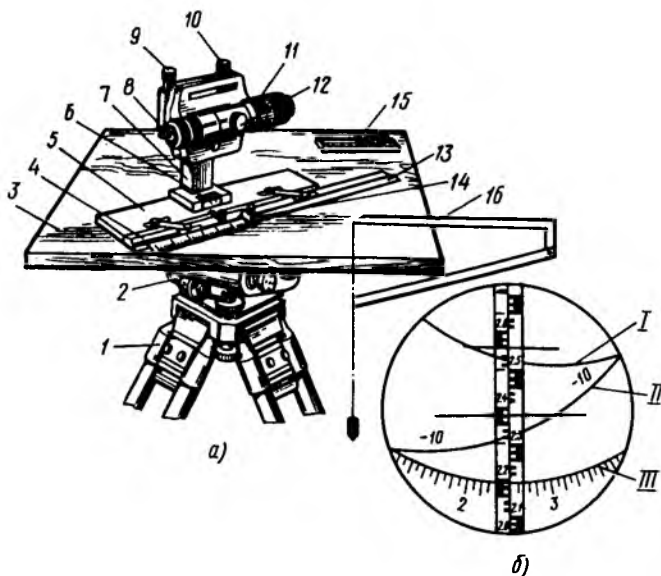


Рис. 100. Мензурный комплект (а) и поле зрения трубы кипрегеля (б):
 1 – штатив, 2 – подставка, 3 – планшет, 4, 13 – линейки, 5 – основание,
 6 – уровень, 7 – колонка, 8 – окуляр, 9, 10, 12 – винты, 11 – труба,
 14 – штифт, 15 – ориентир-буссоль, 16 – вилка

для крепления планшета. Нижняя цилиндрическая часть подставки, опирающаяся на три подъемных винта, снабжена закрепительным и наводящим винтами. Подъемные винты проходят через пружинистую пластину с резьбовым отверстием для крепления подставки к штативу. Таким образом, планшет можно наклонять и поворачивать на подставке.

Планшет представляет собой доску размером 60×60 см с тремя резьбовыми отверстиями на ее нижней поверхности для крепления планшета к подставке. На верхней поверхности доски крепят чертежную бумагу. Ее можно непосредственно приклеивать к планшету, но более удобно наклеивать бумагу на тонкий лист фанеры или алюминия и этот лист прибивать к планшету.

При мензурной съемке используют любые рейки – от нивелирных размеров до 4 м до специальных, выпускаемых для мензурного комплекта.

Кипрегели бывают двух видов: номограммный КН с уровнем при вертикальном круге и номограммный компенсаторный КН-К с оптическим компенсатором вместо уровня при вертикальном круге.

Кипрегель КН (см. рис. 100, а) состоит из зрительной трубы 11, колонки 7 и основной 4 и дополнительной 13 линеек. Зрительная труба для удобства наблюдений снабжена ломаным окуляром 8. Изображение

фокусируют винтом 12. Зрительная труба вращается относительно вертикального круга, что позволяет при ее наклоне видеть различные участки круга.

Кипрегелем КН без сложных вычислений определяют горизонтальные расстояния и превышения. Для этого кипрегель снабжен номограммным преобразователем, кривые которого видны в поле зрения трубы (см. рис. 100, б).

Точность измерений кипрегелем КН характеризуется следующими данными: средняя квадратическая погрешность измерения расстояний на 100 м – 20 см; средняя квадратическая погрешность измерения превышений на 100 м от 3 до 15 см в зависимости от величины угла наклона; средняя квадратическая погрешность измерения вертикального угла одним приемом – 45".

В комплект кипрегеля КН входит рейка с выдвигающейся подставкой. Нуль-пункт рейки располагается на высоте 1 м над пяткой, а подставка может выдвигаться и закрепляться так, чтобы нуль рейки находился на высоте, равной высоте прибора на данной станции.

Кипрегель КН-К отличается от кипрегеля КН лишь наличием оптического компенсатора для автоматической установки линии визирования в горизонтальное положение с диапазоном действия 10' и погрешностью самоустановки 5".

Перед съемкой готовят планшет: разбивают координатную сетку квадратов со стороной 10 см, наносят по координатам углы рамок трапеции и пункты геодезического и съемочного обоснований.

Съемочные работы выполняют с пунктов опорной сети и съемочных точек. Перед началом съемки на каждой точке мензулу центрируют, нивелируют и ориентируют по направлениям на более удаленные пункты опорной сети. Кроме того, определяют высоту прибора i .

Съемку контуров ситуации и рельефа местности выполняют одновременно и преимущественно способом полярных координат.

Горизонтальные расстояния до речных точек определяют по дальномерной диаграмме кипрегеля и сразу же, пользуясь поперечным масштабом, откладывают на планшете. Отметки речных точек получают, зная высоту съемочной точки $H_{ст}$, высоту прибора i , высоту визирования v и определяя превышения по высотной диаграмме кипрегеля. Иногда при мензульной съемке спланированных застроенных территорий для определения отметок точек применяют нивелир.

Таблица 13

Кипрегель _____

$i = 1,28; H_{ст} = 124,92$

Дата _____ Станция _____

$v = 2,00; H_0 = 124,20$

Точка	d , м	K_h	l_h , см	h , м	H_p , м	Описание точки
84	52	-10	16,9	-1,69	122,3	Угол пашни
85	96	+10	41,6	+14,16	128,4	Вершина холма

Во время съемки ведут журнал реечных точек (табл. 13), в котором записывают их номера, горизонтальные расстояния d , отсчеты по кривой превышений l_n . Тут же вы поле журнал обрабатывают, вычисляя: $H_0 = H_{с.т} + i - v$, превышения h и отметки H_p реечных точек.

План снимаемого участка вычерчивают в поле в процессе съемки. Снимая четкие контуры, определяют их углы, которые затем соединяют линиями. При обходе контура рейку устанавливают во всех точках поворота линии контура, если расстояние между ними выражается в масштабе плана. При съемке дорог пикеты берут по одной стороне дороги, измеряют ширину дороги и наносят параллельно вторую сторону, если ширина дороги выражается в масштабе, или берут пикеты по оси, если ширина дороги не выражается в масштабе и изображается условным знаком.

При съемке рельефа определяют линии водоразделов и тальвегов. Для этого берут отметки вершин и подошв скатов, устьев лощин и других характерных точек. Кроме высот пикетов, необходимых для проведения горизонталей, определяют отметки плотин, дамб, мостов, пересечений дорог, углов зданий, курганов, каналов, колодцев и других предметов ситуации. Урезы воды рек и водоемов с датой их определения наносят на плане через 15 см. Горизонтали вычерчивают прямо в поле, так как непосредственное наблюдение снимаемого рельефа позволяет изобразить его с большой достоверностью – это одно из основных достоинств мензульной съемки.

Контроль съемки осуществляют в результате полевой проверки. При контроле ситуации определенные по плану и измеренные в натуре расстояния не должны отличаться более чем на 0,8 мм на плане. Расхождения в отметках горизонталей не должны превышать $1/2 \dots 1/4$ высоты сечения рельефа.

§ 48. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Основные сведения. Тахеометрическая съемка – основной вид съемки для создания планов небольших незастроенных и малозастроенных участков, а также узких полос местности вдоль линий будущих дорог, трубопроводов и других коммуникаций. С появлением тахеометров-автоматов этот способ съемки становится основным и для значительных по площади территорий, особенно когда необходимо получить цифровую модель местности. При тахеометрической съемке ситуацию и рельеф снимают одновременно, но в отличие от мензульной съемки план составляют в камеральных условиях по результатам полевых измерений.

Съемку производят с исходных точек – пунктов любых опорных и съёмочных геодезических сетей. Съёмочная сеть может быть создана в виде теодолитно-нивелирных ходов, когда отметки точек теодолитного хода определяют геометрическим нивелированием. В большинстве же случаев для съемки прокладывают тахеометрические ходы, отли-

чающиеся тем, что все элементы хода (углы, длины линий, превышения) определяют теодолитом или тахеометром-автоматом. При этом одновременно с проложением тахеометрического хода производят съемку. В этом главное отличие тахеометрической съемки от других видов топографических съемок.

Съемка теодолитом. Порядок работ на станции тахеометрического хода при работе теодолитом следующий.

В первую очередь выполняют измерения, относящиеся к проложению съёмочного хода. Теодолит устанавливают над точкой и приводят его в рабочее положение. На смежных точках хода устанавливают дальномерные (обычно нивелирные) рейки. Одним полным приемом измеряют горизонтальный угол хода. При двух положениях вертикального круга теодолита измеряют вертикальные углы на смежные точки хода. По дальномеру теодолита определяют расстояния до смежных точек. Измеряют высоту прибора.

Далее приступают к съемке. Для этого в первую очередь при левом круге (КЛ) ориентируют лимб теодолита на предыдущую точку. С этой целью нуль алидады совмещают с нулем лимба и, закрепив алидаду, вращением лимба наводят зрительную трубу на ориентирную точку. Трубу наводят на съёмочные пикеты только вращением алидады. На съёмочные пикеты устанавливают дальномерные рейки и измеряют на них при одном круге горизонтальные и вертикальные углы, а по дальномеру – расстояния. Если съёмочный пикет является только контурной точкой, вертикальный угол не измеряют.

Результаты измерений записывают в журнал тахеометрической съемки (табл. 14).

Положение съёмочных пикетов выбирают таким образом, чтобы по ним можно было изобразить на плане ситуацию и рельеф местности. Их берут на всех характерных точках и линиях рельефа: на вершинах и подошвах холмов, дне и бровках котловин и оврагов, водоразделах и тальвегах, перегибах скатов и седловинах. При съемке ситуации определяют границы угодий, гидрографию, дороги, контуры зданий, колодцы, т. е. все то, что подлежит нанесению на план в данном масштабе. Чем крупнее масштаб съемки, тем больше число съёмочных пикетов и тем меньше расстояние между пикетами и от станции до пикетов. Так, если при съемке масштаба 1:5000 максимальное расстояние до твердых контуров ситуации ограничено 150 м, а до нетвердых – 200 м, то в масштабе 1:500 – 60 и 80 м соответственно.

В процессе съемки на каждой станции составляют абрис (рис. 101). На нем показывают положение станции хода, направление на предыдущую и последующую точки, расположение всех съёмочных пикетов, рельеф и ситуацию местности. Съёмочные пикеты отмечают теми же номерами 1...10, что и в полевом журнале, ситуация местности изображается условными знаками, рельеф – горизонталями. Между точками на абрисе проводят стрелки, указывающие направление понижения местности.

Дата _____ Станция II. Высота прибора $i = 1,44$ м
 Наблюдатель: _____ Отметка станции $H = 148,95$ м

Точка по дальности-номеру	Отсчеты по кругам			M0		v		d, м	h', м	v, м	h, м	H, м	Примечание
	горизонтальному	вертикальному	°										
				°	'	°	'						
Л													
I	174,4	0	00	359	19	0	01	+0	42	174,4	+2,14	3,50	+0,08
III	150,8	293	09	359	35	0	02	+0	27	150,8	+2,19	2,50	+0,13
П													
I	174,3	330	24	0	43								
III	150,9	263	31	0	29								
Л													
I		0	00										
1	49,0	18	40	2	22	0	02	-2	20	48,9	-1,99	1,44	-1,99 147,0
2	65,0	83	36	1	56	0	02	-1	54	64,9	-2,15	1,44	-2,15 146,8
3	125,8	116	38	1	00	0	02	-0	58	125,8	-2,12	1,44	-2,12 146,8
4	114,3	131	16	0	19	0	02	-0	17	114,3	-0,57	1,44	-0,57 148,4
5	148,0	131	32	2	08	0	02	-2	06	147,8	-5,42	2,00	-5,98 143,0
I		0	00										

На границе пашни и луга

Урез воды реки

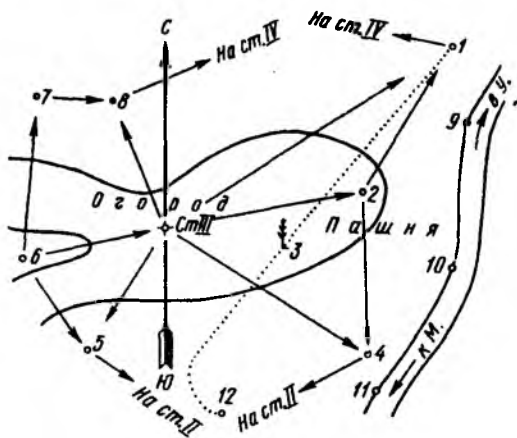


Рис. 101. Абрис тахеометрической съемки

По окончании работы на станции проверяют ориентирование лимба теодолита, для чего снова визируют на предыдущую точку хода. Если повторный отсчет отличается от начального более чем на $5'$, съемку на данной станции переделывают. Для контроля на каждой станции определяют несколько пикетов, расположенных в полосе съемки со смежных станций.

В простейшем случае составление плана по результатам тахеометрической съемки начинают с построения координатной сетки и нанесения по координатам точек теодолитного хода. Правильность нанесения точек хода контролируют по длинам его сторон: измеряют расстояния между вершинами – выраженные в масштабе, они должны быть равны расстояниям между соответствующими точками на плане или отличаться не более чем на $0,2$ мм.

Вслед за этим наносят на план пикетные точки циркулем-измерителем, масштабной линейкой и транспортиром. Данные для нанесения берут из журнала тахеометрической съемки.

Направление на пикеты со станции (рис. 102) строят по транспортиру. Например, при съемке на станции *II* лимб теодолита был ориентирован по направлению на точку *I*. Транспортир прикладывают центром к точке *II* плана, а отсчет $0^{\circ}00'$ совмещают с направлением на точку *I*. Направление на точку *I* получают, отложив по дуговой шкале транспортира $18^{\circ}40'$, а расстояние до точки *I* от станции *II* – отложив в масштабе плана горизонтальное проложение $48,9$ м. Для этого по направлению $18^{\circ}40'$ проводят карандашом тонкую линию, а измерителем по масштабной линейке находят отрезок $48,9$ м и откладывают его по створу линии от станции *II* на точку *I*. Аналогично наносят и другие точки.

Для ускорения работы поступают так. По внешней окружности транспортира карандашом отмечают направления на все пикеты. Рядом с каждой точкой ставят номер. Если есть углы более 180° , транспортир перекладывают, поворачивая его на 180° . После этого по нему отмечают значения угла минус 180° . Когда все углы отмечены, транспортир снимают. Из станции, как из центра, на все точки проводят лучи и откладывают расстояния. Конец каждого отложенного расстояния дает положение точки. Точку изображают кружком, рядом выписывают из журнала его отметку.

Вместо транспортира применяют также линейки-тахеографы. Они представляют собой прозрачный круг с разграфкой от 0 до 359°. По отметкам станций и реечных точек на плане проводят горизонтали с принятым сечением рельефа. Следы горизонталей отыскивают графической интерполяцией между точками, которые в абрисе соединены стрелками. Соединение каких-либо двух точек в абрисе говорит о том, что местность между ними имеет один скат, без перегибов.

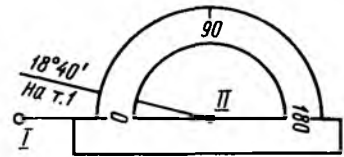


Рис. 102. Построение направлений на пикеты со станции тахеометрического хода

Все контуры и рельеф, изображаемые на плане, вычерчивают тушью в соответствии с условными знаками. Над северной рамкой делают заглавную надпись, под южной рамкой подписывают числовой масштаб, высоту сечения рельефа, вычерчивают линейный масштаб и график заложений.

Автоматизация тахеометрической съемки. С появлением электронных тахеометров стала возможна частичная или полная автоматизация тахеометрической съемки.

При съемке электронный тахеометр устанавливается на съемочных точках, а на пикетных точках – специальные вешки с отражателями, входящими в комплект тахеометра. При наведении на отражатели вешки в автоматическом режиме определяются горизонтальные и вертикальные углы, а также расстояние до смежных съемочных и пикетных точек. С помощью микроЭВМ тахеометра производят обработку результатов измерений и в итоге получают приращения Δx и Δy координат и превышения h на смежные съемочные и пикетные точки. При этом автоматически учитываются все поправки в измеряемые расстояния и за наклон вертикальной оси прибора в измеряемые углы. Результаты измерений могут быть введены в специальное запоминающее устройство (накопитель информации) или переписаны на магнитную кассету. В дальнейшем из накопителя или с магнитной кассеты информация поступает в ЭВМ, которая по специальной программе производит окончательную обработку результатов измерений, включающую вычисление координат съемочных и пикетных точек, уравновешивание съемочного хода и другие вычисления, необходимые для графического построения топографического плана или цифровой модели местности. Графическое построение топографического плана осуществляется графопостроителем, соединенным с ЭВМ.

§ 49. АЭРОФОТОТОПОГРАФИЧЕСКАЯ И ФОТОТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКИ

Аэрофототопографическая съемка. Для больших территорий топографические карты и планы всех масштабов составляют преимущественно аэрофототопографическим методом, сущность которого заклю-

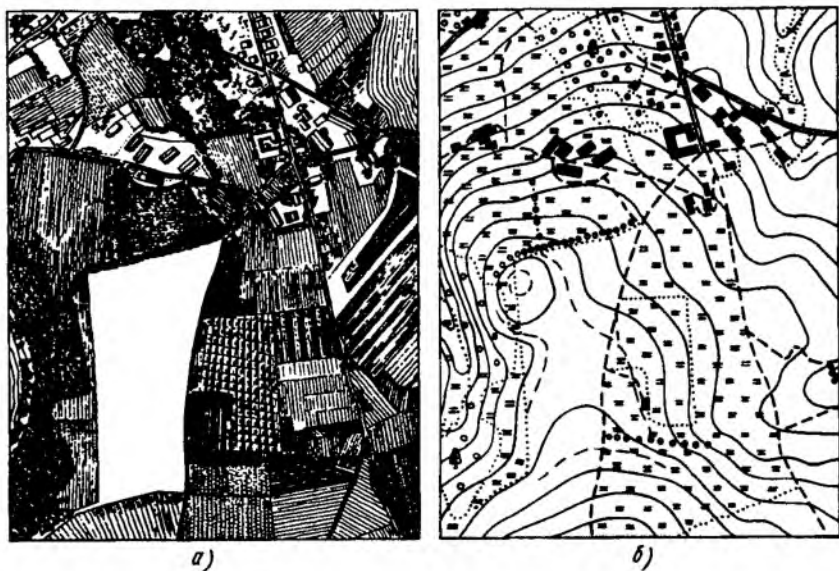


Рис. 103. Аэрофотографическое изображение местности (а) и составленный по нему план (б)

чается в следующем. С самолета или с другого носителя с определенной высоты, зависящей от масштаба съемки, местность фотографируют автоматическим аэрофотоаппаратом (АФА) при почти вертикальной его оптической оси. В результате получают снимок местности, близкий к горизонтальному. Для того чтобы заснять всю необходимую площадь, делают несколько снимков, причем с перекрытием — изображение на последующем снимке перекрывает изображение на предыдущем.

Снимки путем трансформирования приводят к одному масштабу — требуемому масштабу топографической съемки. При трансформировании снимки также приводят к горизонтальной проекции. Чтобы выполнить трансформирование, на снимках надо иметь несколько точек, координаты которых на местности известны. Эти точки называют *опознаками*. Их опознавание (нахождение) на снимке и на местности, а также определение координат производят в результате полевых измерений на местности.

Топографическую карту или план создают либо комбинированным, либо стереофотограмметрическим способом. В первом случае из трансформированных снимков составляют фотоплан, на котором затем изображают рельеф мензуральной съемкой. Фотографическое изображение ситуации на фотоплане не только освобождает от необходимости снимать ее при мензуральных работах, но и позволяет для определения высот точек определять расстояния прямо с фотоплана. При вто-

ром способе рельеф изображают в камеральных условиях с помощью стереоприборов. Для этого необходимо на каждом снимке иметь несколько точек с известными высотами (высотные опознаки). План местности составляют либо получением фотоплана и перерисовки на него горизонталей со снимков, либо одновременной зарисовкой ситуации и рельефа на стереоприборах.

Для уточнения некоторых характеристик ситуации и рельефа, например, названий населенных пунктов и рек, этажности и материалов зданий, вида и средних размеров лесных насаждений, производят полевое обследование – дешифрирование.

Аэрофотографическое изображение участка местности и составленный по нему топографический план показаны на рис. 103, а, б.

Фототеодолитная съемка. Этот метод применяют для съемки местности в горных районах, обмеров зданий и сооружений, наблюдений за деформациями сооружений.

Метод основан на применении фототеодолита (рис. 104), в котором соединены теодолит и фотокамера. Фототеодолит устанавливают в двух точках линии, называемой базисом фотографирования. На каждой точке оптическую ось фототеодолита приводят в горизонтальное положение, ориентируют строго перпендикулярно линии базиса и производят фотографирование. Для увеличения площади съемки допускается фотографирование и при развороте фототеодолита вправо или влево на одинаковый угол в пределах 30° .

В результате фотографирования получают с перекрытием два снимка, называемых стереопарой. Для составления по стереопаре топографического плана необходимо знать длину базиса фотографирования и координаты (в плане и по высоте) нескольких опознаков на местности. Стереопары обрабатывают с целью получения топографического плана на стереоприборах.

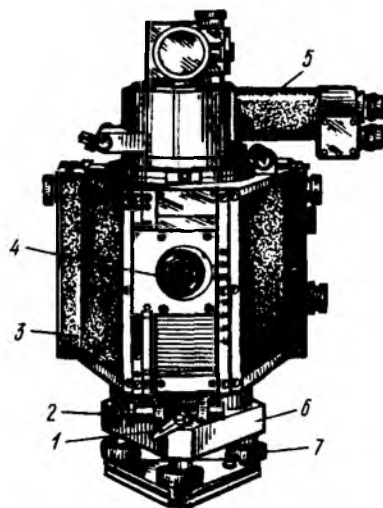


Рис. 104. Фототеодолит:
1, 2, 7 – винты, 3 – камера,
4 – объектив, 5 – окулярное колесо,
6 – подставка

§ 50. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Съемку в равнинной местности с небольшим количеством контуров при высоте сечения рельефа через 0,1; 0,25; 0,5 м выполняют нивелированием поверхности. Существует несколько способов такой съем-

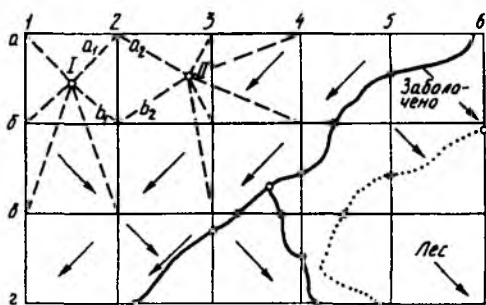


Рис. 105. Абрис съемки способом нивелирования по квадратам (стрелками указано направление скатов)

ки: по квадратам, параллельным, характерным линиям рельефа. Во всех способах высоты пикетов определяют геометрическим нивелированием. Различие состоит лишь в схеме определения планового положения пикетных точек.

При нивелировании по квадратам с помощью теодолита и мерного прибора на местности разбивают и закрепляют кольшками сетку квадратов. Вначале разбивают квадраты со сторонами 100, 200 или 400 м. Затем с помощью вешек и мерного прибора разбивают сетку на более мелкие квадраты со стороной 40 м для съемки в масштабе 1:2000 и 20 м – для съемки в масштабах 1:1000 и 1:500. При разбивке квадратов ведут съемку ситуации, определяя положение контурных точек на пересечении со сторонами квадратов. Результаты съемки заносят в абрис (рис. 105). К пунктам государственной геодезической сети сетку привязывают продолжением теодолитных и нивелирных ходов.

Порядок нивелирования квадратов зависит от их размера. При сторонах квадратов 100 м и более с одной станции нивелируют вершины одного квадрата, при меньшем размере – нескольких квадратов. При этом нивелир устанавливают примерно посередине большого квадрата, а рейку последовательно размещают на всех вершинах и берут отсчеты. Отсчеты записывают непосредственно на схеме квадратов. Последовательно переставляя нивелир и рейки, нивелируют вершины всех квадратов. С каждой последующей станции нивелируют две или более связующие точки предыдущего квадрата. Это позволяет помимо передачи отметки выполнять контроль измерений. Результаты измерений контролируют, сравнивая суммы $a_1 + b_2 = a_2 + b_1$ накрест лежащих отсчетов по общей стороне двух смежных квадратов. Расхождение между этими суммами не должно превышать 10 мм. Высоты вершин квадратов вычисляют как по связующим точкам, так и через горизонт прибора.

При нивелировании по параллельным линиям на участке съемки прокладывают один или несколько параллельных магистральных ходов. В обе стороны от каждого хода разбивают перпендикулярные линии (поперечники). По ходам и поперечникам через равные промежутки закрепляют пикетные точки через 40 м при съемке в масштабе 1:2000 и через 20 м – при съемке в масштабах 1:1000 и 1:500. Вместе с разбивкой пикетажа производят съемку ситуации. Высоты пикетных точек определяют геометрическим нивелированием.

Магистральные ходы можно прокладывать и по характерным линиям рельефа: водоразделам, тальвегам и др.

Контрольные вопросы:

1. С какой целью производят топографические съемки?
2. В чем особенности проложения теодолитных и высотных ходов в качестве обоснования для съемки?
3. Какими способами производят горизонтальную съемку застроенных территорий?
4. Каковы особенности высотной съемки застроенных территорий?
5. В чем сущность мензульной съемки?
6. Какие приборы и приспособления используют для мензульной съемки?
7. Как производится мензульная съемка?
8. Каковы особенности тахеометрической съемки?
9. Какие приборы используют при тахеометрической съемке?
10. В чем особенность автоматизированной тахеометрической съемки?
11. Как составляют план по результатам тахеометрической съемки?
12. Какие существуют виды фототопографических съемок?
13. В чем сущность съемки нивелированием поверхности?

Раздел второй

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Глава XIV

СЪЕМКА ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

§ 51. ВИДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Комфортность жизни городов и других населенных пунктов, работа промышленных и сельскохозяйственных предприятий зависят от наличия и четкости функционирования многочисленных подземных и надземных инженерных коммуникаций.

Сведения о коммуникациях содержатся на топографических планах различных масштабов. Планы масштаба 1:5000 используют как обзорные, для разработки общей схемы размещения магистральных коммуникаций. Планы более крупных масштабов (1:2000, 1:1000 и 1:500) служат топографо-геодезической основой для размещения данных о существующих и проектируемых коммуникациях.

К подземным коммуникациям и сооружениям относятся коллекторы, туннели, трубопроводы, кабельные сети и др.

В коллекторах прокладывают кабели и трубопроводы различного назначения, в небольших туннелях, – как правило, только кабели, в больших – транспортные дороги (метрополитена, железные и автомобильные), водопроводы.

Магистральные коллекторы – это прямоугольные или квадратные одно- или двухячейковые короба высотой 1800...3000, шириной 1400...3000, толщиной стен 50...200 мм (рис. 106). Глубина заложения коллекторов от поверхности 0,5 м и ниже. Для прокладки внутридворовых сетей используют полупроходные коллекторы, габариты которых гораздо меньше магистральных; в них размещают коммуникации, подводящие инженерные сети к зданиям и сооружениям. В одном коллекторе может быть совмещено несколько сетей, за исключением совместного проложения газовых и электрокабелей, в том числе слабых токов.

Трубопроводы – это сети водопровода, канализации, газоснабжения, теплофикации, дренажа, паро-, нефте-, газопроводы и другие

прокладки, предназначенные для транспортирования различных материалов по трубам.

Водопроводы состоят из водопроводных станций и сетей. К водопроводной станции относятся водозаборные устройства: водоприемник, береговые колодцы, всасывающие трубопроводы, подающие воду к водоподъемным станциям; водоразводящая магистральная сеть, обеспечивающая водой районы (диаметр труб 400...900 мм). От магистральной сети отходит распределительная сеть, которая подает воду к домам и промышленным предприятиям. Она располагается по обеим сторонам улиц, внутри кварталов и микрорайонов. Диаметр труб этой сети 200...400 мм. От распределительной сети отходят вводы (диаметром 50 мм), по которым вода поступает к потребителям.

Для выключения и включения участков, регулирования работы, предохранения от аварий на водопроводных сетях устанавливают арматуру – задвижки, вантузы, выпуски, пожарные и поливные краны. В месте расположения арматуры устраивают колодцы, чтобы иметь доступ к арматуре.

Канализацией обеспечивается удаление сточных и загрязненных вод на очистные сооружения, а поверхностных атмосферных вод – в ближайшие водоемы.

В зависимости от назначения канализация бывает общесплавная, раздельная и полураздельная. Общесплавной канализацией удаляются все сточные воды; раздельной – хозяйственно-бытовые и промышленные в одну трубу, а ливневые – в другую; полураздельной – попеременно те и другие воды в зависимости от объема.

Канализационная сеть состоит из труб станций перекачки, смотровых колодцев, дюкеров и других устройств; диаметры труб сети 150...400 мм. Станции перекачки устраивают, когда невозможно спустить воду из пониженных частей застройки. По дюкерам (изогнутым в вертикальной плоскости трубам) перебрасывают канализационные стоки через овраги, реки и другие препятствия.

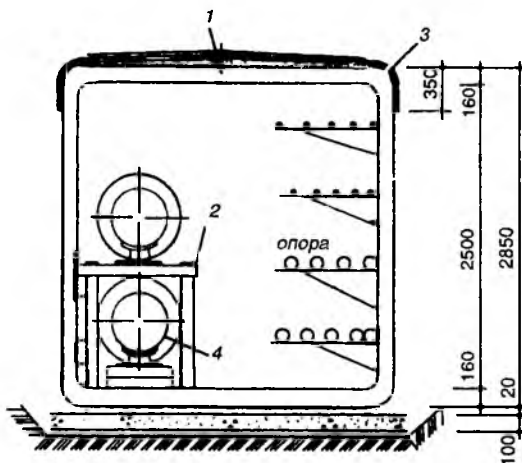


Рис. 106. Коллектор из объемных элементов сечением 2,5×2,5 м с теплопроводами сечением 400×400 мм, электрокабелями, водоводами и пр.:
1 – объемный элемент, 2 – металлическая подвижная опора, 3 – эл. кабели, 4 – трубы

Газопроводы служат для транспортирования газа и идут от районов газодобычи, станций и хранилищ в микрорайоны застройки и по улицам. Газопроводы подразделяются на магистральные (диаметр труб до 1600 мм) и распределительные. От них отходят вводы в здания и сооружения.

В зависимости от давления газопроводы разделяются на категории. Глубина заложения этих сетей от поверхности 0,8...1,2 м. На газопроводах устанавливают запорные краны, конденсатосборники, нюхательные трубки, регуляторы давления, газорегуляторные пункты и установки.

Сети теплоснабжения обеспечивают теплотой и горячей водой жилые, общественные и промышленные здания. Теплоснабжение бывает местным (от отдельных котельных) и централизованным (от теплоэлектроцентралей); водяным и паровым. Теплоту подают через трубы прямой подачи (температура $t = 120...150^{\circ}\text{C}$), возвращают к источнику по трубам обратного отвода ($t = 40...70^{\circ}\text{C}$).

Сети теплоснабжения состоят из труб, задвижек, размещаемых в камерах, воздушных и спускных кранов, конденсационных устройств, компенсаторов; диаметр труб – до 400 мм. Сети прокладывают в железобетонных коробах – каналах под землей или на поверхности земли (на опорах, столбах); реже применяют бесканальную прокладку. При массовой плотной застройке трубы проходят через подвальные части зданий. Трубы крепят также на эстакадах или дюкерах, нижних частях конструкций мостов.

Водостоками отводят дождевые и талые воды, а также условно чистые воды (от мытья и поливки улиц и т.п.). Сеть состоит из труб, дождеприемных, смотровых и перепадных колодцев и выпусков в водоемы или овраги. Водостоки бывают открытыми, закрытыми и смешанными. Открытыми водостоками (кюветами, арыками, водоотводными канавами) отводят воду по поверхности, закрытыми – по трубам и коллекторам. Смешанные водостоки содержат те и другие элементы сетей. К водосточным колодцам присоединяют водосточные трубы зданий. Для водосточной сети применяют асбестоцементные и железобетонные трубы диаметром до 3,5 м.

Кабельные сети – это электросети разного напряжения и назначения, телефонные, телеграфные, радио- и телевизионные. Электросети бывают высокого напряжения, уличного освещения, электрифицированного транспорта и слабого тока. Сети состоят из кабелей, распределительных шкафов, трансформаторов.

Кабели прокладывают в грунте по насыпанному песку и затем закрывают кирпичом, в коллекторах или кабельной канализации, в асбестоцементных и керамических блоках. Для протягивания кабелей устраивают смотровые колодцы.

Дренажи применяют для понижения грунтовой воды. Они бывают вертикальные и горизонтальные. Вертикальным дренажем (система

буровых скважин или колодцев) понижают уровень воды на 10 м и больше. Над скважинами устанавливают насосы для откачивания воды. Горизонтальный дренаж состоит из бетонных, керамических, асбестоцементных труб диаметром до 0,2 м. Сохранился еще галерейный дренаж – деревянные, кирпичные, каменные или бетонные короба, в которые вода стекает по лоткам.

В районах Крайнего Севера, где постоянна вечная мерзлота грунтов, в горных и других труднодоступных районах инженерные коммуникации проложены на поверхности земли или над ней.

§ 52. СЪЕМКА И СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНОВ

Геодезическая основа. Положение подземных коммуникаций и сооружений на местности определяют от геодезической основы, в качестве которой используют пункты теодолитных и полигонометрических ходов, красных линий или других линий регулирования застройки. Кроме того, плановой и высотной основами могут служить твердые контурные точки. Их выбирают на капитальных зданиях, постоянных заборах, столбах и других сооружениях, не подлежащих сносу и не подверженных быстрому разрушению.

В качестве съемочного обоснования удобно использовать центры крышек колодцев, расположенных на тротуарах и в непосредственной близости от бортового камня. Центры выбирают таким образом, чтобы между ними была взаимная видимость, а расстояние не превышало 300 м. В обечайке такой крышки высверливают отверстие диаметром 2 мм и глубиной 5 мм и зачеканивают его медной или алюминиевой проволокой.

Центры на капитальных зданиях выбирают на высоте более 1 м от поверхности грунта или на уровне высоты устанавливаемого геодезического прибора. Но во всех случаях эти центры должны быть выше цоколя здания. Если здание протяженное и его углы удалены от коммуникаций или сооружений, поступают так. От угла здания к его середине по стене отмеряют некоторое расстояние и в качестве исходной намечают точку, расположенную на плоскости стены. Можно использовать и продолжение створа существующего здания. Для этого следует отойти от здания и, ориентируясь «на глаз» по створу, выставить вежу. Створ вне здания выбирают не более половины длины здания, но во всех случаях он не должен превышать 60 м.

Если центром основы служит круглый столб, вначале обмеряют его окружность и вычисляют радиус. Измерения делают от внешней плоскости, а за точку основы принимают центр столба. Это делают для того, чтобы использовать один и тот же столб для измерений от него в разных направлениях.

При прокладке трасс коммуникаций и возведении подземных сооружений создают временную высотную геодезическую основу. На незастроенной территории это грунтовые реперы – деревянные столбы

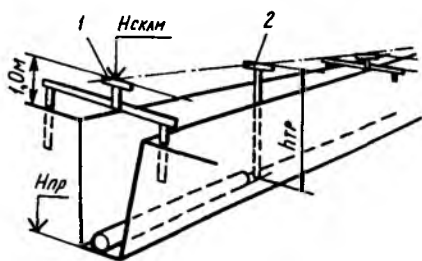


Рис. 107. Схема к съемке способом опорных визирок:

1 — опорная визирка, 2 — ходовая визирка

или отрезки рельсов и труб. Заглубление их в грунт не более 0,5 м, расстояние между ними до 200 м. Реперы располагают вне створа коммуникации трассы и земляных работ. Расстояние между реперами диктуется длиной визирного луча и необходимостью с каждой станции видеть репер. Это удобно при продолжительных работах с одной станции, перерывах в строительных работах.

Когда трассы прокладывают в застроенных районах, высотным обоснованием служат карандашные риски, отнесенные краской, дюбеля, костыли, закладываемые в близлежащие к трассе капитальные здания. Высотным обоснованием при прокладке подземных коммуникаций могут служить также опорные визирки (рис. 107) или строительные скамейки — П-образные деревянные или металлические конструкции, заглубляемые ножами в верхней бровке поперек траншеи на 0,5 м в грунт; их располагают на расстоянии примерно 1,0...1,5 м от краев траншеи. Горизонтальный элемент скамейки располагают на высоте до 1 м от поверхности земли. На него выносят ось *l* прокладки и отметки *Н_{пр}*.

Съемка. При съемке определяют местоположение и глубину заложения подземных коммуникаций. Различают два вида съемки: съемка ранее проложенных и съемка вновь прокладываемых коммуникаций. Съемки ранее проложенных коммуникаций выполняют специализированные организации. Доступ к коммуникациям осуществляют через колодцы или шурфованием (разрытием). Съемки коммуникаций, прокладываемых в процессе строительства (исполнительные), выполняют специалисты строительных организаций.

Исполнительные съемки начинают с рекогносцировки. По топографо-геодезическим данным в натуре отыскивают геодезическую основу и коммуникации, восстанавливают недостающие или утраченные точки и выбирают методы съемки. По каждому виду прокладок уточняют: что требуется снимать, какую информацию дополнительно к геодезическим данным следует отобразить на исполнительной документации.

Как правило, при исполнительной съемке фиксируют такую информацию: по водопроводу — местоположение и отметки — трассы, колодцы, вводы, аварийные выпуски, в том числе пожарные гидранты и поливочно-разборные пункты, артезианские скважины; по канализации, водостоку, дренажу, теплосети — трассы, колодцы, углы поворота, изломы сетей в профиле, в местах присоединений и выпусков, камеры, компенсаторы; по паро-, нефте- и газопроводам — трассы

сетей, углы поворота, камеры, места подключений, вводы, изломы в профиле; по кабельным сетям – трассы, колодцы, распределительные шкафы, трансформаторные подстанции, вводы и подключения.

При составлении зарисовок и сборе информации записывают количество прокладок, отверстий, материал труб, колодцев, каналов, диаметр, давление, напряжение, тип крепления в коллекторах и т. п.

В плановом положении фиксируют ось трубы, кабеля, центр колодца, край коллектора. Если прокладки идут пучком, рядами, блоками, – фиксируют одну сторону. У круглых колодцев снимают центр крышки, у люков прямоугольной формы – два угла. Остальные габариты измеряют и записывают. Это дает возможность при составлении исполнительного чертежа в камеральных условиях нанести габариты трассы по величине привязки.

В высотном положении снимают отметки люков, колодцев, камер, поверхности грунта или дорожных покрытий у колодцев и на переломах профилей, а также характерные точки поверхности грунта, отметки верха труб, кабелей, лотки и перепады или изменения диаметров прокладок.

Вдоль трассы коммуникации снимают в плане полосу шириной не менее 20 м, все подземные сооружения, пересекающие прокладываемую трассу или идущие параллельно и вскрытые траншеей; фиксируют все здания, примыкающие к трассе (местоположение, номер дома, этажность, назначение).

Чаще всего горизонтальную съемку внутриквартальных трасс и сетей коммуникации выполняют от точек капитальной застройки линейными засечками, перпендикулярами, способами продолжения створов и их комбинациями.

Если снимают заглубленные (свыше 1 м) колодцы или другие элементы, их сначала проецируют отвесом на поверхность, а затем делают замеры. Когда снимают внецентренно расположенную над колодцем крышку, по результатам обмеров внецентренность e (рис. 108) вычисляют по формуле: $e = b - a$, где b , a – измеренные радиусы крышки и колодца.

При определении отметок элементов трасс глубокого заложения используют длинные рейки. Погрешности при съемке положения трасс сетей не должны превышать 10 см в плане и 10 мм (самотечные трубопроводы) по высоте при составлении планов в масштабе 1:500. Замеры выполняют рулетками и метрами. Результаты заносят на укрупненный

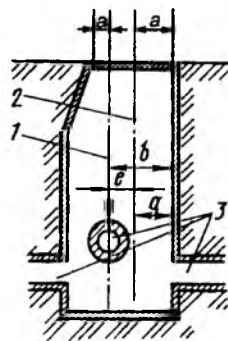


Рис. 108. Схема определения внецентренности обечайки и крышки прокладки:
1 – отвес, 2 – центр крышки,
3 – трубы коммуникаций

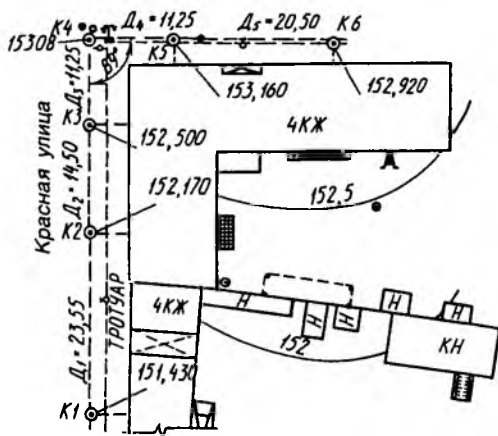


Рис. 109. Пример составления плана по результатам исполнительных съемок для городских застроенных территорий

эскиз колодца, камеры и т.д. Такие эскизы рисуют в поле во время съемки в книжках-журналах и называют *абрисами*.

Составление плана. Планы (рис. 109) составляют по результатам исполнительных съемок. Основой для плана служат топографические планы местности, которые составляют в масштабах проектных чертежей полосами вдоль оси проложенной коммуникации. Как правило, они бывают в масштабе 1:200... 1:5000. Для городских застроенных территорий чаще

применяют масштаб 1:500. На планы этого масштаба наносят все подземные сети и сооружения. Технические характеристики прокладок (диаметр труб, материал, уклон, отметки, расстояния и т.п.) наносят у границ плана, в начале прокладки, а также в местах изменения диаметров, материалов труб, у колодцев. На планах показывают отметки заложения лотков, номера колодцев и вводов, давление, напряжение, сечение, количество прокладок.

План трассы канализации приводят и на профиле (рис. 110). Составление плана начинают со сличения копии топографического плана с абрисами съемки. Изменения (новая застройка, дорожная сеть, трассы коммуникаций) переносят с абрисов на топографический план. После нанесения результатов съемки анализируют достоверность качества материалов и самого процесса нанесения. Материалы, вызывающие сомнения, уточняют и проверяют в натуре или в эксплуатирующих организациях.

Смежные планшеты с уточненными данными стыкуют – сводят по рамкам. Если коммуникация, дорога, здание частично нанесены на предыдущем планшете, его продолжение показывают на смежном. А так как при нанесении возможны погрешности и неточности (графические, деформативность бумаги и пр.), планшеты графически стыкуют или сводят. Изломы и искривления более 0,3 мм недопустимы.

Планшеты вычерчивают цветной тушью. К каждому планшету прилагают формуляр – таблицу с техническими данными о прокладке. Здесь же указывают перечень использованных материалов и фамилии исполнителей.

При составлении планов на площадки с густой сетью коммуникаций дополнительно составляют каталог координат и высот колодцев подземных сетей.

Трубопроводы диаметром 1000 мм и более показывают в масштабе плана, их трассы – с учетом величины и направления смещения крышек люков. Если на плане данного масштаба характеристику коммуникации нельзя изобразить графически, делают пояснительные надписи, например: «бр.» – бронированный кабель, «охр.» – охранная зона. Диаметры труб показывают в миллиметрах, при этом у напорных подписывают наружные диаметры, а у самотечных – внутренние.

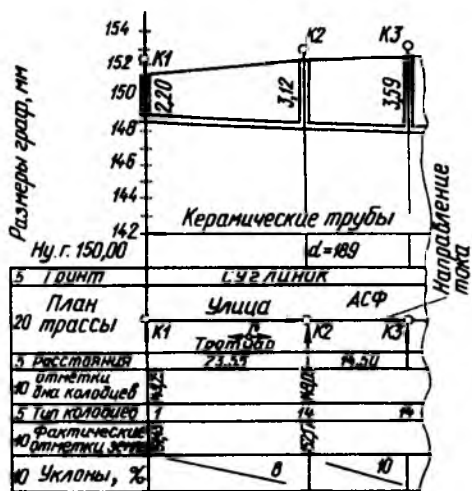


Рис. 110. Профиль трассы канализации

Рис. 110. Профиль трассы канализации

§ 53. ПОИСК ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Местоположение ранее уложенных подземных коммуникаций определяют с погрешностью 10...20 см электронными приборами поиска – трубо- и трассоискателями. При этом не приходится вскрывать поверхность шурфами. Эти приборы изыскатели применяют при составлении топографических планов подземных коммуникаций, строители – для проверки участков, где предполагают применить землеройные механизмы (чтобы не повредить ранее проложенных коммуникаций), эксплуатационники при определении места повреждений.

Принцип действия приборов поиска основан на законах электромагнитной индукции. Вокруг исследуемого проводника-кабеля или трубопровода искусственно создают переменное магнитное поле. В это поле помещают приемник, на концах которого появляются отрицательные и положительные потенциалы.

Приемник представляет собой замкнутый контур, в котором измеряют ЭДС индукции. ЭДС поддерживает в контуре электрический ток. Чем ближе располагают приемник в трассе, тем индукционный ток будет больше.

Для поиска подземных коммуникаций применяют приборы технической точности ИПК-2М, ИПК-3, высокочувствительные ВТР-В, ТПК-1 и колодезискатели КИ-3, ИП-7 и др.

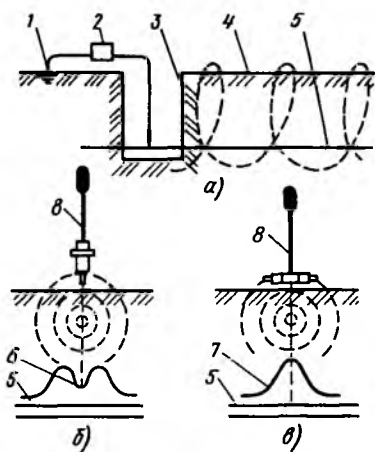


Рис. 111. Схема подключения прибора для поиска подземных коммуникаций (а) и расположение антенн (б, в):
 1 – заземление, 2 – генератор,
 3, 4 – грунт, 5 – трасса, 6, 7 – кривые слышимости, 8 – прибор

Поиск производят как с подключением трассы к источнику (генератору тока) (рис. 111, а), так и без подключения. Если трассу подключают к генератору, способ называют контактным, без подключения – бесконтактным.

При контактном способе генератор заземляют в 10 м от трассы перпендикулярно предполагаемому направлению трассы. Заземление 1 не должно иметь контакта с трассой. Другим проводом генератор 2 соединяют с трассой. Этим способом определяют местоположение металлических трубопроводов, кабелей, а также неметаллических трубопроводов, пропускающих по ним электропроводящую жидкость. При подключении генератора соблюдают следующие правила. До подключения генератора кабель отключают от тока. Генератор 2 присоединяют к трассе или кабелю 5, а затем включают. К металлическим трубопроводам генератор присоединяют в местах, где они выходят на поверхность. Соединительный провод от генератора крепят к прокладкам зажимами, магнитоkontakтами. В качестве заземлителя используют штыри или другие металлические предметы, имеющие надежный и постоянный контакт с грунтом.

При бесконтактном способе заземлители располагают перпендикулярно или параллельно исследуемой трассе. Этим способом определяют местоположение трасс при производстве земляных работ и в том случае, если подсоединение генераторов к прокладкам затруднено. Бесконтактным способом можно определять все действующие кабельные проводки.

В приборе для поиска подземных коммуникаций приемное устройство обычно отделено от генератора. Оно имеет звуковую и визуальную индикацию. Поиск осуществляют приемной антенной 8, которую располагают над предполагаемым местом проложения трассы. В зависимости от угла поворота антенны приемника относительно оси трассы прослушивают максимальное 7 звучание сигнала и отклонение стрелки над осью трассы 5. Поисковый контур (антенна) в этом случае расположен перпендикулярно оси трассы (рис. 111, б). При расположении оси антенны поискового контура параллельно оси трассы (рис. 111, в) фиксируют минимальное отклонение стрелки и громкость звучания сигнала. Как правило, поиск по минимуму 6 звукового сигнала при-

меняют для контроля или уточнения положения трассы, когда, возможно, оно уже определено по максимуму сигнала.

Погрешность определения местоположения коммуникации в зонах уверенной слышимости сигнала характеризуются в плане до 8 см, по высоте до 13 см на каждый метр глубины прокладки от поверхности поиска.

Контрольные вопросы:

1. Какие бывают виды инженерных коммуникаций?
2. Почему нельзя прокладывать газовые и электрокабели в одном коллекторе?
3. Для чего служат исполнительные съемки инженерных коммуникаций?
4. Чем профиль коммуникации отличается от плана? Что у них общего?
5. Каков принцип действия приборов поиска подземных коммуникаций?
6. Какие коммуникации нельзя выявить с помощью трубо- и трассоискателей?
7. Сопоставимы ли точности нанесения коммуникаций на топопланах масштаба 1:500 с погрешностями при их поиске трубоискателями и кабелеискателями? Каковы их величины?

Глава XV

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ РАЗБИВОЧНАЯ ОСНОВА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

§ 54. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Геодезическая разбивочная основа создается в районах строительства в виде развитой сети закрепленных знаками пунктов, привязанных к пунктам государственной геодезической сети. Разбивочная основа обеспечивает исходными данными все последующие геодезические работы, выполняемые при производстве строительных работ. Работы по созданию разбивочной основы выполняют по проекту.

Плановую разбивочную основу создают в виде строительной сетки, системы красных линий регулирования застройки, сетей триангуляции или трилатерации, полигонометрических и линейно-угловых ходов, высотную – в виде нивелирных ходов, которые прокладывают между двумя или более точками ранее проложенных нивелирных ходов более высокого класса. Пункты нивелирных ходов по возможности совмещают с пунктами плановой разбивочной сети.

Пункты геодезической разбивочной основы размещают с учетом взаимной видимости смежных пунктов и так, чтобы визирный луч проходил над поверхностью земли на достаточной высоте (свыше 0,3 м). При проектировании основы для пунктов выбирают места, обеспечивающие максимальную сохранность и устойчивость знаков, учитывают геологические и динамические процессы в районе строительства, а также возможность использовать ее для расширения строительства, его реконструкции и эксплуатации.

При разработке проекта обоснования исходят из особенностей производства строительного-монтажных работ, например учитывают, что после закладки знаков может производиться планировка рельефа. Поэтому отметка верха знака в момент его заложения должна быть на отметке спланированной поверхности. Перед измерениями все створы расчищают и выравнивают.

§ 55. СЕТИ ТРИАНГУЛЯЦИИ, ТРИЛАТЕРАЦИИ, ПОЛИГОНОМЕТРИИ И ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫЕ

Триангуляция (рис. 112, *а-в*) – это метод треугольников, в которых измеряют все углы α и некоторые из сторон S .

Триангуляция как разбивочная основа для строительства создается 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов. Технические характеристики триангуляции приведены ниже.

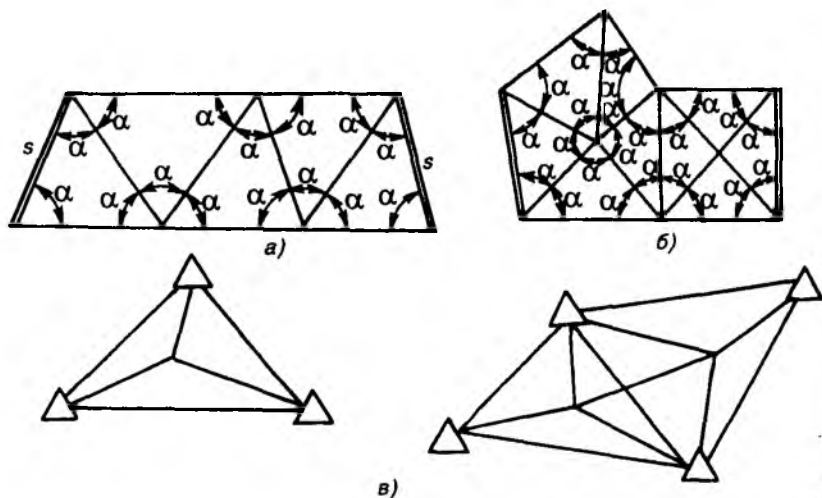


Рис. 112. Схемы триангуляции при строительстве:
а – линейно-протяженных объектов, *б* – городских и промышленных объектов,
в – вставки пунктов в ранее созданные сети

Технические характеристики триангуляций

Показатель	4-класс	1-й разряд	2-й разряд
Длина стороны треугольника, км	1...5	0,5...5	0,25...3
Относительная средняя квадратическая погрешность: базисной (выходной) стороны, не более определяемой стороны сети в наиболее слабом месте, не более	1 : 100 000 1 : 50 000	1 : 50 000 1 : 20 000	1 : 20 000 1 : 10 000
Наименьшее значение угла треугольника между направлениями данного класса (разряда)	20°	20°	20°
Предельная невязка в треугольнике, не более	8"	20"	40"
Средняя квадратическая погрешность измеренного угла (вычисленная по невязкам треугольников), не более	2"	5"	10"
Предельная длина цепи треугольников, км	10	5	3

Углы измеряют теодолитами соответствующей точности, а линии – светодальномером или инварными проволоками. Число приемов измерений, а также допуски на полевой контроль измерений приведены в соответствующих инструкциях.

Трилатерация (рис. 113, а, б) – это также метод построения сети из треугольников. Но в этих сетях измеряют только стороны.

Трилатерация как основа для строительства создается в виде сетей 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов. Технические характеристики трилатерации приведены ниже.

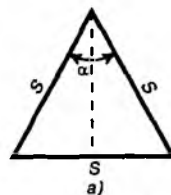


Рис. 113. Схема треугольника (а) и цепочки треугольников сети трилатерации (б)

Технические характеристики трилатерации

Показатель	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
Длина стороны треугольника, км	1...5	0,5...5	0,25...3
Относительная средняя квадратическая погрешность измерения сторон (по внутренней сходимости), не более	1 : 100 000	1 : 50 000	1 : 20 000
Наименьшее значение угла треугольника	20"	20"	20"
Предельная длина цепи треугольников, км.	10	5	3

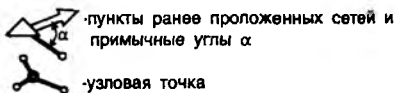
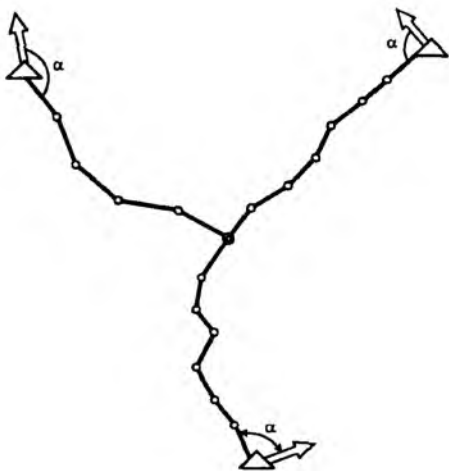


Рис. 114. Схема сети полигонометрии

Полигонометрия (рис. 114) – это один из видов создания разбивочной основы, аналогичный теодолитным ходам. Линии и углы в этих ходах измеряют с большой точностью. В отличие от триангуляции и трилатерации полигонометрия позволяет расположить пункты в стесненных для видимости местах, например, в тоннелях или между высокими зданиями, когда можно обеспечить видимость только в двух направлениях.

Полигонометрию как разбивочную основу строят 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов.

Ходы подразделяют по видам, форме и способам измерения. Ходы бывают разомкнутые и замкнутые, вытянутые, пересекающиеся (с узловыми точками в пересечениях) и в виде системы полигонов. Технические характеристики полигонометрических ходов приведены ниже.

Технические характеристики полигонометрических ходов

Показатель	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
Предельные длины ходов, км....	15	5	3
Периметры полигонов, образованные полигонометрическими ходами в свободных сетях, км, не более	30	15	9
Длины сторон хода, км	0,25...2,0	0,12...0,8	0,08...0,35
Длина хода от узловой точки до пункта высшего класса или разряда, км, не более	7	3	2
Число сторон в ходе, не более	15	15	15
Относительная невязка хода, не более	1:25000	1:10000	1:5000
Средняя квадратическая погрешность измеренного угла (по невязкам в полигонах), не более	3"	5"	10"

Линейно-угловые сети (рис. 115) – это система точек, образующих геометрические фигуры, в которых измерены все углы, все или часть сторон. Такие сети стали возможны в связи с широким распространением светодальномерной техники. Оригинальным с точки зрения ранее известных в геодезической практике построений основ является четырехугольник, в котором не измеряют диагонали. Бездиагональные четырехугольники применяют, как правило, при проектировании и разбивке строительных сеток. Специальные линейно-угловые сети строят для геодезического обеспечения возведения мостов. В таких сетях измеряют все четыре стороны и четыре угла.

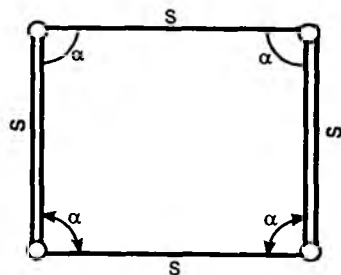


Рис. 115. Схема линейно-угловой сети в виде четырехугольника без измеряемых диагоналей

Линейно-угловые сети позволяют вычислять координаты пунктов точнее, чем в сетях триангуляции и трилатерации, примерно в 1,5 раза при сохранении геометрических параметров и точности измерений.

Все виды сетей проектируют на картах и планах масштаба 1 : 50 000 ... 1 : 2000. При рекогносцировке мест закладки знаков соблюдают следующие условия:

1. избегают закладывать знаки на участках, где на положение знаков может влиять вибрация от промышленных предприятий и других сооружений;

между двумя смежными знаками должна обеспечиваться хорошая видимость, при этом визирный луч при измерении направлений или углов должен проходить не ближе 0,5 м от поверхности земли (или ее покрытий) и местных предметов.

Места, выбранные для установки знаков, должны гарантировать их наибольшую сохранность:

- не устанавливают грунтовые знаки на свеженасыпанном грунте, болотах, оползнях, осыпях и т.п.;

- на незастроенных территориях знаки устанавливают по возможности на бровках дорог;

- не рекомендуют устанавливать знаки на площадях, занятых сельскохозяйственными культурами;

- пункты полигонометрии, где это возможно, закрепляют стенными знаками;

- места установки знаков выбирают с учетом возможности передачи дирекционных углов с пунктов опорных геодезических сетей.

Каждый установленный знак привязывают промерами расстояний не менее чем до трех точек постоянных местных предметов (контуров) с составлением абрисов. Когда грунтовый знак не может быть привязан к местным предметам (контурам), для удобства его нахождения

устанавливают опознавательный столб, который располагают в определенном направлении и на заданном расстоянии от этого знака.

§ 56. ПЛАНОВАЯ РАЗБИВОЧНАЯ ОСНОВА

Построение геодезической разбивочной основы выполняют по проекту (чертежу), составленному на основе генерального и строительного генерального планов объекта строительства. Пункты геодезической разбивочной основы проектируют с учетом размещения на строительной площадке зданий, сооружений и инженерных сетей.

Работы по построению геодезической разбивочной основы начинают с изучения генерального плана, стройгенплана и разбивочного чертежа. На этих чертежах с учетом технологической последовательности строительства намечают места расположения пунктов будущей основы. Пункты на местности закрепляют знаками, которые располагают с учетом обеспечения их сохранности и устойчивости, геологических, температурных, динамических и других процессов. Стараются выбрать места расположения знаков так, чтобы на их устойчивости и сохранности не сказывались неблагоприятные влияния выполнения земляных и других строительных работ.

Плановая разбивочная сеть создается в виде точек строительной сетки, красных линий или других точек линий регулирования застройки.

Строительная сетка представляет собой систему пунктов, расположенных в вершинах прямоугольников, как правило, квадратов со сторонами 100...400 м. Стороны квадратов могут быть равны длине кварталов. Знаки закрепления вершин закладывают на пересечении осей улиц, проездов, параллельных осям сооружений, крупных зданий и других объектов.

Основное требование, которое предъявляют к строительной сетке, – это параллельность координатных осей сетки главным осям строительства. Поэтому сначала ее наносят на генеральный план объекта в виде сетки взаимно перпендикулярных линий. Точки пересечения этих линий имеют координаты. Относительно вершин квадратов строительной сетки определяют координаты углов проектируемых зданий и сооружений.

Одну из вершин сетки, размеченной на генплане, принимают за начало координат. Эту вершину выбирают в юго-западном углу строительной площадки или вне ее с таким расчетом, чтобы основные точки сооружений были заданы с положительными абсциссами и ординатами. Если удастся совместить начало координат с пунктом государственной геодезической сети, это значительно облегчает разбивку сетки на местности и упрощает вычисления.

При перенесении проекта строительной сетки на местность (рис. 116) прежде всего намечают одно или два исходных направления.

Чаще всего для этого используют имеющиеся на объекте пункты геодезической основы, например A и B , координаты которых известны. По генеральному плану, на котором нанесен проект строительной сетки, графически определяют координаты пунктов сетки, задающих исходные направления. По координатам пунктов сетки и геодезических пунктов основы путем решения обратной задачи вычисляют углы α и β и строят их в натуре. Вдоль полученных направлений откладывают отрезки, равные длине стороны строительной сетки. От полученных точек построением прямых углов и отложением длин сторон сетки находят на местности положение всех ее вершин.

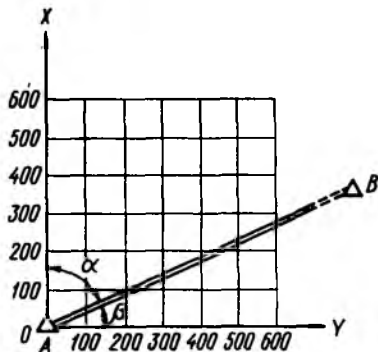


Рис. 116. Перенесение проекта строительной сетки на местность

Вершины строительной сетки закрепляют (рис. 117) железобетонными знаками 3 с металлической пластиной размером 200×200 мм на верхнем торце. Перед установкой знака положение вершины сетки закрепляют двумя створами 1 и 2, по которым забивают кольца. После установки знака натягивают по верхним торцам колец струны и восстанавливают на знаке вершину сетки.

По полученным точкам вершин сетки прокладывают полигонометрические ходы с точностью, задаваемой проектом, и вычисляют их координаты. Эти координаты из-за недостаточной точности первоначальных работ отличаются от проектных. По разности координат $x_0 - x_{\text{выч}} = \Delta x$; $y_0 - y_{\text{выч}} = \Delta y$, где x_0, y_0 – проектные координаты; $x_{\text{выч}}, y_{\text{выч}}$ – вычисленные координаты, решая обратные геодезические задачи, находят α и S , называемые элементами редукции, по которым можно найти на местности проектное положение вершин сетки. По вычисленным элементам редукции составляют листы, на которые выписывают значения и вычерчивают в масштабе 1:1 элементы редукции.

Вынос в натуру элементов редукции (редуцирование) производят так. Устанавливают теодолит над закрепленной точкой

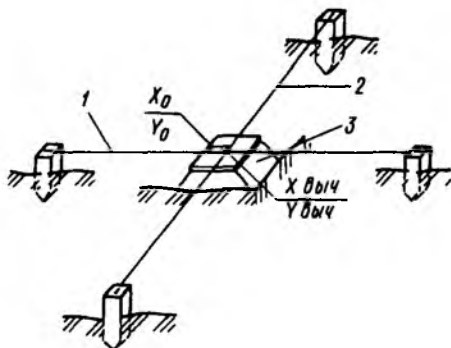


Рис. 117. Закрепление железобетонными знаками вершин строительной сетки: 1, 2 – створы, 3 – знак

и приводят его в рабочее положение. Пусть точка имеет проектные координаты: $x_0 = 500,00$ и $y_0 = 500,00$ и фактические вычисленные координаты $x_{выч} = 500,10$ и $y_{выч} = 499,99$. Трубу последовательно ориентируют по осям x и y , и по створам на расстоянии 5 м от вершины забивают по два кола. На торцах этих кольев отмечают створы x и y . Леску натягивают по осям, совмещают центр на листе редуции с вершиной сетки, ориентируют лист по створам x и y . По намеченным створам откладывают поправки 10 и 1 мм и находят проектное положение вершины.

После уточнения положения всех пунктов сетки производят контрольные измерения. Углы измеряют на пунктах сетки, расположенных в шахматном порядке, линии – по диагоналям квадратов. Если в результате контрольных измерений промахи и погрешности не обнаружены, считают, что редуцирование выполнено правильно и можно принимать координаты всех вершин сетки за проектные.

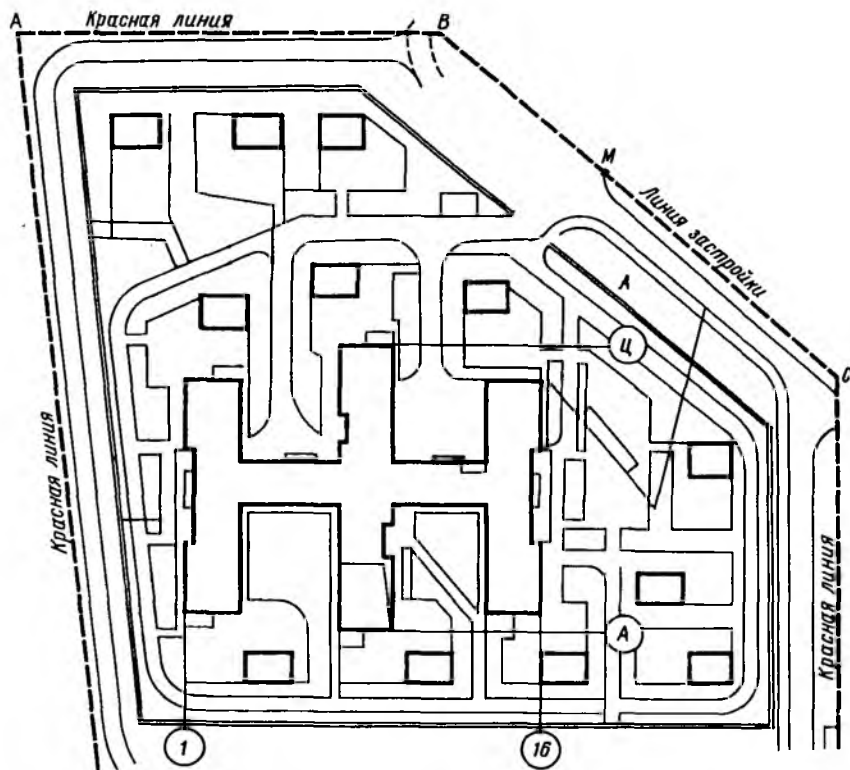


Рис. 118. Красные линии на генплане

При реконструкции разбивку вершин строительной сетки производят от вынесенных в натуру продолжений осей существующих зданий и сооружений.

Границы между улицами и домами внутри квартала, жилыми и промышленными зонами, зонами зеленых массивов называют *красными линиями* (рис. 118). Их форма – прямые и сопрягаемые с ними кривые линии.

Красные линии проектируют на топографических планах. Они состоят из системы пунктов и имеют аналитическую основу: координаты точек, длины сторон, углы между сторонами.

Красные линии проектируют на планах, где уже нанесены основные элементы существующей застройки. Масштабы таких планов, как правило, 1:2000. Отдельные элементы красных линий (пересечения, повороты) проектируют на плане М 1:500.

Исходным материалом для проектирования служат координаты углов уже построенных и не сносимых по реконструкции зданий (опорных). Эти координаты либо определяют от ранее проложенных геодезических сетей, либо снимают графически с плана. Если красные линии продолжают ранее проложенные, исходными данными служат ранее вычисленные координаты пунктов красных линий.

Точки красных линий выносят в натуру теодолитами и стальной рулеткой или лентой. Данные для выноса в натуру вычисляют по координатам геодезической основы, имеющейся в районе застройки, и координатам точек красных линий. Такими данными являются расстояния и углы. Вычисления производят по формулам обратной геодезической задачи. Точки красных линий в натуре закрепляют деревянными кольями, костылями или металлическими штырями. Для контроля по точкам красных линий прокладывают исполнительный ход. Сравнение проектных и фактических данных и редуцирование при необходимости производят способом, изложенным ранее.

§ 57. ВЫСОТНАЯ ОСНОВА

Высотную основу составляют в основном ходы нивелирования 2–4-го классов. Технические характеристики нивелирования приведены ниже.

Высотную основу проектируют на генпланах с топографической основой в масштабе 1:50 000... 1:2000. В проект включают схему нивелирных ходов, чертежи закладываемых знаков, описание ранее заложённых знаков, которые намечено включить в проектируемую основу. Знаки высотной основы размещают так, чтобы отметки на ответственные объекты строительной площадки можно было передать не менее чем от двух знаков, а число станций между знаком и объектом было не более трех. Основу проектируют в виде замкнутых ходов или системы полигонов. Такая густота знаков основы позволяет оперативно выносить отметки в нужное место.

Технические характеристики нивелирования

Показатель	Классы		
	2	3	4
Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм	2	5	10
Допустимая невязка и расхождение сумм превышений прямого и обратного ходов, мм	5	10	20
Максимальная длина хода, км			
замкнутого	40	25	10
между пунктами высшего класса	–	15	5
между узловыми точками	10	5	3
Наибольшее расстояние от нивелира до рейки, м	75	75	100
Наименьшая высота визирного луча над поверхностью, м	0,5	0,3	0,2

В процессе строительства отметки знаков высотной основы могут изменяться. Для контроля возможных изменений эти знаки повторно нивелируют. Периодичность (как правило, 1 раз в два–три года) повторного нивелирования устанавливается проектом.

Нивелирные знаки закладывают в стены капитальных зданий и сооружений, построенных не менее чем за два года до закладки знака. Марки закладывают на высоте 1,5...1,7 м, реперы – на высоте 0,3...0,6 м над поверхностью земли (тротуара, отмостки и т.п.). Грунтовые реперы закладывают только при отсутствии капитальных зданий и сооружений.

Места закладки грунтовых реперов выбирают по возможности на выходах коренных (предпочтительнее – скальных) пород, на участках с глубиной залегания грунтовых вод не менее 4 м и благоприятными условиями стока поверхностных вод. Эти участки выбирают в местах, которые не заливаются полыми водами и не располагаются вблизи оползней и карстовых образований. Наиболее благоприятные грунты для закладки реперов – пески и супеси.

На все заложенные нивелирные знаки составляют абрисы. Местоположение знаков зарисовывают или фотографируют.

§ 58. ЗНАКИ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПУНКТОВ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ

Для закрепления пунктов разбивочной основы чаще всего используют грунтовые железобетонные конструкции. При наличии в районе строительства капитальных зданий или сооружений знаки плановой и высотной основ могут быть маркированы (окрашены) на внешних плоскостях этих зданий или сооружений.

Знаки закладывают заранее, но во всех случаях не позднее, чем за десять дней до начала строительства. Производитель геодезических работ изучает техническую документацию и осматривает в натуре эти знаки. Приемку геодезической разбивочной основы заканчивают составлением акта, после чего за сохранность и устойчивость знаков этой основы отвечают строители.

У знаков геодезической разбивочной основы (рис. 119, а...г) ставят деревянные или металлические ограждения (рис. 119, д). В землю знаки

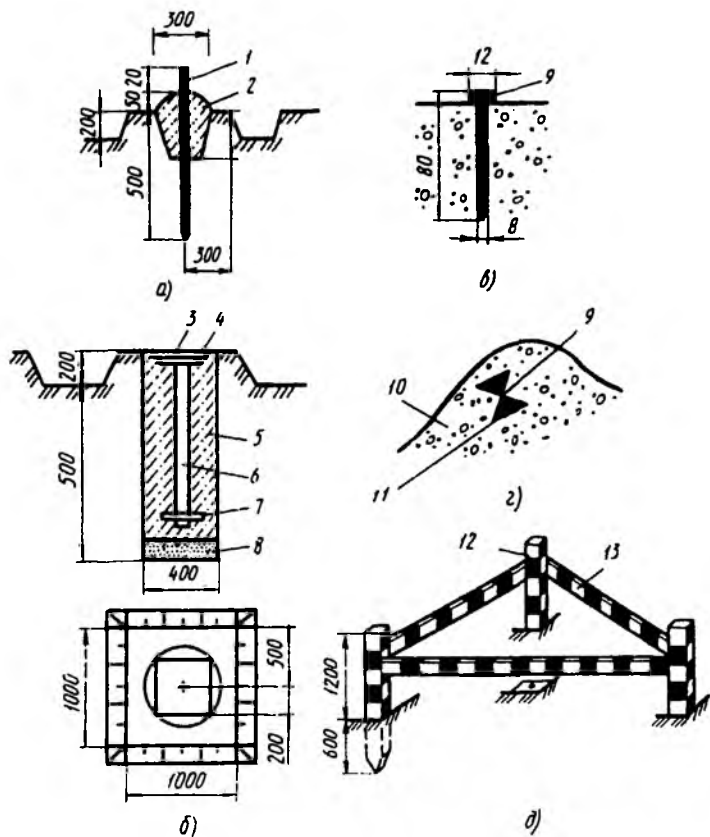


Рис. 119. Геодезические знаки закрепления основы:
 при продолжительности строительства до полугода (а), свыше
 полугода (б), на скале (в), в бетоне (г), ограждение знака (д):
 1 – металлический стержень, 2, 5 – бетонное основание,
 3 – металлическая пластинка, 4 – заклепка из металла, 6 – анкер,
 7 – металлическая труба, 8 – якорь, 9 – дюбель, 10 – скала, бетон,
 11 – откраска, 12 – деревянный столб (или металлическая труба),
 13 – доска (или металлический уголок)

заглубляют ниже линии промерзания грунта зимой в данной местности. При этом при продолжительности строительства свыше полугода заглубление увеличивают на 0,2 м.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды разбивочной основы создают для строительства?
2. В чем сходство и различие между триангуляцией, трилатерацией, полигонометрией и линейно-угловыми сетями?
3. Что такое элементы редукции?
4. Для чего нужны красные линии?
5. Как определяют положение красной линии в натуре?
6. Какие меры принимают для обеспечения сохранности знаков геодезической основы?
7. Каковы типовые фигуры сетей?

Глава XVI

ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

§ 59. ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Объекты строительства подразделяют на здания и сооружения. Здания бывают жилые, общественные и производственные. К сооружениям относят электростанции, каналы, подземные коммуникации водопровода, канализации, тепло- и электроснабжения, мосты, дороги, телебашни, тоннели.

По конструкции здания бывают с несущими стенами, например, крупнопанельные (рис. 120, *а*), каркасные (рис. 120, *б*) и объемно-блочные (рис. 120, *в*).

Как правило, сооружения возводят из монолитного железобетона с частичным включением элементов заводского (сборного) изготовления. Транспортные сооружения прокладывают как из труб (все виды подземных коммуникаций), так и из других материалов.

По капитальности, эксплуатационным качествам, назначению, архитектуре, долговечности, огнестойкости, качеству наружной и внутренней отделки здания и сооружения делятся на классы. К высшему (I) классу относят здания и сооружения, к которым предъявляют повышенные требования, а к низшему (IV) – здания и сооружения с минимальными требованиями. Так, автомобильную дорогу между городами Москвой и Санкт-Петербургом относят к сооружениям транспорта I класса, а дорогу от фермы к деревне – IV класса.

Объемно-планировочные решения зданий и сооружений устанавливаются нормами площадей и объемов. Для помещений производствен-

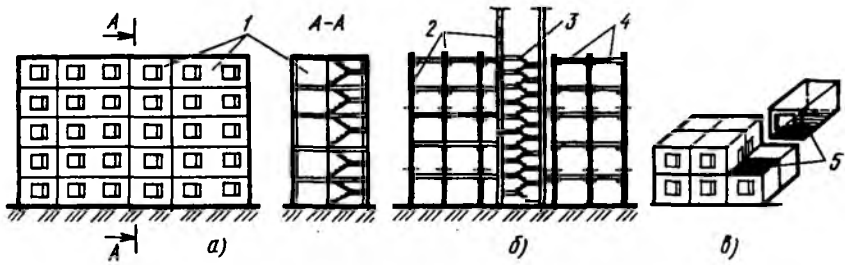


Рис. 120. Конструктивные схемы зданий:

a – крупнопанельного с несущими стенами, *б* – каркасного, *в* – объемно-блочного;
 1 – панели стен, 2 – колонны, 3 – лестницы, 4 – ригели, 5 – объемный блок

ных зданий исходят из необходимости размещать оборудование, машины и агрегаты, для жилых и общественных зданий – нормами площадей на одного живущего или пребывающего в служебном помещении.

При проектировании зданий, сооружений, их элементов, строительных конструкций пользуются модульной системой координации размеров в строительстве (МКРС), которая предусматривает предпочтительное применение прямоугольной модульной пространственной системы (рис. 121, *a*). Реже применяют косоугольные (рис. 121, *б*) и центрические (рис. 121, *в*), линейные и другие системы.

Модуль – условная единица измерения, применяемая для координации размеров зданий и сооружений, их элементов, строительных конструкций, изделий и элементов оборудования (машин, механизмов). Модульная система устанавливает правила назначения основных раз-

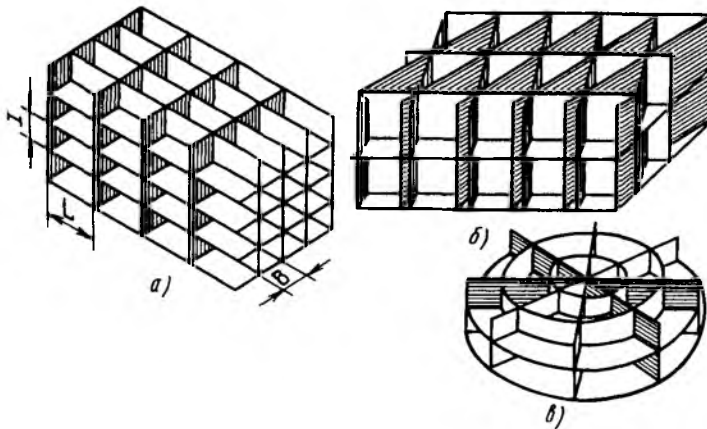


Рис. 121. Прямоугольная (*a*), косоугольная (*б*) и центрическая (*в*) пространственные системы зданий

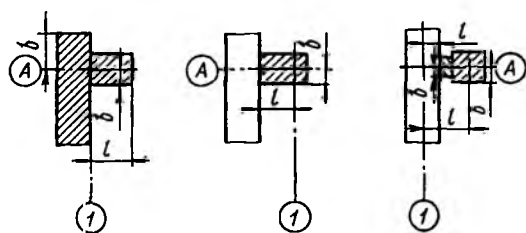


Рис. 122. Привязка строительных элементов (заштрихованы) к осям I и A

меров (шагов L , B и высот этажей H) и координационных размеров элементов (l , b , h).

Основной модуль – 100 мм, обозначается буквой M . Наряду с основным модулем применяют укрупненные модули (мультимодули): 60М; 30М; 15М; 3М, соответственно равные 6000; 3000;

1500; 1200; 600; 300 мм. Более мелкие – дробные – модули (субмодули) – 1/2М; 1/5М; 1/100М, что соответственно равно 50, 20, 1 мм.

Расположение и взаимосвязь конструктивных элементов координируют привязкой их к координационным осям (рис. 122). Размеры L , l , B , b , H , h (см. рис. 121) строительных объемов конструкций переносят в натуру с определенными погрешностями, которые называют допусками и определяют геодезическими приборами и инструментами с определенной точностью. Назначение точности геодезических построений МКРС, или разбивки, приведено в Строительных нормах и правилах (СНиП) на геодезические работы.

В соответствии с привязкой элементов к МКРС их устанавливают, укладывают, монтируют и проверяют правильность выполненных работ. Проверку правильности, или выверку, конструкции производят с применением геодезических приборов и шаблонов.

§ 60. ОСИ, ОТМЕТКИ, УКЛОНЫ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ

Геометрическими параметрами зданий и сооружений являются расстояния и углы между осями, отметки, уклоны, а также предельные отклонения, с которыми эти параметры необходимо получить в натуре.

По назначению оси зданий и сооружений бывают главные, основные и вспомогательные (детальные). Главными осями линейных сооружений служат их продольные оси, для зданий – оси симметрии. Основные оси определяют габариты зданий и сооружений. Вспомогательными осями обозначают положение и размеры строительных деталей и конструкций (рис. 123).

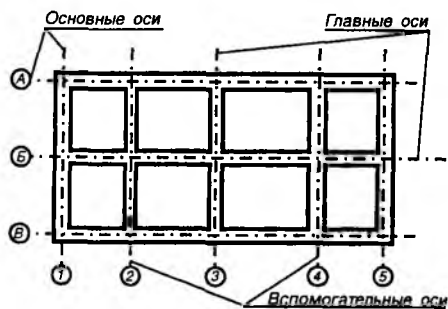


Рис. 123. Оси здания

На чертежах наносят координационные разбивочные оси зданий и сооружений – линии (направления), имеющие координаты и определяющие положение зданий и отдельных их частей в натуре, а также трасс коммуникаций. Оси проводят штрихпунктирными линиями с длинными штрихами и обозначают или маркируют их цифрами или буквами в кружках диаметром 6...12 мм.

Для маркировки (рис. 124) разбивочных осей служат арабские цифры и прописные буквы русского алфавита за исключением букв З, И, О, Х, Ы, Ь, Ъ. Оси маркируют слева направо и снизу вверх и располагают по левой и нижней сторонам здания или сооружения. Если расположение осей противоположных сторон не совпадает, в местах расхождения разбивки маркировку наносят дополнительно по правой и верхней сторонам плана. Это необходимо учитывать при детальной разбивке осей зданий и сооружений сложной конфигурации.

Как правило, каждое здание имеет самостоятельную маркировку осей, а в типовых зданиях или секциях они могут повторяться. Таким образом, на одном и том же разбивочном чертеже могут размещаться здания и сооружения с одинаковой маркировкой осей, например ось А может быть у корпусов 407 и 409.

В ссылках на места расположения элементов по отношению к разбивочным осям указывают марки осей, например: колонна на пересечении осей Б–12, панели по оси А между осями 1–21, подземные трассы на участке между осями: 1–21 и А–В.

Отметки на разрезах и фасадах наносят, как показано на рис. 125. Высоты плоскостей, уровней и отдельных точек зданий и сооружений задают от условной поверхности (в зданиях от уровня покрытия пола первого этажа). Для каждого сооружения условная поверхность соответствует абсолютной отметке, которая указывается в проекте.

На планы наносят: разбивочные оси здания, сооружения или трассы, отметки уровней покрытия полов, толщины стен и перегородок и привязку их к разбивочным осям или поверхностям ближайших конструкций, размеры и при-

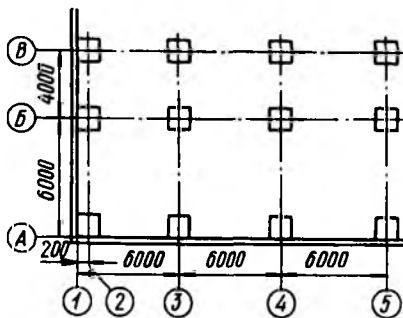


Рис. 124. Маркировка осей на плане

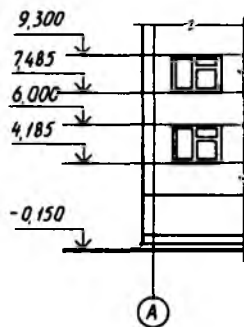


Рис. 125. Изображение отметок на чертеже фасада здания

вязку проемов, отверстий в стенах и перегородках, а также другие геометрические размеры, необходимые для геодезических разбивок элементов здания.

На разрезах, используемых при геодезических построениях как необходимый справочный материал, показывают: разбивочные оси, отметки земли, уровня покрытия пола, этажей; размеры проемов в стенах и перегородках и привязку их к осям; расстояние между разбивочными осями и привязку наружных стен к разбивочным осям. На схемах указывают размеры и марки элементов сборных конструкций, монолитных участков и соединительных изделий. Особыми значками показывают разметку для установки в проектное положение элементов конструкций, имеющих несимметричное расположение закладных деталей и другие отличительные признаки.

Кроме того, на схемах расположения фундаментов и других подземных конструкций приводят размеры фундаментов, толщины подбетонков, привязки к координационным осям. Цифры указываются, как правило, до миллиметров. Размеры углов наносятся числами и размерными линиями. Числовые значения показывают до секунд.

На чертежах генерального плана отметки обозначают в соответствии с установленными правилами выполнения топографических чертежей.

Значения уклонов (тангенс угла наклона) указывают в виде простой или десятичной дроби с точностью до второго и третьего знаков соответственно.

Предельные отклонения размеров, необходимые для правильного производства геодезических работ, указывают непосредственно после номинальных размеров, например, $25,000^{+0,005}_{-0,010}$ или $25,000 \pm 0,010$.

Общее число размеров на чертежах указывается минимальным, но достаточным для выполнения и контроля правильности и точности работ. Размеры, не подлежащие измерению по данному чертежу, на нем не показывают.

§ 61. ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Возведение зданий, сооружений, промышленных объектов, подземных коммуникаций осуществляют по проектам. В состав проектов входят чертежи и пояснительные текстовые материалы.

Проектирование зданий и сооружений осуществляют в две стадии: проект и рабочая документация. Серийные типовые здания проектируют привязкой готовых проектов зданий к местным условиям строительства. Такое проектирование ведут в одну стадию – создают рабочий проект, в котором технический проект совмещают с рабочими чертежами.

В состав рабочих чертежей входит графическая и текстовая документация для производства геодезических работ. После окончания

производства геодезических работ создают исполнительную документацию, которая показывает, что и как построено, какие изменения допущены по сравнению с проектом, с какой точностью запроектированное возведено.

Рабочие чертежи состоят из комплектов. Каждому комплекту присваивают наименование и марку, например, «Генеральный план и сооружения транспорта» (ГТ), «Архитектурно-строительные решения» (АС), «Конструкции железобетонные» (КЖ), «Конструкции металлические» (КМ) и др.

Комплект рабочих чертежей марки ГТ включает в себя чертежи, выполняемые на топографической основе: ситуационный план, генеральный план, план подземных коммуникаций, картограмму земляных работ и др.

В состав чертежей АС входят планы основных зданий, разрезы с изображением основных конструкций, планы трасс и профилей подземных коммуникаций, планы осей, этажей, ярусов, разрезы, фасады, а также привязка всех элементов к осям.

Разделы проекта организации строительства (ПОС) и производства работ (ППР) включают в себя основные чертежи по организации и технологии геодезических разбивочных и выверочных работ. В ПОС и его геодезической части – проекте организации геодезических работ (ПОГР) – приводят схемы построения геодезической основы, проектируют организацию работ и точность ее осуществления. В ППР и его геодезической части – проекте производства геодезических работ (ППГР) – приводят основную технологию производства геодезических работ в процессе осуществления проекта. Это часть проекта – организующая возведение здания в соответствии с намеченной геометрией возводимого объекта.

§ 62. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ НА ЧЕРТЕЖАХ

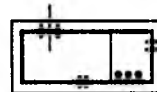
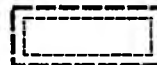
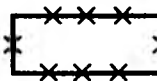
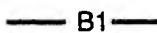
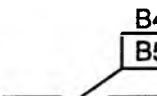




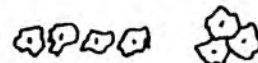

Размещением зданий, сооружений и коммуникаций в районе строительства занимается проектная организация, которая вначале разрабатывает принципиальную планировочную структуру, объемно-пространственную композицию проектируемого объекта, включающую в себя генеральный план строительства.

На основании генерального плана разрабатывают разбивочные чертежи. Система высот на разбивочных чертежах соответствует системе отметок, принятой при топографической съемке. Размеры и отметки высот (уровней), размеры углов и уклонов указывают с привязкой к геодезической основе плана.

Если на листе разбивочного чертежа одно изображение или несколько одномасштабных, то их масштаб указывают в основной надписи листа после его наименования. Если же на листе помещено несколько разномасштабных изображений, масштаб указывают под каждым из них.

Условные изображения существующих зданий, сооружений, инженерных сетей, транспортных устройств и природных объектов, реперов, знаков геодезической разбивочной основы принимают по «Условным знакам для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500».

Условные обозначения, применяемые на разбивочных чертежах

<p>Здание (сооружение) проектируемое: наземное, с указанием отмостки и числа этажей (более одного)</p>	
<p>подземное</p>	
<p>Здание (сооружение), подлежащее сносу</p>	
<p>Инженерная сеть подземная при одиночной прокладке в траншее</p>	
<p>Инженерные сети подземные при групповой прокладке: в траншее</p>	
<p>в непроходимом канале</p>	
<p>Дождеприемник</p>	
<p>Красная линия</p>	
<p>Условная граница территории</p>	
<p>Деревья рядовой и групповой посадки: лиственные</p>	
<p>хвойные</p>	

Здания, сооружения, подземные трассы на чертежах изображают методом прямоугольного проецирования (рис. 126, а, б).

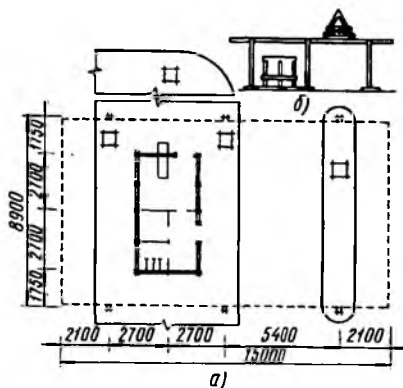


Рис. 126. Примеры чертежей, выполненных прямоугольным проецированием:
а – план, б – вид сбоку

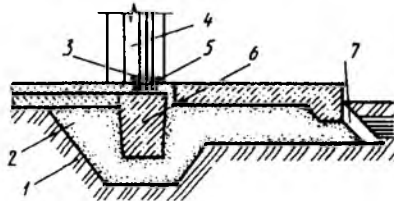


Рис. 127. Сечение фундамента:
1 – грунт, 2 – песок, 3 – дерево, 4 – часть конструкции, не попавшей в сечение, 5 – арматура, 6 – железобетон, 7 – глина

На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости (рис. 127).

На чертежах приводятся геометрические параметры, которые необходимо знать при выполнении геодезических работ на строительных объектах.

§ 63. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ЧЕРТЕЖИ ДЛЯ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Исходными данными для разбивочных работ служат графоаналитические чертежи проектов.

На графической части проектов кроме основной ситуации показывают схему размещения знаков геодезической разбивочной основы, конструкцию знаков, направления выполнения измерений и т. д. Аналитическая часть исходных данных содержит каталог координат и высот знаков разбивочной основы, спецификации материалов и изделий для закладки знаков разбивочной основы и другую необходимую для разбивочных работ информацию.

Геодезическая разбивочная основа состоит из сетей строительной площадки (рис. 128) и внешней сети зданий. Чертежи сетей строительной площадки составляют в масштабе генерального плана. Системы координат пунктов сетей могут быть общегосударственными и условными, установленными для данной строительной площадки. Высотные сети создаются ходами нивелирования II–IV классов. Отметки пунктов высотных ходов, как правило, вычисляют в Балтийской системе высот.

Исходные данные для геодезических разбивочных работ здания или сооружения указывают на разбивочных чертежах (рис. 129): зна-

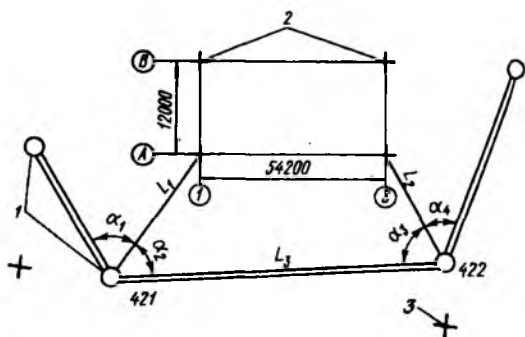


Рис. 128. Разбивка осей зданий от геодезической основы: 1 – знак геодезической основы, 2 – точка пересечения габаритных осей, 3 – пересечение координатной сетки плана

ки плановой и высотной геодезической основы и аналитические данные для разбивки – углы α , расстояния L .

Для обозначения осей строительной сетки на разбивочном чертеже указывают буквенные индексы A, B (рис. 129). Горизонтальную ось обозначают буквой A , вертикальную – B . У индекса ставят цифры, соответствующие числу сотен метров. Координаты начинают от точки $0A$ и $0B$.

По горизонтали оси обозначают: $0A, 1A$ и т.д., по вертикали $7B, 8B$ и т.д. Если промежуточные оси строительной сетки наносят на плане масштаба $1:500$, то обозначают так: $0A \pm 50; 1A; 1A + 50$ и т.д. Координаты точек обозначают по типу: $0A + 15,50; 7B + 89,00$ и т.д. Если здания привязаны к красной линии, строительную сетку не наносят.

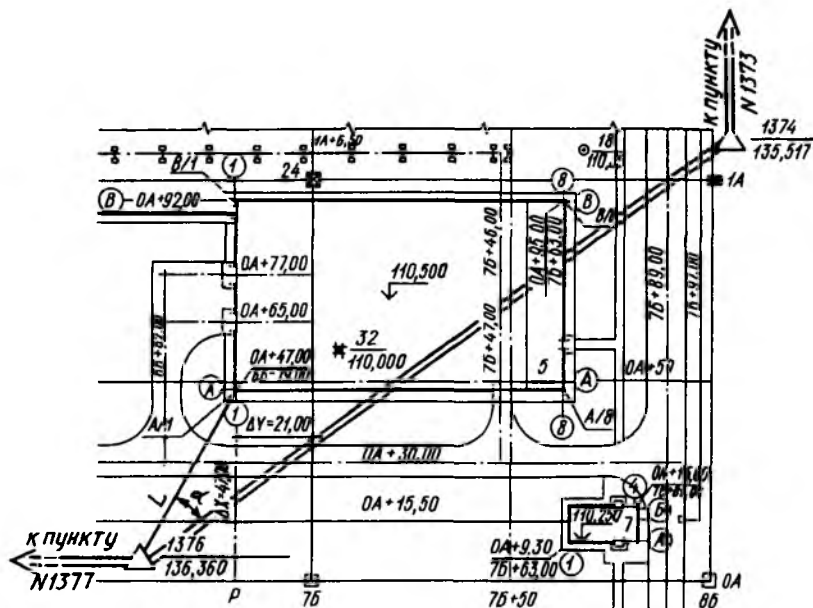


Рис. 129. Разбивочный чертеж

Контуры проектируемых зданий и сооружений, оград и других элементов на разбивочные чертежи наносят по осевым размерам. При контуре зданий и сооружений показывают его номер или шифр (5, 6), координаты точек пересечения осей $1/A$ и их маркировку $\frac{0A+47,00}{6B+79,00}$, отметку (110,500), соответствующую условной нулевой отметке. Для концентрических сооружений указывают координаты центра и одной характерной точки, для трасс подземных коммуникаций – координаты начала и конца, колодцев, всех углов поворота и т.д.

Если строительную сетку на разбивочном чертеже не показывают, то приводят все данные привязки к точкам красных линий или другим исходным точкам (рис. 130, а...в). Вокруг зданий наносят расстояния привязки, отступок, въездных пандусов, площадок у входов.

Разбивочные чертежи дорог и благоустройства несколько отличаются от общестроительных разбивочных чертежей. На разбивочный чертеж автомобильной дороги наносят ось дороги с координатами, границу проезжей части, бордюров, обочин и т.д.

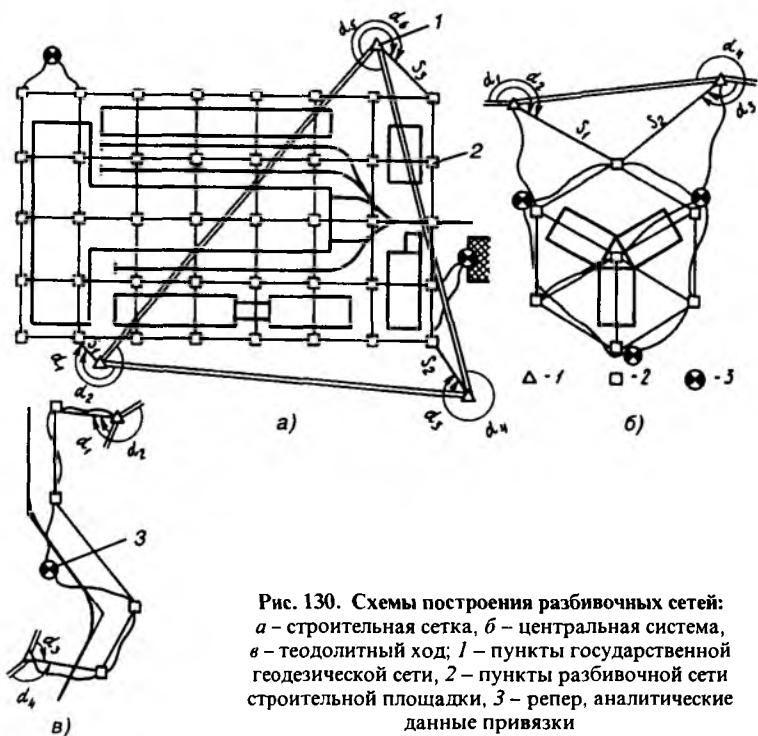


Рис. 130. Схемы построения разбивочных сетей: а – строительная сетка, б – центральная система, в – теодолитный ход; 1 – пункты государственной геодезической сети, 2 – пункты разбивочной сети строительной площадки, 3 – репер, аналитические данные привязки

Элементы разбивочного чертежа горизонтальной планировки и благоустройства территории привязывают к капитальным зданиям, сооружениям или дорогам.

§ 64. СТРОИТЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

На строительном генеральном плане (СГП) дополнительно к координатной привязке объекта строительства показывают расстановку основных монтажных и грузоподъемных механизмов, временных зданий, сооружений и установок, возводимых и используемых в период строительства. Этот план определяет состав и размещение объектов строительного хозяйства (рис. 131).

Началом разбивочных работ на площадке является вынос в натуру ее границ и временных сооружений. Графическая часть СГП включает в себя их изображение в условных знаках, а аналитическая – размеры объектов и расстояние между ними и другие необходимые размеры и отметки.

Основанием для размещения объектов на площадке являются вынесенные в натуру оси зданий или сооружений, проходящие по контуру. От них выносят в натуру временные здания, сооружения, дороги.

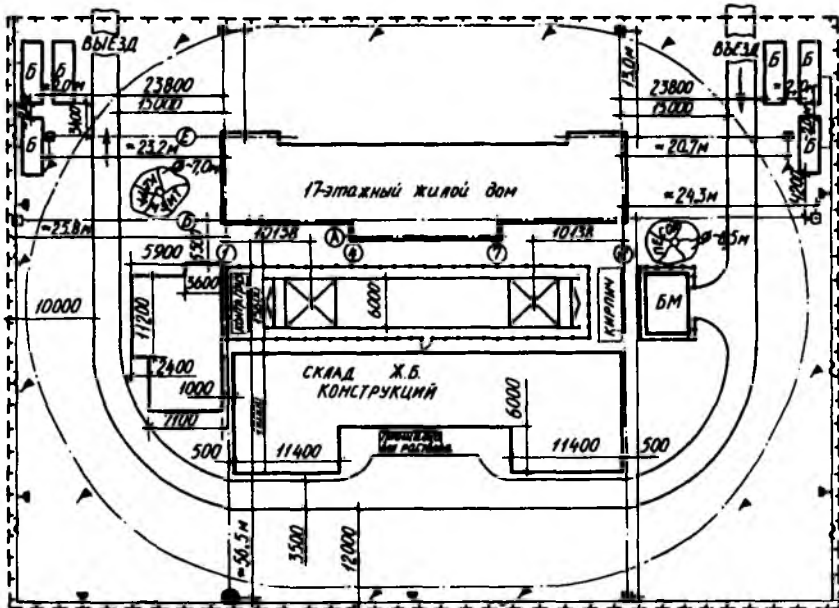


Рис. 131. Строительный генеральный план с взаимной увязкой размеров временных и постоянных сооружений

Временные сооружения можно выносить до вертикальной планировки рельефа на объекте строительства, особенно в тех случаях, когда отличие запроектированного рельефа от фактического незначительно. Если планировку территории застройки делают до начала строительства, то после выноса в натуру осей объектов строительства и временных обустройств вершины знаков располагают на отметке будущей планировки.

Контрольные вопросы:

1. Что такое модуль? Чему равно $5M$ и $1/5M$?
2. Какие виды чертежей входят в проект?
3. Какая аналитическая информация необходима для разбивочных работ?
4. Как маркируют пересечения осей?
5. Чем отличается генеральный план от строительного генерального плана?

Глава XVII

ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

§ 65. ВИДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Проектирование, а в последующем и строительство инженерного сооружения ведется на основе комплекса специальных работ, называемых *инженерными изысканиями*. Основная задача инженерных изысканий – изучение природных и экономических условий района будущего строительства.

Изыскания, как и проектирование, делятся на стадии. Каждая стадия изысканий должна обеспечивать материалами соответствующую стадию проектирования. В связи с этим различают изыскания предварительные, на стадии проекта, на стадии рабочей документации.

Изыскания делятся на экономические и технические. Экономические изыскания проводят с целью определения экономической целесообразности его строительства сооружения в конкретном месте с учетом обеспеченности его строительными материалами, сырьем, транспортом, водой, энергией, рабочей силой и т.п. Экономические изыскания обычно предшествуют техническим. Технические изыскания ведут для того, чтобы дать исчерпывающие сведения о природных условиях участка с целью наилучшего учета и использования их при проектировании и строительстве.

Для оценки участка предполагаемого строительства комплексно проводят следующие изыскания: инженерно-геодезические, инженерно-геологические и гидрогеологические, гидрологические, климатологи-

ческие, метеорологические, почвенно-геоботанические и др. Инженерно-геодезические, инженерно-геологические и гидрогеологические, а также гидрологические изыскания – основные, их выполняют в первую очередь на всех типах сооружений.

Инженерно-геодезические изыскания позволяют получить информацию о рельефе и ситуации местности и служат основой не только для проектирования, но и для проведения других видов изысканий и обследований. В процессе инженерно-геодезических изысканий выполняют работы по созданию геодезического обоснования и топографической съемке в разных масштабах на участке строительства, производят трассирование линейных сооружений, геодезическую привязку геологических выработок, гидрологических створов, точек геофизической разведки и многие другие работы.

Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания дают возможность получить представление о геологическом строении местности, физико-геологических явлениях, прочности грунтов, составе и характере подземных вод и т.п. Эти сведения позволяют сделать правильную оценку условий строительства сооружения.

Гидрологические изыскания дают сведения о водном режиме рек и водоемов. В процессе гидрологических изысканий определяют характер изменения уровней, уклоны, изучают направление и скорости течений, вычисляют расходы воды, производят промеры глубин, ведут учет наносов и т.д.

Содержание и объем инженерных изысканий определяется типом, видом и размерами проектируемого сооружения, местными условиями и степенью их изученности, а также стадией проектирования. Различные виды сооружений, технология строительства которых имеет много общего и изыскания для которых проводятся по схожей схеме, могут быть объединены в группы: площадочные и линейные сооружения. К площадочным сооружениям относятся: населенные пункты, промышленные предприятия, аэропорты и т.п., к линейным – дороги, линии электропередач, трубопроводы и т.п.

Порядок, методика и точность инженерных изысканий устанавливаются строительными нормами: СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства» и СП 11-04-97.

§ 66. ИЗЫСКАНИЯ ПЛОЩАДОЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Состав и объем инженерных изысканий зависят от размеров площадочных сооружений. Состав изысканий на небольших площадках ограничивается основными изысканиями: инженерно-геодезическими, инженерно-геологическими, гидрологическими. Для больших площадочных сооружений выполняют все инженерные изыскания: инженерно-геологические, инженерно-геодезические, гидрологические, климатологические, почвенно-геоботанические и санитарно-гигиенические;

для земельно-хозяйственного устройства, озеленения и вертикальной планировки территории; по инженерным сетям, транспорту, строительным материалам и т. п.

Каждая площадка, которая предназначается для строительства сооружения, должна отвечать определенным техническим требованиям, удовлетворяющим условиям нормальной эксплуатации и минимальных затрат на подготовительные работы и освоение. Поэтому одна из важнейших задач изысканий – выбор в данном районе площадки с заданными техническими требованиями.

Площадку выбирают по возможности в малопересеченной, мало пригодной для сельского хозяйства местности с благоприятными для строительства геологическими и гидрогеологическими условиями. Размеры площадки и ее конфигурация должны соответствовать размерам проектируемого сооружения и расположению коммуникаций с учетом перспективы его расширения в будущем. Площадка должна располагаться таким образом, чтобы ее можно было соединить с ближайшими железно- и автодорожными магистралями без большого объема земляных работ и возведения больших мостовых переходов, которые не только удорожают строительство, но и удлиняют сроки освоения площадки.

Рельеф площадки должен быть спокойным, с уклоном в одну сторону или от середины к краям, обеспечивающим быстрый сток поверхностных вод. Желательно, чтобы общее направление горизонталей было вдоль длинной стороны площадки. Для того чтобы вертикальная планировка не требовала большого объема земляных работ, минимальные уклоны местности должны составлять 0,003...0,005, максимальные – 0,06...0,08.

Грунты площадки должны выдерживать давление 0,15 МПа, чтобы при строительстве зданий и сооружений можно было обойтись без устройства дорогостоящих фундаментов. Уровень грунтовых вод должен быть ниже отметок дна подвалов и галерей. Участок не должен затопляться высокими паводковыми водами.

Промышленные предприятия, города и населенные пункты нуждаются в больших количествах воды, поэтому при выборе места для таких сооружений важно предусмотреть наличие водных источников. Кроме того, эти объекты в периоды строительства и эксплуатации должны обеспечиваться хорошими подъездными дорогами, газом, электроэнергией, топливом, водой в бассейнах для сброса технических вод.

Вблизи обособленно расположенных промышленных объектов, аэропортов, гидроузлов должен быть участок свободной территории для строительства жилого поселка. Наличие вблизи площадки карьеров строительных материалов значительно удешевляет и ускоряет строительство.

Выбор площадки начинают в камеральных условиях. Сравнением вариантов выбирают наиболее выгодную площадку для полевого обследования. В натуре в первую очередь уточняют инженерно-геологи-

ческие и гидрогеологические условия площадки; обследуют возможные подходы подъездных железных и шоссейных дорог, намечаемые выпуски канализационных коллекторов; определяют примерные расходы на подготовительные работы по освоению площадки; согласовывают возможность отвода территории, присоединения трасс и ряд других организационных вопросов.

Для разработки проекта намеченную площадку и часть прилегающей к ней территории снимают в масштабе 1:2000 с сечением рельефа через 1 м. Дополнительно по имеющимся планам и картам, обновленным и дополненным на местности, составляют ситуационный план района строительства в масштабе 1:10000...1:25000. На этот план наносят контуры площадок промышленного предприятия, жилого поселка, водозаборных и очистных сооружений, существующие автомобильные и железные дороги, реки, населенные пункты, лесные массивы, карьеры и месторождения строительных материалов, подсобные предприятия, а также намечают трассы подъездных дорог, водоводов, выпусков канализации и др.

Одновременно с топографической съемкой производят крупномасштабную инженерно-геологическую съемку площадки. Для составления рабочих чертежей площадку для основных сооружений снимают в масштабе 1:1000...1:500 с сечением рельефа через 0,5 м и проводят на ней детальную инженерно-геологическую и гидрогеологическую разведку. Съемку площадки производят топографическими или фотограмметрическими методами. На стадии изысканий под проект наиболее целесообразно проводить аэрофотосъемку в масштабе 1:7000...1:10000, с тем чтобы можно было ее использовать для составления подробного плана площадки в масштабе 1:2000 и карты района строительства в масштабе 1:10000.

При изысканиях площадки на стадии рабочей документации основные сооружения и участок жилого поселка снимают в масштабе 1:1000...1:500. В таких же масштабах снимают застроенные территории с густой сетью подземных коммуникаций. Съемка может быть выполнена как фотограмметрическими, так и геодезическими методами. При слабо выраженном рельефе часто производят нивелирование поверхности по квадратам 20×20 или 40×40 м. Независимо от метода съемки на площадке должен быть изображен рельеф, закоординированы углы капитальных зданий и сооружений и узловые точки коммуникаций, занивелированы полы зданий и складских площадок, бровки дорог, колодцы и т. д.

§ 67. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Трасса и требования к ней. В ходе изысканий для линейных сооружений в первую очередь решают вопрос о плановом и высотном положении трассы.

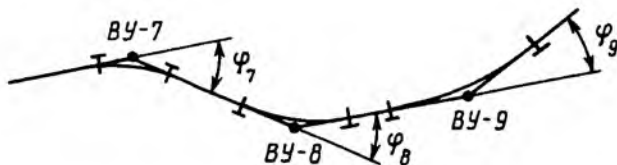


Рис. 132. Элементы плана трассы

Трасса – линия, определяющая ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности, нанесенная на карту или заданная координатами основных точек в цифровой модели местности. Основные элементы трассы: план – ее проекция на горизонтальную плоскость и продольный профиль – вертикальный разрез по проектируемой линии сооружения. В плане трасса должна быть по возможности прямолинейной, так как всякое отклонение от прямолинейности приводит к ее удлинению и увеличению стоимости строительства, затрат на эксплуатацию. В продольном профиле трассы должен обеспечиваться определенный допустимый уклон.

В условиях реальной местности одновременно трудно соблюсти требования к плану и профилю, так как приходится искривлять трассу для обхода препятствий, участков с большими уклонами рельефа и неблагоприятных в геологическом и гидрогеологическом отношении. Таким образом, план трассы (рис. 132) состоит из прямых участков разного направления, которые сопрягаются между собой кривыми с различными радиусами. Продольный профиль трассы состоит из линий различных уклонов, соединяющихся между собой вертикальными кривыми. На некоторых трассах (электропередачи, канализации) горизонтальные и вертикальные кривые не проектируют и трасса представляет собой пространственную ломаную линию.

В зависимости от назначения трасса должна удовлетворять определенным требованиям, которые устанавливаются техническими условиями на ее проектирование. Так, для дорожных трасс основные требования – плавность и безопасность движения с расчетными скоростями. Поэтому на дорожных трассах устанавливают максимально допустимые уклоны и минимально возможные радиусы кривых. На самотечных каналах и трубопроводах необходимо выдерживать проектные уклоны при допустимых скоростях течения воды. Степень искривления трассы определяется значениями углов поворота. Углом поворота трассы называют угол с вершиной φ , образованный продолжением направления предыдущей стороны и направлением последующей. На трассах магистральных железных дорог, трубопроводов и линий электропередачи (ЛЭП) углы поворота не должны превышать

15...20°. Это приводит к незначительному удлинению линии будущей дороги или трубопровода.

Прямолинейные участки трасс железных и автомобильных дорог, трубопроводов сопрягаются в основном круговыми кривыми, представляющими собой дугу окружности определенного радиуса. На железных дорогах минимально допустимые радиусы 400...200 м, на автомобильных в зависимости от категории дороги – 600...60 м, на каналах – не менее пятикратной ширины канала (ирригационные каналы) или шестикратной длины судна (судоходные каналы), на трассах трубопроводов – $1000 d$, где d – диаметр трубопровода.

На железных и автомобильных дорогах при радиусах кривых, соответственно меньших 3000 и 15000 м, для более плавного и безопасного движения устраивают сложные кривые – круговые с переходными.

Важнейший элемент профиля трассы – ее продольный уклон. Чтобы соблюсти определенный допустимый уклон, особенно в сложной пересеченной местности, приходится не только отступать от прямолинейного следования трассы, но и увеличивать длину (развивать трассу). Необходимость развития трассы чаще всего возникает в горной и предгорной местностях. На трассах магистральных железных дорог I и II категорий уклон не должен превышать 0,012, а на дорогах местного значения – 0,020; на горных дорогах, где применяется транспорт с усиленной тягой, уклоны могут достигать 0,030; на автомобильных дорогах уклоны колеблются в пределах 0, 040...0,090. На трассах ирригационных и водопроводных каналов уклоны, которые назначают из расчета получения так называемых неразмываемых и незаиляемых скоростей течения воды по каналу, составляют 0,001...0,002. На трассах напорных трубопроводов уклоны могут быть весьма значительными, а для ЛЭП они практически не имеют значения.

Радиусы вертикальных кривых в зависимости от вида сооружения и направления кривой (выпуклая, вогнутая) колеблются в широких пределах – 10000...200 м.

Инженерно-изыскательские работы. Комплекс инженерно-изыскательских работ по проложению трассы, отвечающей всем требованиям технических условий и требующей наименьших затрат на ее возведение и эксплуатацию, называется *трассированием*.

Оптимальную трассу находят технико-экономическим сравнением различных вариантов. Если трассу определяют по топографическим планам или аэрофотоматериалам, трассирование называют *камеральным*, если ее выбирают непосредственно на местности – *полевым*.

При трассировании различают плановые и высотные (профильные) параметры. К плановым параметрам относятся углы поворота, радиусы горизонтальных кривых, длины переходных кривых, прямые вставки; к высотным – продольные уклоны, длины элементов в профиле («шаг проектирования»), радиусы вертикальных кривых. Для одних сооружений (самотечные трубопроводы, каналы) наиболее важно выдержать

продольные уклоны, для других (напорные трубопроводы, линии электропередачи и связи) уклоны местности мало влияют на проект трассы и ее стремятся выбрать наиболее короткой, расположенной в благоприятных условиях. При трассировании дорожных трасс необходимо соблюдать как плановые, так и профильные параметры. Независимо от характера линейных сооружений и параметров трассирования все трассы должны вписываться в ландшафт местности, не нарушая природной эстетики. По возможности трассу располагают на землях, которые имеют наименьшую ценность для народного хозяйства.

Технология изысканий линейных объектов определяется стадиями изысканий.

На стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) проводят рекогносцировочные работы. Их выполняют главным образом камеральным путем, изучая имеющиеся на район изысканий топографические карты, материалы инженерно-геологических съемок, данные изысканий прошлых лет. По этим данным намечают на карте несколько вариантов трасс и по каждому из них составляют продольный профиль. Путем технико-экономического сравнения выбирают из вариантов наиболее выгодные для дальнейшего обследования и разрабатывают техническое задание на проектирование.

На стадии изысканий под проект по заданному в техническом задании направлению трассы выполняют детальные камеральное и полевое трассирования, в процессе которых выбирают наилучшую трассу и собирают материалы для разработки проекта этого варианта трассы и сооружений на ней.

Для составления рабочего проекта трассы производят предпостроечные полевые изыскания. В процессе полевых изысканий на основании проекта трассы и рекогносцировки местности определяют в натуре положение углов поворота и производят трассировочные работы: вешение линий, измерение углов и сторон хода по трассе, разбивку пикетажа и поперечных профилей, нивелирование, закрепление трассы, а также при необходимости дополнительную крупномасштабную съемку переходов, пересечений, мест со сложным рельефом и т. д. Одновременно выполняют инженерно-геологическую разведку, гидрометрические измерения на водотоках, почвенные и другие обследования трассы, окончательно согласовывают трассу.

Контрольные вопросы:

1. Какие бывают виды изысканий?
2. Что входит в состав топографо-геодезических изысканий?
3. Каков состав работ при изыскании площадочных сооружений?
4. Что такое трасса линейного сооружения?
5. Какие работы выполняют при изысканиях трасс линейных сооружений?

Глава XVIII

РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

§ 68. РАЗБИВКА ОСЕЙ

Разбивки зданий, сооружений и трасс коммуникаций начинают с выноса в натуру двух крайних точек, определяющих положение наиболее длинного створа на возводимом объекте. Вынос в натуру осей производят от ближайших пунктов геодезической основы способом прямоугольных или полярных координат, угловых или линейных засечек. Все эти способы предусматривают построение на местности проектных или разбивочных углов и расстояний.

При построении проектного угла одна точка B (вершина угла) и исходное направление BA обычно бывают заданы. Необходимо на местности отыскать второе направление, которое образовывало бы с исходным проектный угол (рис. 133, a). В данном случае BA – исходное направление, B – вершина проектируемого угла.

Работы ведут в следующем порядке. Сначала устанавливают теодолит в точку B , наводят зрительную трубу на точку A и берут отсчет по лимбу. Далее прибавляют к этому отсчету проектный угол и, укрепив алидаду, устанавливают вычисленный отсчет. Теперь визирная ось зрительной трубы теодолита указывает второе искомое направление. Это направление на соответствующем проекту расстоянии фиксируют на местности в точке C_1 . Аналогичные действия выполняют при другом круге теодолита и отмечают на местности вторую точку C_2 . Из положения двух точек берут среднее.

Для построения проектной длины линии необходимо от исходной точки в заданном направлении отложить расстояние, горизонтальное проложение которого равно проектному значению. Поправки в линию за компарирование, температуру и наклон местности можно вводить непосредственно в процессе ее построения. Эти поправки вводят со знаками, обратными тем, которые учитывают при измерении линий.

Пусть, например, при выносе в натуру проектной линии использовался мерный прибор, длина которого при температуре работы была меньше его номинальной длины. В этом случае отложенная линия будет короче проектной, следовательно, поправку надо вводить со знаком «плюс». Если же мерный прибор при температуре измерения имеет длину, большую номинальной, при отложении линии поправка будет иметь знак «минус».

Так как все размеры в проекте приведены к горизонту, при отложении проектного размера на наклонной местности он укорачивается. Следовательно, поправку необходимо вводить со знаком «плюс».

Способ прямоугольных координат (рис. 133, b и $в$) применяют при наличии на площадке строительной сетки ($7B$, $7B$, $0A$, $1A$) или

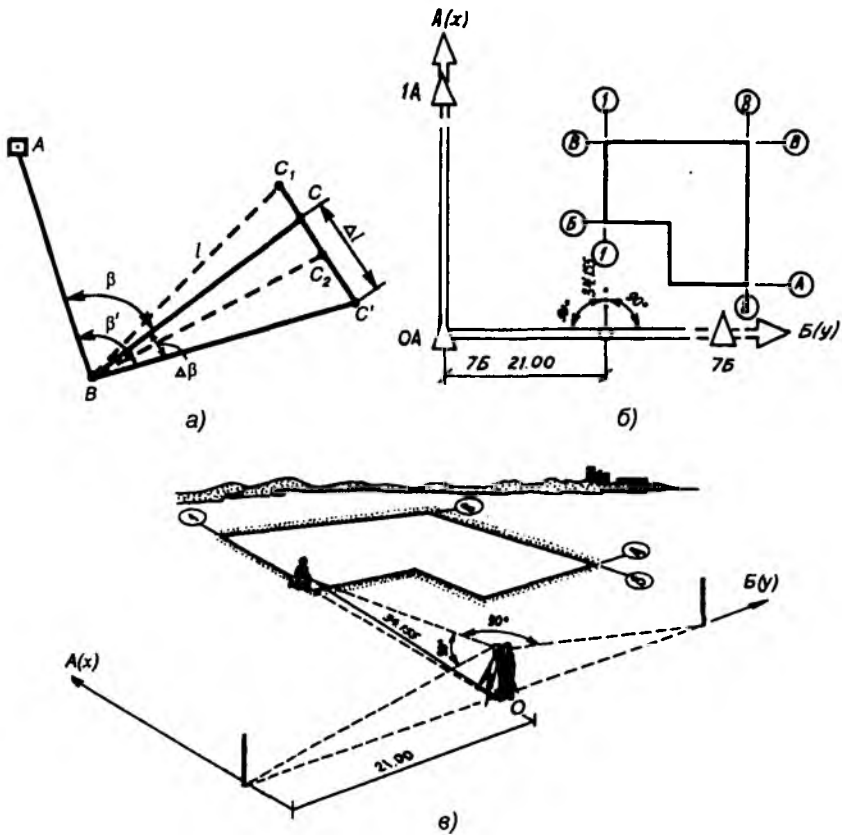


Рис. 133. Разбивка углов (а); то же способом прямоугольных координат (б), аналитическая схема с данными для разбивки; процесс разбивки (в)

ранее возведенных зданий и сооружений. При этом необходимо, чтобы оси разбиваемого здания 1-8, А-В или сооружения были параллельны сторонам строительной сетки. Расстояния Δx , Δy указывают на генеральном плане или вычисляют по формулам:

$$\Delta x = x_{0A} - x_{1A}; \quad \Delta y = y_{6B} - y_{1A}.$$

По створу между знаками строительной сетки откладывают расстояние $\Delta y = 21,00$ м и фиксируют на местности точку Р. Устанавливают над точкой Р теодолит и строят от створа стороны сетки прямой угол. По перпендикуляру откладывают расстояние $\Delta x = 47,00$ м и фиксируют точку А/1. Аналогичные построения выполняют от знака строительной сетки 0А/8В и фиксируют точку А/8. По известным расстояниям между осями получают остальные точки – В/1 и В/8.

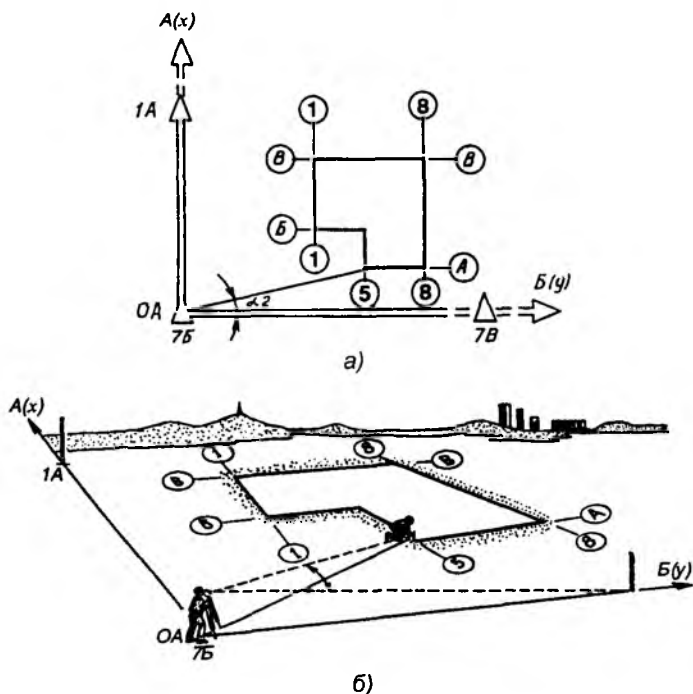


Рис. 134. Разбивка способом полярных координат:
 а – аналитическая схема с данными для разбивки, б – процесс разбивки

При этом большее расстояние откладывают по стороне сетки или параллельно более длинной стороне существующего здания, а меньшее – по перпендикуляру к ней.

Способ полярных координат (рис. 134, а) применяют главным образом для выноса в натуру с пунктов геодезической основы красных линий, точек пересечения продольных и поперечных осей зданий, сооружений, а также колодцев и углов поворота трасс коммуникаций. Для этого необходимо предварительно определить проектные углы α и расстояние.

Вынос производят следующим образом. Сначала устанавливают теодолит на точке $OA/7B$ (рис. 134, б), затем ориентируют трубу по точке $7B$ и по углу α_2 фиксируют направление на точку $A/1$. Длину створа линии определяют «на глаз», но всегда принимают несколько больше проектного значения L_1 . Далее откладывают расстояние L_1 и получают на местности точку $A/1$.

Способом угловой засечки (рис. 135, а) с известных точек 421 и 422 по проектным углам β и α определяют на местности положение третьей точки A . Точка A будет находиться на пересечении

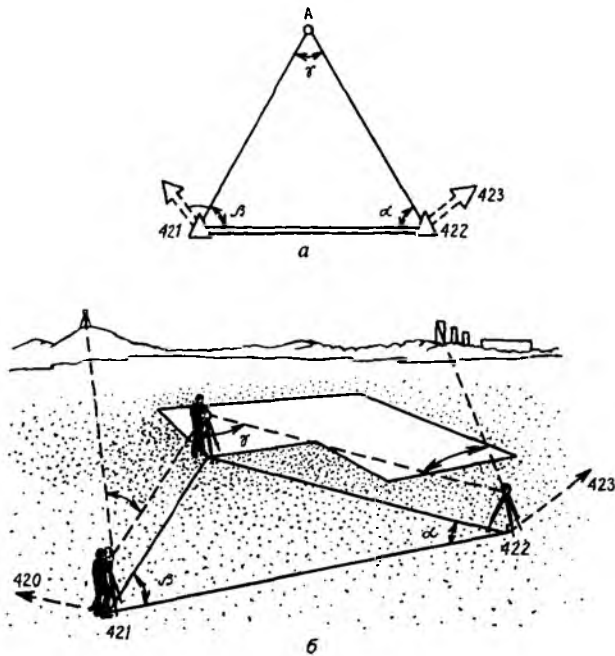


Рис. 135. Разбивка способом угловой засечки:
а – схема, б – процесс разбивки

створов линий $421-A$ и $422-A$; ее определяют построением углов α и β . Для контроля разбивки точки угловой засечкой измеряют третий угол γ в точке A (рис. 135, б).

При детальной разбивке применяют створно-линейную засечку (рис. 136). При этом положение точки P на местности определяется в створе линий, закрепленных знаками на противоположных сторонах от определяемой точки. Створно-линейную засечку применяют преимущественно в том случае, когда выносимая точка является промежуточной.

Способом линейной засечки (рис. 137) определяют на местности положение точки A , если известны две другие точки – 421 , 422 . К центру точки 421 прикладывают нулевой штрих рулетки и откла-

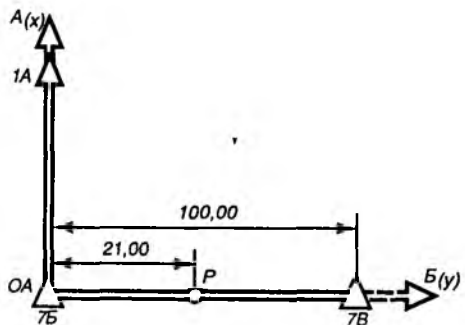


Рис. 136. Разбивка способом створно-линейной засечки

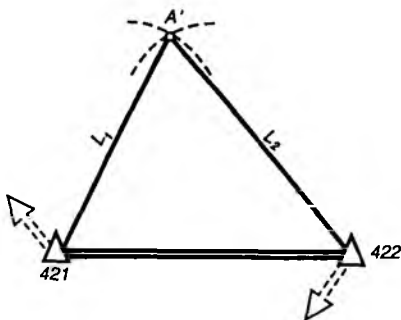


Рис. 137. Разбивка способом линейной засечки

дывают проектное расстояние S_1 , маркируя его линией, проводимой по дуге окружности. Радиус окружности принимают равным проектному расстоянию S_1 . Аналогично из центра точки 422 проводят дугу окружности радиусом, равным проектному расстоянию S_2 . Пересечение двух дуг покажет местоположение разбиваемой точки A .

Как правило, способ линейной засечки применяют только для разбивки таких сооружений, у которых длины сторон базиса (линии $B-5$ и $B-6$) и засечек (L_1 и L_2) не превышают длины мерного прибора.

После подготовки аналитических данных составляют разбивочный чертеж (рис. 138, а).

Разбивку осей, проходящих по габаритам зданий, производят в такой последовательности.

Установив теодолит над точкой B (рис. 138, б) и приведя его в рабочее положение, трубу ориентируют по точке A . По полученному створу измеряют длину линии в прямом и обратном направлениях. Далее вычисляют среднее значение измеренного расстояния $L_{B-6_{пр}} - L_{B-6_{обр}} = L_{B-6_{ср}}$. Разность среднего $L_{ср}$ и проектного $L_{пр}$ — значений — поправка, на которую необходимо сместить точку 6. Положительный знак поправки означает, что точку следует сместить дальше от точки B , отрицательный — ближе к точке B .

Ориентируя трубу по точке A , в направлении «пятна» застройки откладывают угол. Получают направление на точку 5,

по которому откладывают проектную длину линии в прямом и обратном направлениях. После введения поправки $L_{ср} - L_{пр}$ фиксируют точку 5. В особых случаях можно проверить правильность получения точки 5, повторив такие же измерения, что и на точке 6.

Далее теодолит перемещают в точку 5 и приводят в рабочее положение. Трубу теодолита

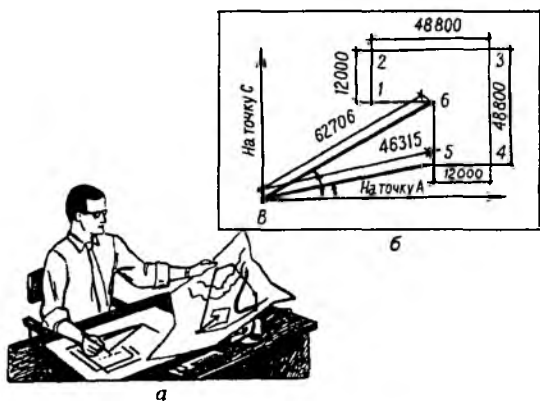


Рис. 138. Составление разбивочного чертежа (а) и вынесение в натуру (б)

ориентируют по точке *б* и от направления на точку *б* откладывают угол 90° . По полученному направлению откладывают проектную длину и фиксируют точку *1*. Аналогично получают точки *3*, *2*, *1* и вновь *б*.

Для контроля разбивки измеряют диагонали *1-3*; *2-4* и др. После этого разности между измеренными и проектными длинами, отнесенные к их длине, сравнивают с допустимыми.

Построением и измерением проектных углов и длин аналогично получают положение всех точек пересечения основных осей. Положение промежуточных, створных и других точек получают при более детальной разбивке, но уже в пределах определенной по контуру фигуры (отрезка).

В дальнейшем точки *1* (рис. 139) пересечения осей здания закрепляют створными знаками *2*. Для этого теодолит вновь устанавливают последовательно над точками *A/1* и *B/8*. Приведенный в рабочее положение теодолит на точке *A/1* ориентируют по точке *A/8*. По горизонтальному кругу дважды откладывают (при двух кругах) угол 180° .

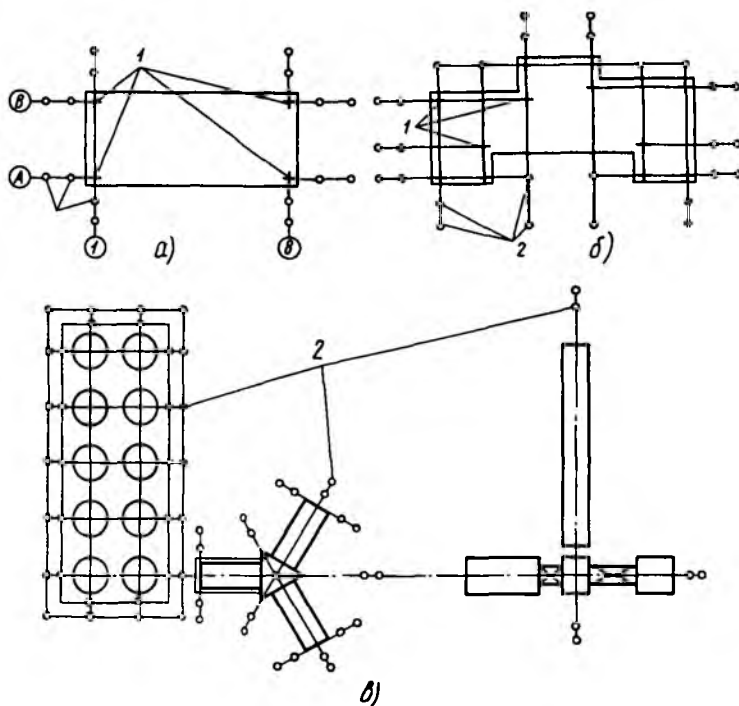


Рис. 139. Схемы размещения знаков закрепления осей зданий:
а – простой конфигурации, *б* – усложненной конфигурации,
в – связанных единой технологической цепочкой;
1 – знаки закрепления створов осей, *2* – точки пересечения осей

На расстоянии не менее полуторной высоты здания створ оси закрепляют знаками. Расстояние от возводимого сооружения до знака принимают приблизительно равным высоте сооружения. При наличии в створе закрепляемой оси капитальных зданий или сооружений полученное направление маркируют на них краской.

Расстояние створных знаков закрепления осей от точек $A/1$, $A/8$, $B/1$ и $B/8$, а также расстояние между створными знаками на одной оси измеряют и в дальнейшем используют для получения точек пересечения створов осей.

§ 69. ПЕРЕНЕСЕНИЕ ОСЕЙ НА МОНТАЖНЫЕ ГОРИЗОНТЫ

Разбивка осей на исходном горизонте – плоскости первоначальных геодезических построений – не может обеспечить необходимыми геодезическими данными весь процесс возведения зданий или сооружений. Поэтому оси или их створы переносят на разные уровни производства строительных работ – монтажные горизонты.

Оси переносят с помощью теодолитов, зенит-приборов, надири-приборов либо отвесов. Перенесение осей теодолитами производят наклонным лучом, зенит-приборами и отвесами по вертикали.

Перенесение осей здания наклонным лучом производят с точек их закрепления створными знаками. За исходную точку при разбивке принимают точку пересечения продольной фасадной и поперечной (основной) осей, а за исходное направление – направление продольной фасадной оси. Если здание или сооружение имеет вытянутую конфигурацию, за исходное направление при разбивке принимают самый длинный створ.

Перенесение осей на монтажный горизонт, например на дно котлована (рис. 140) с уровня закрепления знаков исходного горизонта, выполняют в такой последовательности.

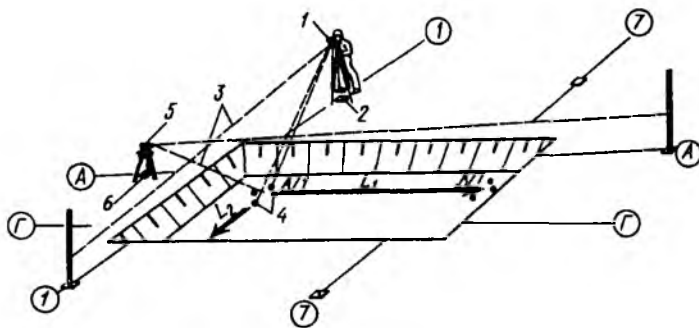


Рис. 140. Перенесение осей на дно котлована:
1, 5 – теодолиты, 2, 6 – знаки закрепления створов осей,
3 – визирный луч, 4 – колья в створе осей

Сначала находят положение точки $A/1$. Для этого теодолит I устанавливают и приводят в рабочее положение над знаком 2 закрепления створа поперечной оси. Трубу теодолита ориентируют вдоль створа оси (визирным лучом) 3 и в месте пересечения поперечной оси с продольной фасадной осью забивают колья 4 , маркируя на их верхних торцах створ оси. Между кольями по маркированному створу натягивают шнур-причалку, леску (струну).

Далее переставляют теодолит в точку 6 , приводят в рабочее положение и центрируют. Трубу теодолита ориентируют вдоль створа продольной оси. По створу поперечной оси перемещают кол до пересечения его со створом продольной фасадной оси. Кол ориентируют вдоль поперечной оси по натянутой леске. Точку пересечения осей закрепляют, забивая кол. На верхнем торце кола крестом маркируют точку $A/1$.

Для нахождения положения точки $A/7$ теодолит устанавливают и приводят в рабочее положение над полученной точкой $A/1$. Трубу теодолита ориентируют вдоль створа продольной фасадной оси и по створу оси A рулеткой откладывают проектное расстояние L_1 . Затем трубу теодолита ориентируют вдоль поперечной оси и рулеткой откладывают проектное расстояние L_2 .

Для нахождения положения точки $\Gamma/7$ теодолит устанавливают и приводят в рабочее положение над точкой $A/7$. Трубу теодолита ориентируют вдоль створа продольной оси и, отложив угол 90° , рулеткой отмеряют проектное расстояние между осями A и Γ .

Правильность переноса осей проверяют измерением расстояния между точками $A/1$ и $\Gamma/7$ и диагоналей полученного четырехугольника.

При возведении зданий с глубокими котлованами ($H > 12$ м), зачастую ограниченными отвесными откосами (шпунт, стена в грунте) перенос осей на дно котлована производят в несколько приемов. Как правило, пересечение осей A и I (рис. 140) со стоянок теодолитов (1,5) не может быть определено, так как отсутствует видимость. Определяют точки пересечения осей A и 7 , Γ и I и установив теодолит на эти точки, ориентируясь по створам A и I , производят дальнейшие построения как описано выше.

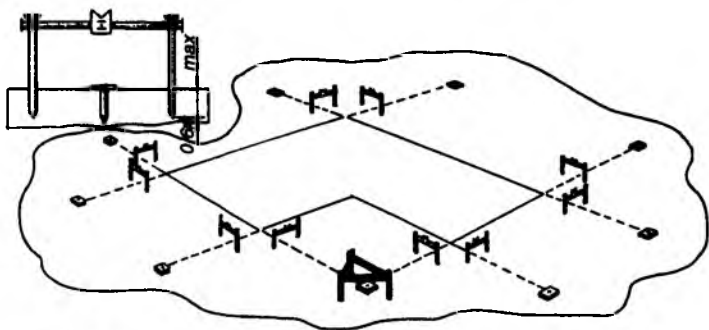


Рис. 141. Геодезическое обоснование «пятна» застройки до начала работ

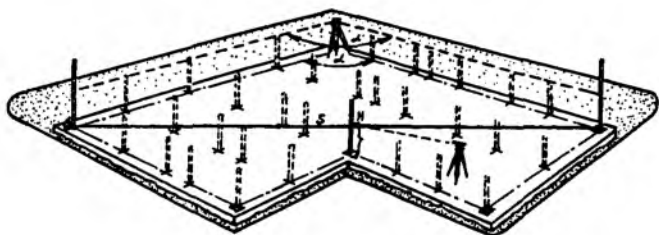


Рис. 142. Геодезический контроль после отрытия котлована

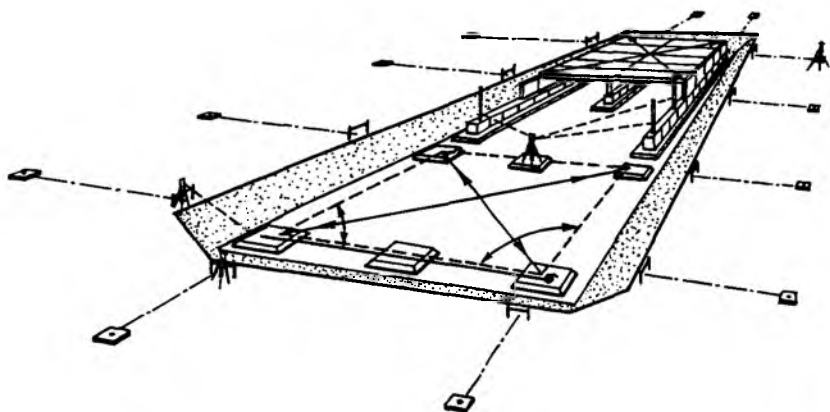


Рис. 143. Последовательность выполнения геодезических работ при возведении подземных частей здания

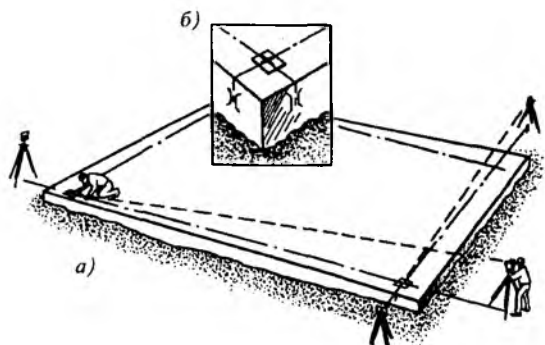


Рис. 144. Геодезическое обоснование после завершения строительства подземной части (а) и закрепление осей на цокольных частях стен и перекрытий (б)

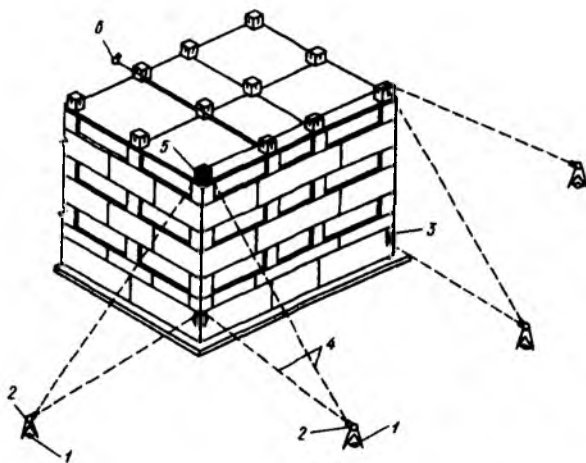


Рис. 145. Перенесение осей с исходного горизонта на монтажный:

1 — знаки закрепления створов осей, 2 — теодолиты, 3 — осевые риски, 4 — визирные лучи, 5 — перенесенная на монтажный горизонт ось, 6 — рулетка

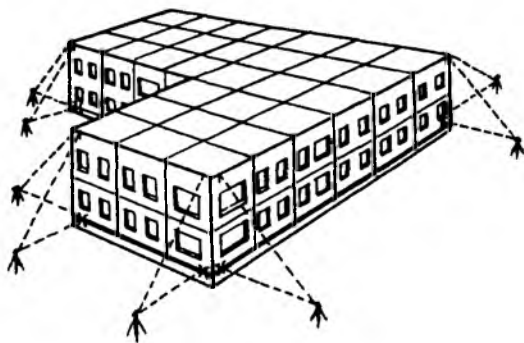


Рис. 146. Перенесение основных осей на монтажный горизонт

До начала земляных работ и устройства фундаментов геодезическое обоснование в целом должно выглядеть таким образом, чтобы в любой момент можно было начинать работы без применения теодолитов (рис. 141).

После открытия котлована измеряют его габариты и нивелируют основание (рис. 142).

Последовательность выполнения геодезических разбивочных работ при возведении подземных частей зданий показана на рис. 143. После завершения монтажных работ на перекрытие над подземной частью здания (рис. 144, а) и на внешние грани стен выносят основные оси (рис. 144, б).

На монтажный горизонт надземной части здания (рис. 145) оси переносят следующим образом. Теодолит 2 устанавливают над знаком 1 закрепления створа оси и его трубу ориентируют по окраске осевой риски 3 на здании. Визирный луч 4 поднимают до пересечения его с монтажным горизонтом и на нем отмечают ось 5. Аналогично посту-

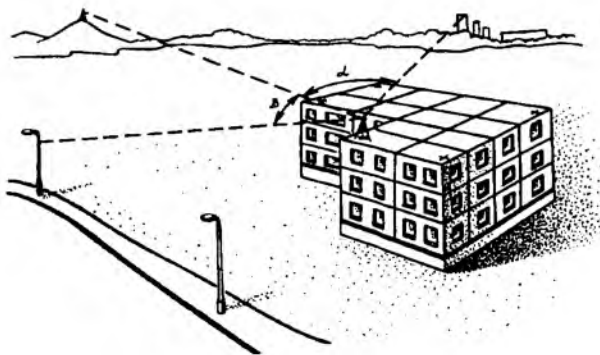


Рис. 147. Метод обратной засечки для перенесения осей на монтажный горизонт

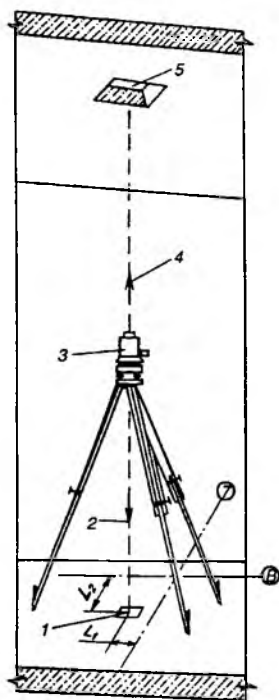


Рис. 148. Перенос осей
зенит-прибором:

1 – точка переноса, 2 – линия
центрирования прибора, 3 – зенит-
прибор, 4 – линия переноса, 5 – отвер-
стие в перекрытии верхнего этажа

пают по створам осей со всех сторон здания (рис. 146). Однако часто знаки закрепления створов осей вне корпуса уничтожают или условия на строительной площадке не позволяют их использовать. В этом случае используют так называемую засечку (рис. 147).

Для перенесения осей вертикальным визированием с исходного горизонта на монтажный при небольшой высоте здания (до 15 м) применяют тяжелые строительные отвесы массой более 0,4 кг.

Если возведены конструкции второго этажа, перенос осей по вертикали выполняют следующим образом. В проем перекрытий на тонкой гибкой нити опускают отвес и совмещают его острие со створом оси, заранее размеченной на исходном горизонте – первом этаже. В работе участвуют два человека: один с исходного горизонта дает указания, в каком направлении следует смещать нить, другой на монтажном горизонте смещает нить и следит, чтобы она не касалась посторонних предметов, т.е. чтобы отвес висел свободно. При высоте переноса более 15 м используют зенит-и надир-приборы (рис. 148).

§ 70. ТОЧНОСТЬ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Точность измерений при построении геодезической разбивочной основы и разбивке зданий, сооружений и трасс подземных коммуникаций оценивают, пользуясь значениями средних квадратических погрешностей. Их назначают для определения точности угловых, линейных и высотных измерений (СНиП 3.01.03.84). Требования к точности построения геодезической основы зависят от сложности и габаритов объектов строительства.

Геодезические разбивочные работы в процессе строительства обеспечивают вынос в натуру от пунктов геодезической разбивочной основы осей и отметок. Эти оси и отметки определяют положение в плане и по высоте всех конструкций, частей и элементов зданий, сооружений и трасс коммуникаций. Точность разбивочных работ в процессе строительства принимают в зависимости от этажности зданий, высоты сооружений и их конструктивных решений, способов выполнения соединений и сопряжений.

Разбивка осей или ориентиров для монтажа технологического оборудования, станков и т.п. выполняют в соответствии с требованиями, обеспечивающими работу этого оборудования. Результаты геодезических разбивочных работ по каждому участку или монтажному горизонту фиксируют на схемах.

Для выполнения геодезических измерений подбирают комплект приборов и инструментов, которыми можно обеспечить требуемую точность.

Контрольные вопросы:

1. Что значит «разбить оси»?
2. Какие применяют способы выноса в натуру осей?
3. Для чего нужны оси на монтажных горизонтах?
4. Какими приборами можно перенести оси с исходного горизонта на монтажный?
5. В чем сущность обеспечения точности разбивки осей?

Глава XIX

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ И МОНТАЖНЫХ РАБОТ

§ 71. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА РЕЛЬЕФА

Задачи геодезического обеспечения строительного производства при вертикальной планировке рельефа следующие: топографическая съемка, разбивка сетки квадратов или створов профилей, нивелиро-

вание этих точек, вычисление объемов земляных работ, т.е. объемов перемещаемого грунта, и вынесение в натуру отметок при подсыпке или срезке грунта.

Топографическую съемку выполняют дважды: до начала земляных работ и после их окончания. Если земляные работы выполняют по этапам, например, производят подсыпку грунта слоями, съемку делают несколько раз, после каждой подсыпки.

Чаще всего исходными данными для вертикальной планировки служат планы местности, разбитые на квадраты. Высотные отметки на планах определяют в вершинах квадратов. Изменение формы и уклонов рельефа проектируют относительно отметок вершин квадратов. Если имеется план местности в горизонталях, на него наносят сетку квадратов со сторонами 10, 20 м и т.д. Длина стороны сетки зависит от сложности рельефа, перепадов отметок и необходимой точности вычисления объемов земляных работ. Чем местность пересеченней, тем длины сторон делают меньше. Отметки вершин квадратов определяют по плану интерполированием или экстраполированием по горизонталям.

Рассмотрим некоторые примеры вычислений.

Определение проектных отметок. Отметки точек поверхности земли при планировке называют фактическими и обозначают $H_{\text{ф}}$. Отметки точек в проекте называют проектными и обозначают $H_{\text{пр}}$. Проектная отметка – это отметка, которую данная точка поверхности должна иметь после завершения планировки. Разность между проектной и фактической отметками точки называют рабочей отметкой, ее вычисляют по формуле

$$h_{\text{раб}} = H_{\text{пр}} - H_{\text{ф}}.$$

Рабочая отметка показывает, сколько грунта надо подсыпать (если $h_{\text{раб}}$ положительная) или снять (если $h_{\text{раб}}$ отрицательная).

Уклон линии AB характеризует крутизну ската и определяется по формуле

$$i = h/d,$$

где h – превышение между точками A и B ; d – горизонтальное проложение линии AB .

Задача 1. На рис. 149 даны проектные отметки углов квадратов при планировании участка наклонной плоскостью. Определить наклоны по осям X и Y , если стороны квадратов сетки составляют 100 м.

Решение. Расстояние между точками A/I и A/V равно 400 м, а превышение $h = 120,50 \text{ м} - 121,50 \text{ м} = -1,00 \text{ м}$. Тогда $i_y = -1,00/400 = -0,0025 \approx -0,002$.

Расстояние между точками A/I и B/I равно 200 м, а превышение $h = 121,50 \text{ м} - 121,50 \text{ м} = 0$. Тогда $i_x = 0/200 = 0$.

Задача 2. Для участка, изображенного на рис. 149, определить отметки вершин квадратов по оси B .

Решение. Так как уклон проектной плоскости по оси X равен нулю, проектные отметки точек будут изменяться только по направлению оси Y . Поэтому отметка точки B/II равна отметке точки A/II , т.е.:
 $H_{пр. B/II} = H_{пр. A/II} = 121,50$ м.

Вычисление производят по формуле

$$H_{пр. i+1} = H_{пр. i} + id,$$

где $H_{пр. i+1}$, $H_{пр. i}$ – проектные отметки последующей и предшествующих точек. Таким образом можно вычислить интересующие нас отметки:

$$H_{пр. B/III} = H_{пр. B/II} + i_y d_1 = 121,50 \text{ м} + (-0,0025) \cdot 100 \text{ м} = 121,25 \text{ м}$$

$$H_{пр. B/III} = H_{пр. B/II} + i_y d_2 = 121,50 \text{ м} + (-0,0025) \cdot 200 \text{ м} = 121,00 \text{ м}.$$

Подобным образом вычисляют отметки всех других точек.

Задача 3. Найти проектные отметки вершин квадратов при заданных уклонах в двух противоположных направлениях.

Решение. Сначала определяют отметки вершин квадратов (рис. 150). По способу, изложенному в предыдущей задаче, находят проектные отметки. Для этого проводят две линии поворота поверхности в четвертях длины или ширины площадки. От этих точек производят отсчет проектных отметок вершин квадратов при заданных в этих четвертях средних проектных отметках ($H_{пр. ср.}$).

Чтобы найти проектные отметки при заданном по направлению координатных осей уклоне, сначала определяют отметки по одной из координатных осей. Уклон по второй координатной оси принимая равным нулю $i_2 = 0$.

Проектные отметки по створу I вычисляют так. Пусть известна отметка точки $H_{A/II} = 121,50$ м и уклон $i_1 = -0,002$. Принимаем

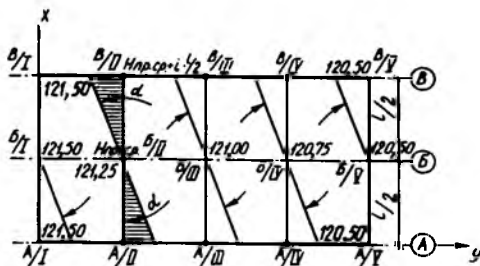


Рис. 149. Вычисление проектных отметок

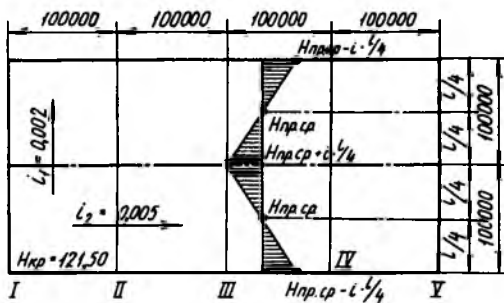


Рис. 150. Определение проектных отметок при заданном уклоне

$i_2 = 0,000$, тогда $H_{прБ/II} = 121,50 \text{ м} - 0,002 \times 100 \text{ м} = 121,30 \text{ м}$, а $H_{прБ/II} = 121,50 - 0,002 \times 200 = 121,10 \text{ м}$.

Проектные отметки по створу *A* вычисляют, принимая $i = 0,005$, а $i_1 = 0,000$. В этом случае

$$H_{прА/III} = 121,50 \text{ м} - 0,005 \times 100 \text{ м} = 121,00 \text{ м};$$

$$H_{прА/III} = 121,50 \text{ м} - 0,005 \times 200 \text{ м} = 120,50 \text{ м};$$

$$H_{прА/IV} = 121,50 \text{ м} - 0,005 \times 300 \text{ м} = 120,00 \text{ м};$$

$$H_{прА/V} = 121,50 \text{ м} - 0,005 \times 400 \text{ м} = 119,50 \text{ м}.$$

Зная проектные отметки вершин, расположенных на координатных осях, определяют отметки на всех промежуточных точках:

$$H_{прБ/III} = H_{прБ/II} - i_2 \times 2 \times l = H_{прА/III} - i_1 \times l = 121,30 \text{ м} - 0,005 \times 2 \times 100 \text{ м} = 120,50 \text{ м} - 0,002 \times 100 \text{ м} = 120,30 \text{ м}.$$

Если вертикальную планировку проектируют на застроенной территории, вместо квадратов иногда могут получаться прямоугольники или другие геометрические фигуры. В этом случае площади определяют по формулам планиметрии.

При составлении проекта вертикальной планировки стремятся, чтобы на участке работ объем выемки (срезки) грунта был равен объему насыпки, т.е. баланс, исчисляемый как разность выемки и насыпки, равнялся нулю. Если же объем срезки грунта превышает объем насыпки, баланс считают положительным. Если объем насыпанного грунта больше, чем объем срезки, баланс считают отрицательным.

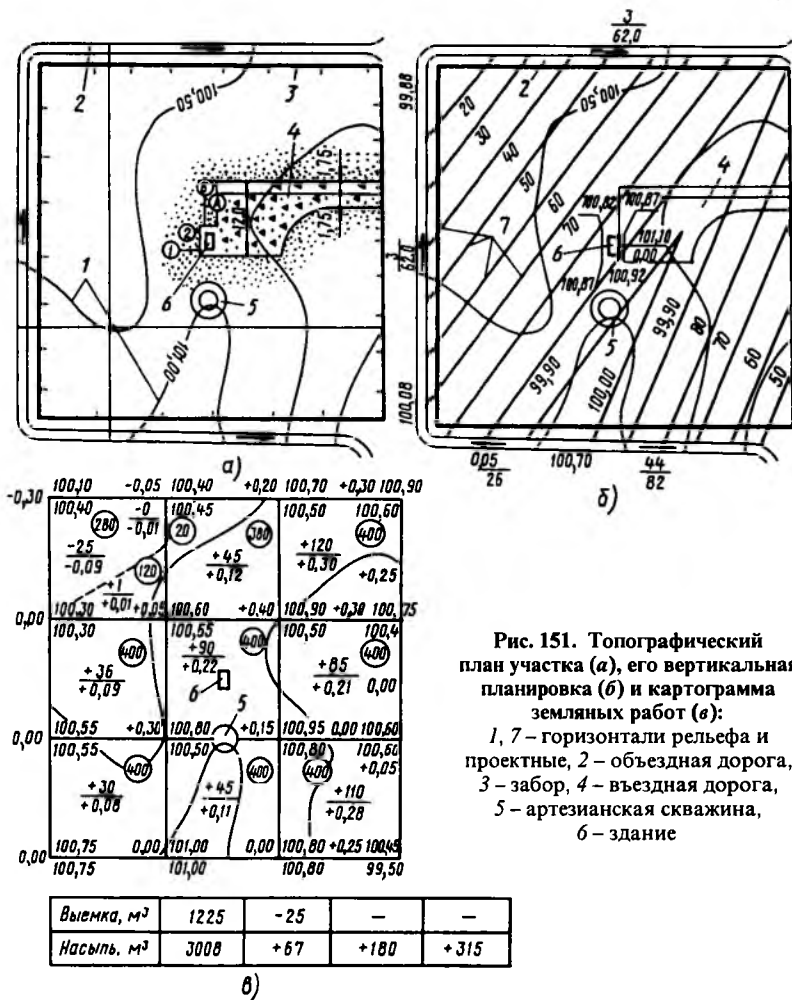
Рассмотрим, как используют данные топографического плана для подсчетов объемов земляных работ.

Подсчет объемов земляных работ

Задача 1. На участке топографического плана (рис. 151, *a*) запроектированы производственное здание 6, въездная дорога 4, артезианская скважина 5, забор 3, объездная дорога 2. Горизонталями 1 показан существующий рельеф. Требуется определить объем земляных работ, подлежащих выполнению при вертикальной планировке.

На этом же участке запроектирована вертикальная планировка (рис. 151, *б*): нанесены проектные горизонталы 7, а на объездной дороге показаны ее уклоны (в числителе – в процентах) и длины отрезков (в знаменателе – в метрах). Приведена картограмма земляных работ для этого же участка (рис. 151, *в*). На ней нанесена сетка квадратов со сторонами $20 \times 20 \text{ м}$; интерполированием определены фактические отметки в вершинах квадратов (подписаны вверху от сетки квадрата).

Решение. Проектную отметку – высоту точки относительно уровня поверхности земли, заданной проектом вертикальной планировки, определяют так. На прозрачный материал копируют с рис. 151, *в* сетку квадратов и накладывают ее на рис. 151, *б*. По отметкам проектных



горизонталей интерполированием определяют отметки вершин квадратов и переносят их на рис. 151, в (подписывают справа внизу от креста вершины квадрата). Далее определяют рабочую отметку – разность проектной и фактической отметок – и подписывают слева вверх от креста вершины квадрата: $h_{\text{раб}} = H_{\text{пр}} - H_{\text{факт}}$.

Если рабочая отметка получилась со знаком «плюс», в этом месте необходимо насыпать грунт, если со знаком «минус», – срезать.

По сторонам квадратов определяют точки нулевых работ, в которых проектная и фактическая отметки совпадают, т.е. рабочая отметка равна нулю. Точки нулевых работ определяют интерполированием.

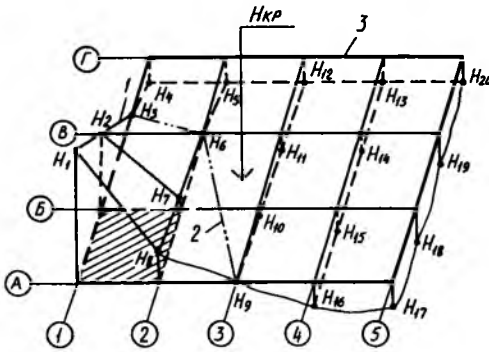


Рис. 152. Определение объемов грунта методом прямоугольных призм:

1 – поверхность планируемого рельефа, 2 – линия нулевых работ, 3 – поверхность средней отметки

деления площадей которых известны из планиметрии.

Среднюю рабочую отметку $h_{\text{ср}}$ плоскости фигуры вычисляют по формуле $h_{\text{раб}} = (h_1 + h_2 + \dots + h_n)/n$, где h_1, \dots, h_n – отметки вершин фигуры, м; n – число вершин фигуры.

Объем грунта для квадрата вычисляют по формуле $V = Sh_{\text{ср}}$, для фигуры с одной вершиной квадрата – по формуле $V = (S/3) \times h$, где S – площадь фигуры, м².

При подсчете объемов земляных работ исходят из предположения, что подсыпка грунта или срезка его в пределах квадрата представляет собой призму или пирамиду. Пользуясь формулами стереометрии, определяют объемы земляных работ.

Объемы земляных работ можно подсчитать и другими способами.

Определение новых проектных отметок при нулевом балансе грунта
Задача может быть решена одним из трех методов.

При методе прямоугольных призм площадку разбивают на прямоугольники (рис. 152). В вершинах каждого из них определяют фактические отметки. Вычисляют среднюю отметку \bar{H} планировки фигуры прямоугольника:

$$\bar{H} = (H_1 + H_2 + H_3 + H_4) / 4.$$

Определив \bar{H} всех прямоугольников, на которые разбита площадка, находят среднюю проектную отметку всей площадки:

$$H_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \bar{H}_i / n,$$

где n – число элементарных участков прямоугольников.

В рассматриваемом примере (см. рис. 151, в) только в двух квадратах будет срезка и между точками нулевых работ проведена линия нулевых работ (пунктирная линия).

После этого вычисляют площади каждого квадрата и фигур, образованных линиями нулевых работ. Площадь квадратов 400 м². Для квадратов, где проходит линия нулевых работ, площади подсыпки и срезки определяют, разбив фигуры на треугольники или другие фигуры, формулы для опре-

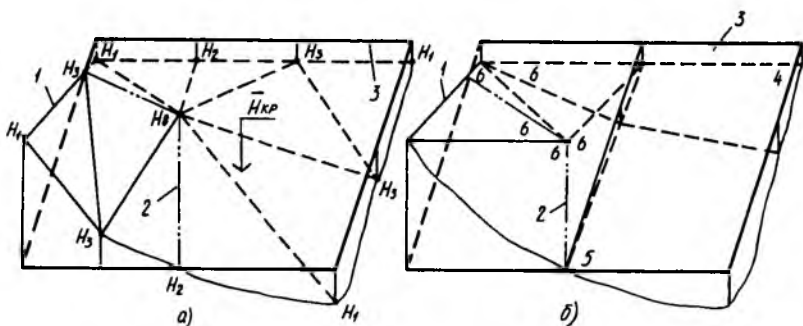


Рис. 153. Определение объемов грунта методами
 треугольных призм (а) и статических моментов (б):
 1 – поверхность планируемого рельефа, 2 – линия нулевых работ,
 3 – поверхность средней отметки площадки, 4–6 – конфигурация участков:
 трапеция, прямоугольник, треугольник

Среднюю проектную отметку вычисляют по формуле

$$\bar{H}_{\text{пр}} = \left(\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4 \right) / 4,$$

где H_1 – отметки вершин на углах площадки; H_2 – отметки вершин, где стыкуются два смежных прямоугольника (вершины располагаются по периметру площадки); H_4 – отметки вершин, где стыкуются четыре прямоугольника (вершины располагаются внутри границ площадки); n – число прямоугольников.

При методе треугольных призм (рис. 153, а) площадку разбивают на треугольники, в вершинах которых определяют фактические отметки. Если число вершин треугольников K , то

$$\bar{H}_{\text{пр}} = \left(\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + \dots + K\sum H_K \right) / Kn,$$

где $H_1, H_2, H_3, \dots, H_K$ – отметки углов, где сходятся соответственно один, два, три и т.д. треугольников; n – число треугольников; K – максимальное число треугольников, стыкующихся в одной вершине.

При методе статистических моментов (рис. 153, б) относительно нулевого горизонта площадку разбивают на участки произвольной конфигурации и размеров и вычисляют по формуле

$$\bar{H}_{\text{пр}} = \sum H_i f / F,$$

где H_i – средние отметки участков, на которые разбита площадка; f – площадь участков; F – общая площадь участков.

Задача 1. Определить объем котлована, находящегося в пределах планировочных работ (насыпи или выемки); $H_{\text{котл}} = 120,00$ м.

При расположении котлована в пределах планировочной насыпи (рис. 154) грунт разрабатывают до планировочной подсыпки. Верх котлована будет находиться на уровне фактических отметок:

$$h_{\text{котл}} = H_{\text{котл}} - H_{\text{ф}} = H_{\text{котл}} - (H_{\text{план}} - h_{\text{раб.план}}),$$

где $H_{\text{котл}}$ – глубина котлована; $H_{\text{с.пр.}}$, $H_{\text{с.ф}}$ – средние проектная и фактическая отметки, полученные следующим образом (цифры – см. рис. 154):

$$H_{\text{с.ф}} = (121,13 + 122,21 + 122,37 + 122,30)/4 \text{ м} = 122,00 \text{ м};$$

$$H_{\text{с.пр}} = (121,72 + 121,84 + 122,11 + 122,02)/4 \text{ м} = 121,98 \text{ м};$$

$$h_{\text{котл}} = 120,00 - 122,0 \text{ м} = -2,00 \text{ м}.$$

При расположении в пределах планировочной выемки грунт срезают до проектных отметок. Верх котлована будет располагаться на уровне проектных отметок планировки

$$h_{\text{котл}} = H_{\text{ф}} - H_{\text{пр.}}$$

Объем грунта в котловане (рис. 155) вычисляют по следующим формулам (символы приведены на рисунке):

площади по низу и верху: $S_{\text{низ}} + a \times b$; $S_{\text{верх}} = a_1 \times b_1 = (a + 2h \times m) \times (b - 2h \times m)$, где m – показатель крутизны или отношение высоты откоса к его заложению;

объем котлована:

$$V = h (S_{\text{низ}} + S_{\text{верх}} + \sqrt{S_{\text{низ}} \times S_{\text{верх}}}) / 3,$$

или

$$V = h (S_{\text{низ}} + S_{\text{верх}} + 4S_{\text{ср}}) / 6.$$

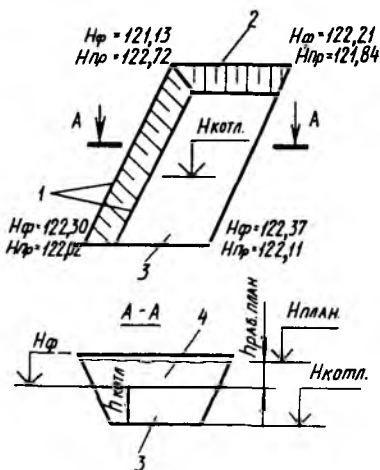


Рис. 154. Определение объемов котлована, расположенного в пределах планировочных работ:

1 – верхняя и нижняя бровки, 2 – откос, 3 – дно котлована, 4 – грунт

Задача 2. Определить объем грунта в траншее, отрываемой для трубопровода с заданным уклоном.

Для получения исходных данных по плану строят продольный профиль трассы (рис. 156, а). Не реже чем через 100 м на всех точках поворота трассы строят поперечные профили траншеи (рис. 156, б, в).

Отметки дна траншеи в одном из торцов профиля определяют по про-

екту, в другом вычисляют по формуле (условные обозначения приведены на рисунке): $H_1 = H_2 - i_{\text{дна транш}} \times l = 119,10 = 121,52 \text{ м} - 0,02 \times 124,20 \text{ м}$. Объем грунта на участке траншеи 1-2

$$V_{1-2} = (S_1 S_2 / 2) l_{1-2};$$

$$V_{1-2} = (3,21 \cdot 3,40) \cdot 37,08 / 2 \text{ м}^3;$$

$$V_{1-2} = 122 \text{ м}^3,$$

где $S_{1,2 \text{ ср}}$ – площади поперечного сечения по торцам участка или в его середине.

Если объем необходимо вычислить с большой точностью, применяют формулу:

$$V_{1-2} = \left[S_{\text{ср}} + \frac{m(h_1 - h_2)^2}{12} \right] l_{1-2};$$

$$V_{1-2} = \left[3,30 + \frac{90 \times (2,07 - 2,17)^2}{12} \right] \times 37,08 \text{ м}^3,$$

где m – показатель крутизны.

Общий объем траншеи вычисляют как сумму частных объемов:

$$V_{\Sigma} = V_{1+2} + V_{2+3} + \dots + V_{(n-1)+n}.$$

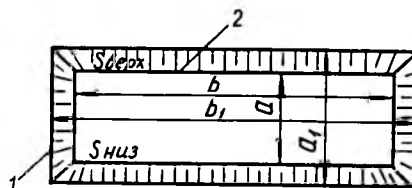


Рис. 155. Схема для вычисления объемов грунта в котлованах: 1 – верхняя бровка, 2 – нижняя бровка

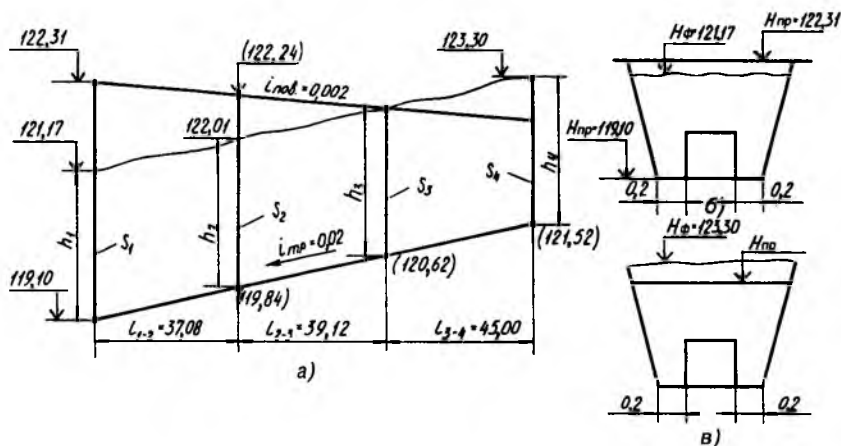


Рис. 156. Определение объемов грунта в траншеях: а – продольный профиль, б, в – поперечные профили трассы в начале и в конце

§ 72. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИЕМКА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Исходными данными при отрытии котлованов, траншей и других перемещениях грунта служат топографические планы с нанесенными на них проектами сооружений. Проекты вертикальной планировки траншей, котлованов, насыпей, выемок, карьеров сначала выносят в натуру. Разбивку контуров сооружений выполняют по существующей к началу работ поверхности, применяя способы и приборы, аналогичные описанным в § 69.

Точки разбивки закрепляют на местности столбами или другими геодезическими знаками, которые ограждают; ограждение красят чередующимися яркими полосами. В скальных грунтах положение точек разбивки закрепляют пересечением двух канавок, высеченных в скале. При этом точки разбивки обкладывают камнями, а надписи делают трудносмываемой, обычно масляной, краской.

При перенесении отметок для устройства насыпей, возводимых без уплотнения, учитывают последующую естественную осадку грунта.

Геодезические знаки устанавливают вне зоны строительных работ, складирования и трасс перевозки материалов, в местах, не подверженных осадкам и оползням, размыву и воздействию ледоходов.

При разбивке сооружений для выполнения гидромеханизированных дноуглубительных работ осевые створные знаки устанавливают на берегу. Плавающие или береговые створные знаки закрепляют, чтобы их не сносило волнами, льдом, приливами и т. д. Если работы ведутся в темное время суток, знаков ставят больше, главным образом по створам. Знаки оборудуют световыми сигналами. В этом случае геодезисты инструктируют механизаторов о направлении створов.

По окончании работы механизированной землеройной техники принимают разбивку (геометрических размеров).

При приемке траншей и котлованов контролируют соответствие их расположения проектному, а также их размеров, отметок, уклонов.

При возведении фундаментов или укладке труб дно котлована или траншей подчищают вручную. Для этого в шахматном порядке (примерно через 2 м) в дно забивают кольца, на которые переносят отметки и подписывают величину добора (например $-2,5$ см) или подсыпки (например $+20$ см).

При приемке выемок или насыпей проверяют расположение трасс сооружений в плане и профиле и геометрические размеры сооружений, отметки бровок, дна, продольных уклонов, размеры канав и других водоотводных устройств.

Для приемки выполненных земляных работ составляют акты и исполнительные схемы.

Свайные основания. Места забивки свай определяют от точек пересечения осей. Оси, закрепленные вне контура котлована, переносят сначала на верхнюю бровку, а затем на его дно. Последовательность разбивки мест погружения свай зависит от типа свайных полей, принятых схем погружения свай, направлений движения копровых установок (установок для забивки или погружения свай).

При однорядном расположении свай (рис. 157, а) на дно котлована переносят все основные (габаритные) оси (А, В, 1, 4 и т.д.), промежуточные оси разбивают между габаритными на дне котлована и выбирают таким образом, чтобы расстояние между ними было не более длины применяемой рулетки. Габаритные и промежуточные оси закрепляют на строительных скамейках 2. Между подвижными марками 6 скамеек (рис. 157, б), установленными в створах одноименных осей, натягивают шнур-причалку (леску) и на дно котлована переносят точки пересечения продольных и поперечных осей здания. Точки пересечения маркируют на верхнем торце кола, забиваемого в уровень с землей. В створе одной из осей натягивают рулетку и при расположении свай на оси по проектным расстояниям между сваями забивают колья, фиксирующие места их погружения 4 (грань свай).

При расположении свай вне створов осей на расстоянии не более 4 м места погружения свай разбивают так. От натянутой по створу оси рулетки откладывают проектные расстояния между сваями. В полученных точках «на глаз» восстанавливают перпендикуляры и второй рулеткой определяют места погружения свай.

При кустовом расположении свай последовательность разбивки несколько изменяется. На дне котлована после закрепления основных осей на строительных скамейках определяют центры кустов. Расстояния отмеряют двумя рулетками от створа, образованного леской. Длинномерную рулетку натягивают по одной оси между подвижными марками строительных скамеек. По маркам другой оси натягивают леску. На пересечении рулетки и лески определяют центр куста. Сохраняя направление створов осей, с помощью второй рулетки или метра определяют местоположение каждой сваи в кусте.

При расположении свай на расстоянии более 4 м от осей параллельно вынесенным в натуру осям разбивают линии со смещением от створов осей на величину, равную расстоянию от сваи до предварительно вынесенных осей. Места погружения свай определяют как при однорядном и кустовом расположении.

Для контроля за глубиной погружения на каждой свае от острия к оголовку наносят деления через 1 м. Метровые отрезки маркируют яркими рисками с оцифровкой метров, а проектную глубину погружения — буквами ПГ.

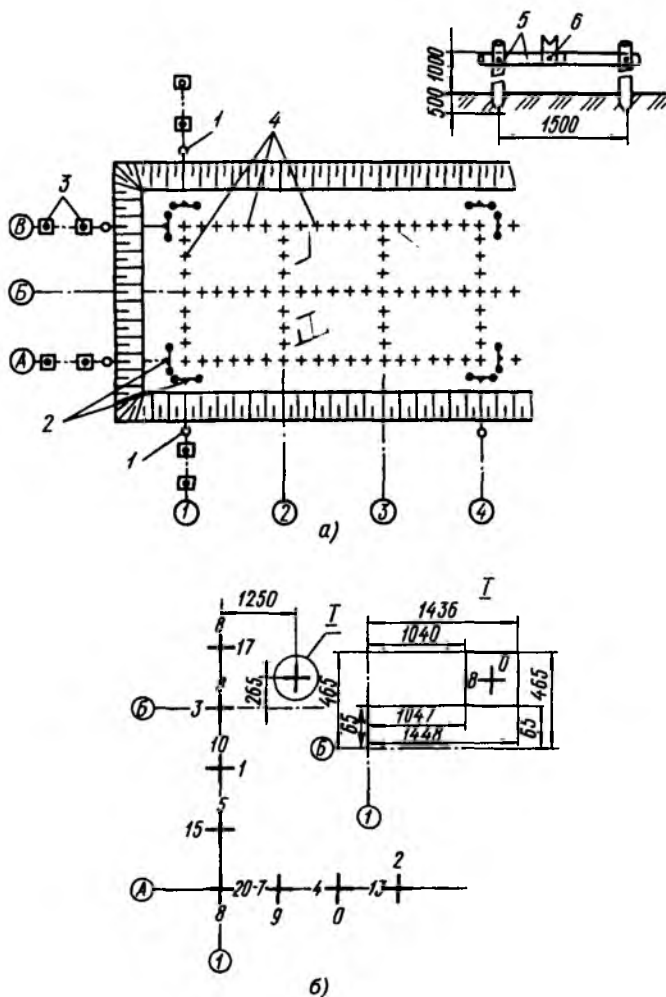


Рис. 157. Разбивка мест погружения свай при однорядном расположении (а) и строительная скамейка (б):
 1 – точка закрепления оси на бровке котлована, 2 – строительные скамейки,
 3 – знаки закрепления створов осей, 4 – места погружения свай,
 5 – вертикальная и горизонтальная штанги, 6 – подвижная марка

Вертикальность погружения свай обеспечивается установкой направляющей стрелы копровой установки в отвесное положение. При использовании безрельсовых копров на базах тракторов и гусеничных кранов грунт планируют под одну отметку. Головки рельсов для рельсовых копров выводят на одинаковые отметки. Отвесность направ-

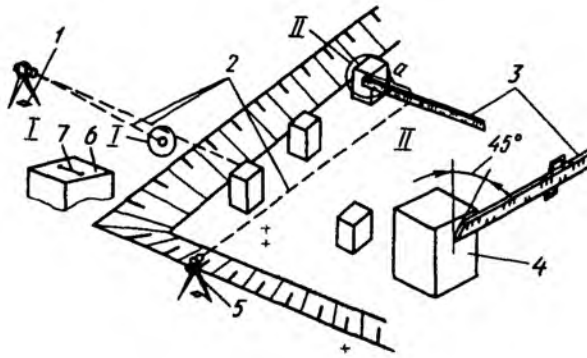


Рис. 158. Перенесение осей на сваи:
 1 – знак закрепления створа оси, 2 – визирные лучи,
 3 – рейка, 4 – грань сваи, 5 – теодолит, 6 – кол, 7 – створ оси

ляющей стрелы вибрационных копровых погружателей проверяют теодолитами, а копров с молотами и вдавливающих погружателей – тяжелыми отвесами. Масса отвеса (более 5 кг) зависит от длины погружаемых свай и силы ветра. Если при погружении свая отклоняется от вертикального положения, работу приостанавливают и выправляют положение стрелы и сваи.

На оголовки установленных свай выносят проектную отметку их срубки (срезки) и оси (рис. 158). После срезки оголовков выполняют исполнительную съемку положения свай в плане.

При устройстве монолитных фундаментов с использованием свайного основания разбивка состоит в разметке на оголовках свай продольных и поперечных осей зданий.

Оси выносят на сваи последовательным перенесением со знаков *I* закрепленных створов на бровке котлована и маркируют (открашивают) на верхнем торце деревянных колец *1* и свай *4*. Колья забивают не ближе 1 м от верхней бровки котлована. Створ *7* осей маркируют карандашом. Затем теодолит устанавливают последовательно над перенесенными точками и ориентируют трубу вдоль створов одноименных осей.

По описанной методике на сваи переносят все габаритные оси, а также продольные и поперечные оси, расположенные на расстоянии, равном длине применяемой рулетки или меньшем.

Далее на оголовках свай размечают все продольные и поперечные оси. При расположении свай на расстоянии более 4 м от створов осей в натуру переносят линии, параллельные осям, со смещением от осей на величину, равную расстоянию сваи от оси плюс 200...50 мм. Оси на сваях размечают карандашными черточками.

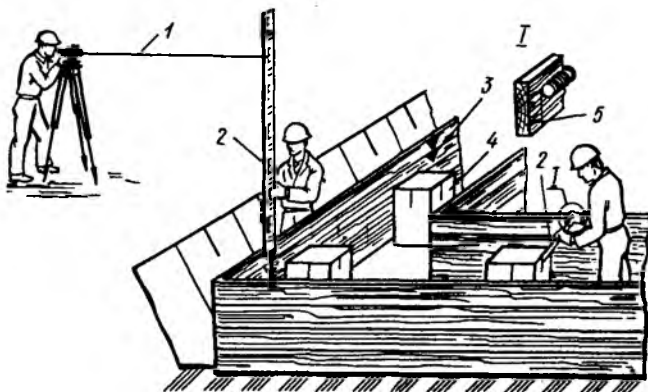


Рис. 159. Разбивка осей и отметок для установки арматуры и выверки опалубки (арматура условно не показана):

1 – горизонт нивелира, 2 – метр-рейка, 3 – риски отметок верха бетонирования, 4 – оси на оголовках свай, 5 – защитный слой бетона

Арматуру каркасов и опалубку размечают в плане от осей 4 (рис. 159), вынесенных на оголовках свай. Для этого геометрическим нивелированием переносят отметки по высоте на оголовки свай. Для последующего бетонирования на внутреннюю грань опалубки после ее установки и закрепления выносят риски 3 отметок верха бетонирования и контрольные отметки, отстоящие от отметок бетонирования на 100 мм. Их подписывают +0,1 м.

Правильность установки опалубки проверяют, измеряя расстояния от осевых рисок на оголовках свай до внутренней грани опалубки рейкой (метром) 2 и определяя толщину защитного слоя 5 бетона. Вертикальность опалубки контролируют отвесами по внешним граням, а величину защитного слоя бетона в нижнем сечении – «на глаз».

При устройстве фундаментов в скользящей опалубке кроме ранее описанных разбивочных работ выполняют выверку опалубки. Для этого стенки опалубки устанавливают с наклоном, обеспечивающим увеличение расстояния между ними книзу (конусность в пределах 10...14 мм на 1 м высоты, если другая конусность не установлена проектом). Наклон стенок проверяют по отвесу. Дополнительно находят расстояние между внутренними поверхностями обшивки стенок, которое определяют посередине их высоты (это расстояние равно проектной толщине стены).

За установленной опалубкой в процессе бетонирования ведут непрерывные наблюдения. Если опалубка деформируется или смещается, бетонирование приостанавливают и элементы опалубки возвращают в проектное положение. При этом измерения выполняют так же, как при установке опалубки.

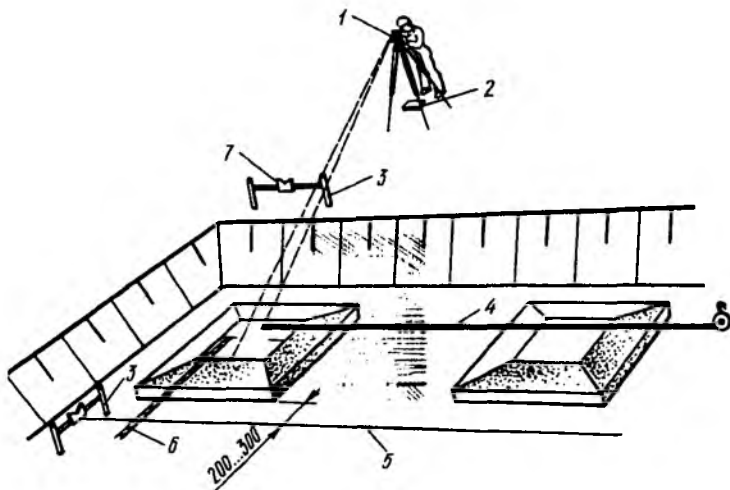


Рис. 160. Перенесение осей на фундаментные блоки:
 1 – теодолит, 2 – знак закрепления створа оси, 3 – строительные скамейки,
 4, 6 – рулетки, 5 – шнур-причалка, 7 – подвижная марка

По окончании бетонирования проводят исполнительную съемку фундаментов в плане и по высоте. Для съемки в плане на верхние и боковые грани фундаментов вновь переносят оси. От перенесенных осей делают измерения и по разности между измеренными и проектными расстояниями определяют их отклонения.

Сборные фундаменты. Основания под фундаменты проверяют по высоте нивелированием. При глубине котлована до 3 м отметки на его дно переносят непосредственно с бровки. При этом заднюю рейку устанавливают на один из реперов, а переднюю – на стойку строительной скамейки на дне котлована или на закрепленный кол. Нивелир устанавливают очень низко, так чтобы визирная ось располагалась на высоте не более 1,2 м от поверхности земли. При глубине котлована более 3 м отметки переносят на его дно в несколько приемов. Нивелирный ход прокладывают по трассе выезда автомашин со дна котлована (по пандусу), а при его отсутствии для установки рейки используют откос.

Отметки на дне котлована фиксируют на временных реперах, закладываемых не менее двух штук на захватку строительства. Отметки оснований фундаментов определяют для каждого фундамента в нескольких местах.

Отдельные сборные фундаменты разбивают таким образом (рис. 160). На дно котлована выносят оси под установку угловых и маячных фундаментных блоков или подушек. Створы осей здания последовательно переносят на верхнюю бровку (скамейку 3), а затем и на дно котлована. На дно котлована с помощью теодолита 1 пере-

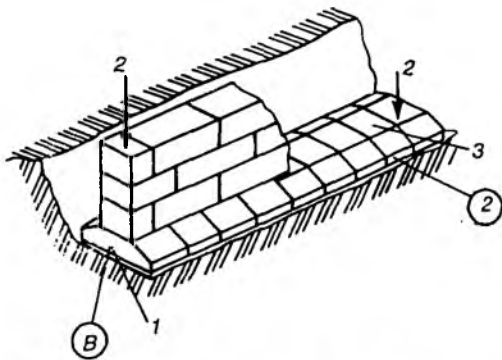


Рис. 161. Выверка ленточных фундаментов:
1 – установочная риска, совпадающая с осью,
2 – места нивелирования, 3 – ориентирная риска

мя теодолитами, а промежуточные фундаментные блоки, откладывая между ними проектные расстояния рулеткой 4. Если на фундаменты устанавливают башмаки под колонны или фундаменты монтируют в несколько рядов по высоте, оси разбивают, используя как основание первый ряд уложенных фундаментов. При этом все разметки створов осей и линий их пересечений маркируют.

Ленточные фундаменты (рис. 161) разбивают так же, как отдельные. Дополнительно разбивают места установки промежуточных (маячных) фундаментов. Если угловые и промежуточные блоки установлены по теодолиту и нивелиру, отпадает необходимость в разбивке осей на строительных скамейках. В этом случае используют шнур-причалку, которую натягивают по строительным скамейкам 3 (см. рис. 160), угловым и маячным фундаментам на расстоянии 20...30 мм (до грани монтируемого фундамента).

До монтажа фундаментов на их гранях с помощью метра размечают установочные риски. При симметричной привязке фундаментов к осям установочную риску 1 наносят на середине фундамента, при несимметричной привязке установочные риски 1 наносят, отмеряя величину привязок от одних и тех же ребер на всех фундаментах.

При монтаже башмаков под колонны (рис. 162) ориентирные риски 1 наносят исходя из размеров отверстий стаканов. Отверстие размечают в соответствии с привязкой к нему или осям колонны. С помощью линейки, лески и отвеса эту разметку переносят на наружные грани в месте контакта установленного фундамента и монтируемого башмака. Ориентирные риски 3 на фундаментах и установочные 2 на башмаках совмещают «на глаз».

Высотные отметки при монтаже колонн в стаканы фундаментов проверяют геометрическим нивелированием и выравнивают, подкла-

носят все габаритные продольные и поперечные оси, а также оси, проходящие по захваткам монтажа или очередям строительных работ. Правильность перенесения осей контролируют, измеряя длину диагоналей.

Угловые и маячные фундаментные блоки можно устанавливать, не перенося оси на дно котлована и используя створ осей на верхней бровке или строительные скамейки. В этом случае укладываемые фундаменты ориентируют дву-

дывая калиброванные прокладки и устанавливая закладные фиксирующие устройства. Прокладки калибруют по толщине по данным высотной исполнительной съемки.

После возведения сборных фундаментов выполняют исполнительную съемку. Для этого на все элементы фундаментов вновь переносят оси. При исполнительной съемке башмаков под колонны по высоте отметки определяют по дну стаканов. Геодезические работы при устройстве шпунтов буронабивных и винтовых свай, вытрамбованных котлованах и на вечномёрзлых грунтах аналогичны рассмотренным выше. Их производство диктуется технологией и последовательностью строительных работ и подробно описывается в ППГР для каждого объекта.

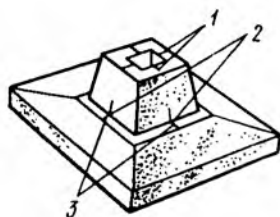


Рис. 162. Совмещение рисок при монтаже фундамента под колонну:
1, 3 – ориентирные риски,
2 – установочные риски

§ 74. ВОЗВЕДЕНИЕ СБОРНЫХ ЗДАНИЙ

Для монтажа панелей стен крупнопанельных зданий разбивку (рис. 163) производят по захваткам или очередям строительных работ на смонтированных фундаментах. Сначала на фундаменты переносят оси, определяющие габариты здания или разделяющие захваты, и измеряют расстояния между осями. Для контроля измеряют диагонали в прямоугольниках и по их равенству судят о ромбовидности разбивки. Значения диагоналей вычисляют из решения прямоугольных треугольников. При длине захватки более двух секций (свыше 45 м) полученный прямоугольник рекомендуется разделить на примерно равные части с диагоналями менее 50 м.

Элементы стен, перекрытий, лестниц и прочие монтируют по детальной геодезической разбивке, которую делают в плане, размечая от осей ориентирные риски и, по высоте, выравнивая нивелированием горизонт.

В зданиях с *продольными несущими стенами* ориентирные риски под установку панелей стен размечают для по-

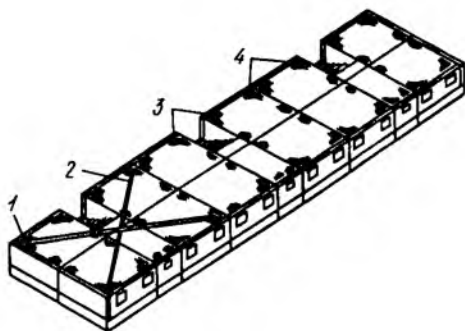


Рис. 163. Разбивка осей и контроль правильности работ на захватках:
1 – точка пересечения продольных и поперечных осей, 2 – диагональ,
3, 4 – ориентирные риски для установки панелей стен

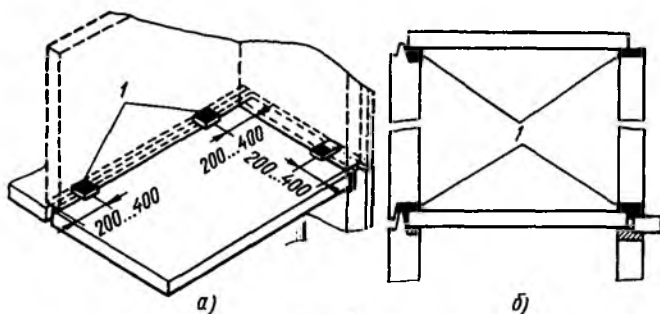


Рис. 164. Установка маяков под панели (а)
и выравнивание стен и перекрытий (б)

перечных торцовых стен, лестнично-лифтовых узлов или стенок жесткости и всех продольных стен. Для стен технического или цокольного этажа разметку производят на верхних опорных поверхностях фундаментов, для стен первого и последующего этажей – на плоскостях смонтированных перекрытий.

Ориентирные риски для наружных стен размечают с внутренней стороны корпуса, средние продольные оси – со стороны, противоположной лестнично-лифтовому узлу, а для стенок жесткости – с любой стороны. Во всех случаях ориентирные риски размечают единообразно на всех этажах. Ориентирные и контрольные ориентирные риски наносят по три для каждой монтируемой панели: две в продольном направлении и одну в поперечном.

Для зданий с *поперечными внутренними несущими стенами* направление разметки выбирают от габаритных осей к середине корпуса. Разметку производят нарастающим итогом от начала разбивки с обязательным контрольным промером всех расстояний.

До установки панелей стен по высотным отметкам по результатам нивелирования выравнивают монтажный горизонт. Для этого нивелируют все опорные плоскости, на которые будут устанавливаться панели стен. Отметки определяют не менее чем в двух точках под каждую панель. Нивелирную рейку устанавливают таким образом, чтобы определялась наивысшая точка опорной плоскости (обычно стыки смежных перекрытий или перекрытий и наружных стен). Отметку наивысшей точки монтажного горизонта увеличивают на минимальную толщину растровой постели и по найденной отметке раствором выравнивают монтажный горизонт. Для этого из небольших порций раствора устраивают маяки 1 (рис. 164), которые служат уровнями для расстилаемого раствора.

Положение панелей в нижнем сечении относительно осей (рис. 165) выверяют, совмещая боковую и торцовую грани с ориентирными рисками 7. С контрольными ориентирными рисками совмещают мон-

тажные уголки или Т-образные упоры 6, при этом совмещают продольную и торцовую грани с щечками 10 уголков или упоров.

В отвесном положении панели наружных и внутренних стен временно закрепляют и выверяют с помощью индивидуального или группового монтажного оснащения.

При выверке панелей стен в отвесном положении (рис. 166) с помощью индивидуального оснащения – телескопических подкосов 1 по низу панелей ориентируются упорами 6 (см. рис. 165). Отвесность панелей стен проверяют рейкой с уровнем или рейкой-отвесом 2 (см. рис. 166).

Выверку с применением группового монтажного оснащения (рис. 167) выполняют тремя горизонтальными связями 1 – двумя сверху и одной снизу (в проеме для

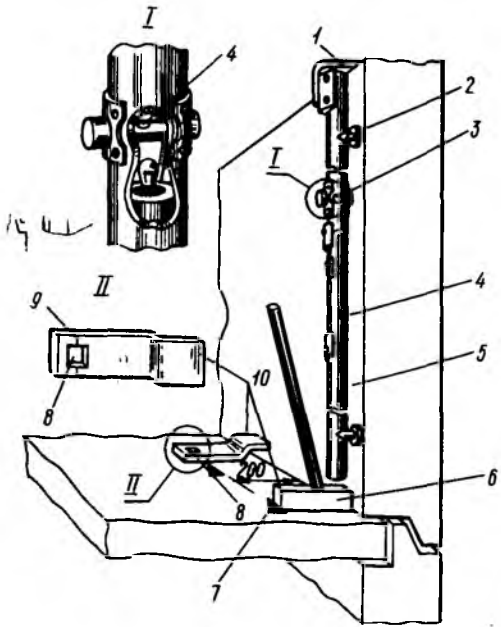


Рис. 165. Выверка панелей в нижнем сечении относительно осей:

1 – скоба, 2 – упор, 3 – уровень, 4 – дюралюминиевая труба, 5 – выверяемая панель, 6 – Т-образный упор, 7 – ориентирная риска, 8 – окно, 9 – установочная риска, 10 – щечки уголка и упора

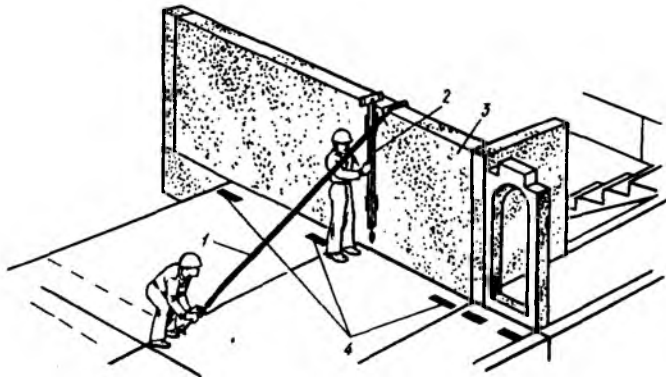


Рис. 166. Выверка панелей в отвесном положении:

1 – телескопический подкос, 2 – рейка-отвес, 3 – выверяемая панель, 4 – ориентирные риски

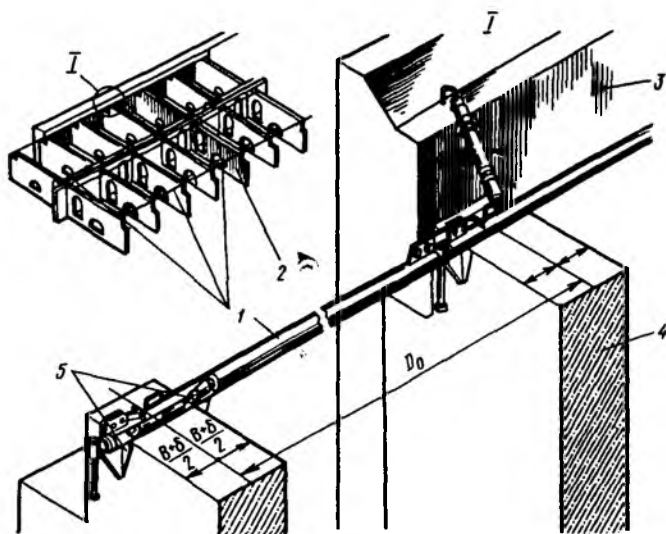


Рис. 167. Групповое монтажное оснащение:
 1 – горизонтальная связь, 2 – базовая панель, 3 – панель наружной стены,
 4 – панель внутренней стены, 5 – щечки вилочного захвата; $(B + \delta)/2$ – половина
 толщины панели и погрешность изготовления панели, B – толщина панели,
 D_0 – проектное расстояние между осями панели

пропуска коммуникаций). Проектное положение (расстояние D_0) несущих панелей 3, 4 фиксируют по их геометрическим осям, начиная от базовой панели 2, которую выверяют обычными способами. Возможное отклонение компенсируют тем, что расстояние между захватками всегда сохраняется равным проектному. Щечки 5 вилочных захватов зажимают панель 4 с обеих сторон.

Для разметки ориентиров и выверки панелей стен применяют шаблоны, позволяющие получить на монтажном горизонте ориентирные риски под установку низа панелей стен по металлической ленте. Используют и другие комплекты монтажной оснастки, правила применения которой приведены в инструкциях и должны быть изучены до начала работы. Любую монтажную оснастку перед применением проверяют: измеряют расстояния между ориентирами на шаблонах и сравнивают их с проектными.

До начала возведения каркасных зданий производят разметку сборных элементов, подготовленных для возведения здания. Для этого на элементы наносят установочные риски – тонкие черточки длиной до 60 мм, по которым сборные элементы совмещают с ориентирными рисками, ранее размеченными от осей на установленных конструкциях. Риски наносят ярким цветным карандашом.

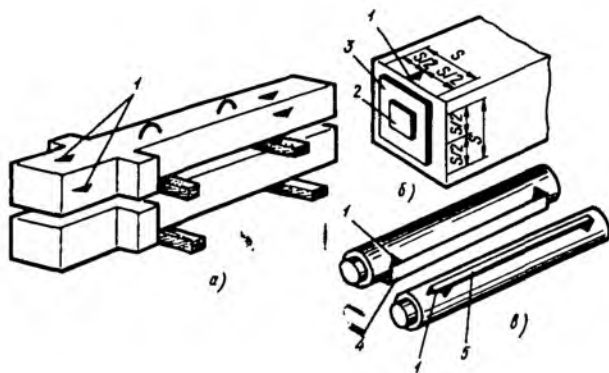


Рис. 168. Разметка колонны:
а – железобетонных, *б* – с металлическим сердечником,
в – круглым, 1 – установочные риски, 2 – центровочная
 подкладка, 3 – пластина разметки, 4 – швеллер, 5 – уголок

При разметке железобетонных колонн каркаса (рис. 168, *а*) установочные риски 1 наносят на колонну с отступлением от нижнего и верхнего ее торцов на 100 мм. На колоннах первого яруса при установке их в стаканы размечают установочные риски с учетом глубины стакана. Разметку производят шаблоном или рулеткой. При этом базой отсчета для разметки боковых граней служат ребра, находившиеся на дне формооснастки при изготовлении колонн. Ребра образуют плоскость, противоположную той, на которой есть монтажные петли. Верхнюю и нижнюю грани размечают симметрично, если иная привязка колонн к осям не предусмотрена проектом. На железобетонных колоннах с металлическим сердечником (рис. 168, *б*) за основу разметки принимают металлические пластины 3 и размеченные на них риски, которые переносят на бетонную плоскость колонн.

Установочные риски Н- и Т-образных рамных конструкций из колонн размечают, как на одиночных колоннах; на восьмигранных колоннах и колоннах, имеющих в сечении другие правильные фигуры, размечают на четырех противоположных плоскостях.

Колонны круглого сечения (рис. 168, *в*) размечают с помощью шаблонов. Для нанесения установочных рисков колонну в нижнем сечении обмеряют по окружности. Полученную длину окружности делят на четыре части. Через начальную точку проводят первую установочную риску 1, последующие три наносят через равные промежутки. Для разметки верхнего сечения колонны на горизонтальную площадку укладывают шаблон из недеформированного швеллера 4. Колонну укладывают в швеллер, совмещая одну из полок с установочной риской, принимаемой за начало отсчета. Для разметки может быть использован металлический уголок 5, который накладывают на колонну.

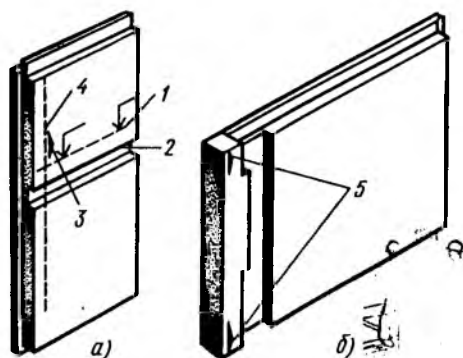


Рис. 169. Разметка навесных панелей (а) и колонн с пристыкованной встроенной панелью (б): 1 – уровень подвески, 2 – штраба, 3 – контрольная риска, 4 – грань подвески, 5 – установочные риски

Разметку навесных панелей (рис. 169, а, б) производят нанесением на их внутренних плоскостях уровней подвески 1 с тем, чтобы при монтаже обеспечивалась их установка на требуемой высоте. Дополнительно наносят контрольные установочные риски 3 со смещением от основных на 100 мм. Для установки в плане на плоскости панели наносят установочную и контрольную установочную риски 3, причем последнюю со смещением от основной на 100...200 мм.

Совмещение установочных рисок 2 (рис. 170) на колоннах с ориентирными рисками на основаниях проверяют по отвесу 1. Ориентирные риски наносят на всех гранях колонн.

Выверку каркасов с колоннами высотой на один этаж при совмещении с перекрытием стыка колонн начинают с базового ряда. Низ колонн приводят в проектное положение, совмещая установочную риску 3 (рис. 171) монтируемой колонны с ориентирной (осевой) риской 1, размеченной на нижележащих элементах (опорах). Правильность совмещения проверяют отвесом. Выверку по вертикали осуществляют двумя проверенными теодолитами по двум взаимно перпендикулярным плоскостям.

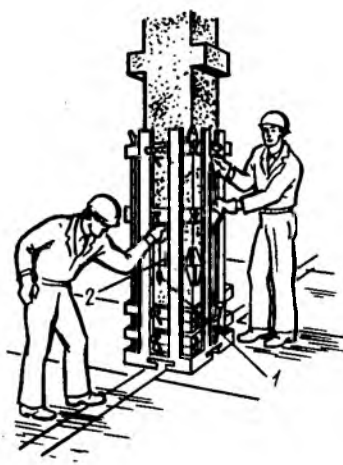


Рис. 170. Выверка колонны в нижнем сечении: 1 – отвес, 2 – установочная риска

Выверку каркасов с рамными конструкциями Н- и Т-образной формы начинают с проверки и выравнивания отметок опорных поверхностей рам прокладками по данным нивелирования.

Применяемое при установке колонн монтажное оснащение систематически проверяют: измеряют расстояние между упорами, к которым прижимаются колонны, сравнивают его с проектными размерами между гранями колонн.

По окончании монтажа колонн, до установки последующих элементов, проводят тщательный контроль правильно-

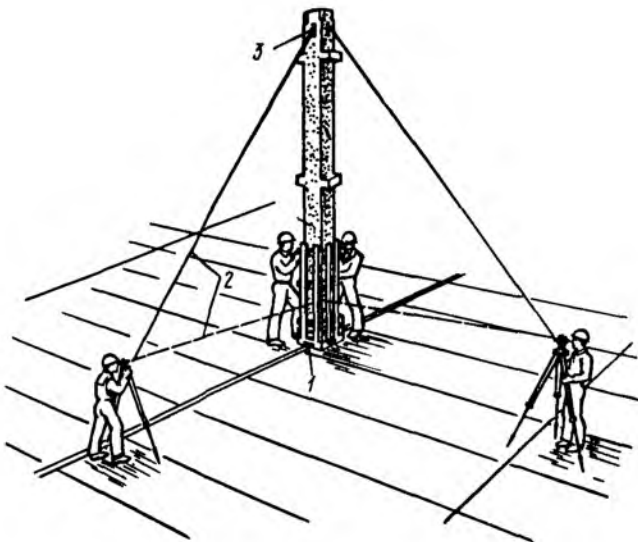


Рис. 171. Выверка колонн по вертикали:
1 – ориентирная риска, 2 – визирный луч, 3 – установочная риска

сти установки яруса этажа колонн как в плановом (рис. 172, а), так и в высотном отношении (рис. 172, б).

Для монтажа блочных зданий геодезические работы начинают с переноса на фундаменты осей, проходящих по габаритам здания. Затем разбивают все оси, проходящие по несущим стенам. От этих осей размечают и тонкими карандашными черточками наносят по граням стен установочные риски для монтажа сборных элементов. Проводят также линии, отнесенные от граней на определенное, заранее обусловленное расстояние (обычно 200 мм). Как правило, в натуру выносят установочные риски только в начале и конце стены. Между ними натягивают тонкую металлическую проволоку или леску, причалку, по которой ориентируют все промежуточные блоки при их установке.

Для промежуточных осей проектные расстояния откладывают от основных осей. За начальные точки принимают пересечения продольных и поперечных осей, вынесенные на монтажный горизонт. Промежуточные оси 3 (рис. 173) разбивают от точек 1. Последние расстояния 2 измеряют для контроля. Оси 1–7, А–Г проходят по несущим стенам. Условно разбивка показана только по осям 1 и А. Аналогичную разбивку (оси 2...6) делают по продольной оси Г и оси 1 (оси Б, В). На пересечении осей по контуру устанавливают маячные блоки. Ими считают блоки, которые помещают в местах перевязки или пересечения осей стен здания, но не реже чем через 20...30 м. Между маячными устанавливают рядовые блоки. Для рядовых блоков наружных стен,

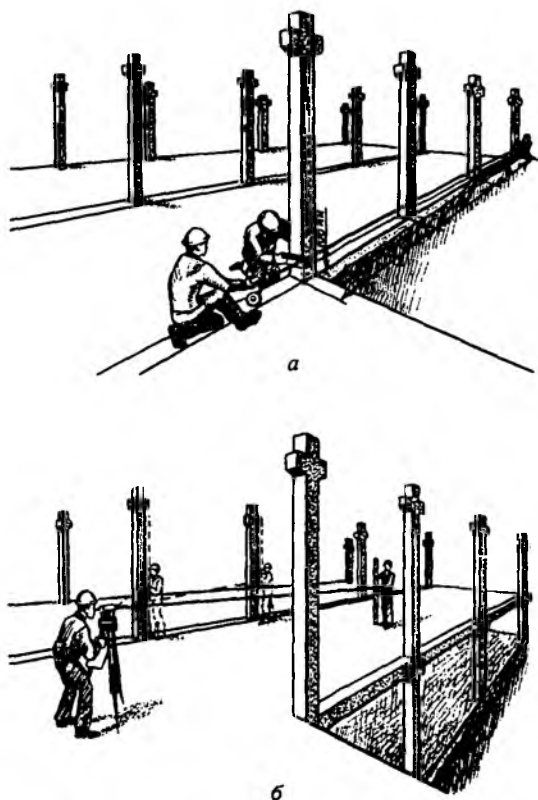


Рис. 172. Контроль правильности установки колонн в плановом (а) и высотном (б) положениях

расположенных ниже уровня грунта, причалку натягивают между угловыми или маячными блоками на расстоянии 20...30 мм от внутренней плоскости стен. Для блоков, которые монтируют выше уровня грунта, причалку натягивают по наружной плоскости стен. Внутренние стены подземной и надземной частей здания выравнивают одинаково на всех этажах. Оси первого и последующего этажей разбивают непосредственно от знаков, закрепляющих их створы.

В продольном направлении монтируемые блоки выверяют контактным способом по калибрам или шаблонам, в качестве которых используют прокладки – деревянные или иные бруски. Толщина прокладок соответствует проектной толщине швов. Перед заделкой шва прокладку извлекают.

Положение блоков стен по высоте определяют по результатам нивелирования. Отметки опорных поверхностей стен выравнивают по

маякам. Высоты маяков вычисляют по разности между отметкой наивысшей точки монтажного горизонта, увеличенной на толщину растворной постели, и отметкой опорной плоскости монтируемого блока.

Исполнительную съемку в плане крупноблочных зданий высотой до пяти этажей включительно при высоте этажа до 3 м выполняют в местах установки блоков перевязки. Для зданий более пяти этажей или зданий с этажами высотой более 3 м, кроме того, выполняют исполнительную съемку мест примыкания внутренних стен к наружным на каждом этаже.

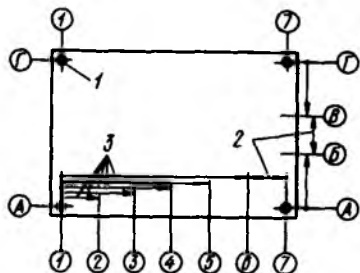


Рис. 173. Схема разбивки и контроля блочного здания:
1 — точка пересечения габаритных осей,
2 — расстояния, измеряемые для контроля, 3 — промежуточные оси

§ 75. ВОЗВЕДЕНИЕ КИРПИЧНЫХ И МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ

При строительстве зданий и сооружений из кирпича, искусственных и природных камней правильной геометрической формы, природных неотесанных камней геодезические работы состоят в разбивке осей сети, привязок их габаритов к осям, определении отметок. Эти работы выполняют описанными методами и приборами.

Контроль правильности ведения кирпичной кладки проверяют в высотном отношении через метр, а отвесность — не реже чем через 4 м.

При возведении зданий из монолитного железобетона разбивочные работы по выносу осей и отметок проводят, как описано выше (см. рис. 174). Кроме того, выполняют работы по выверке скользящей опалубки и ее разновидностей (опалубки с отрывным устройством,

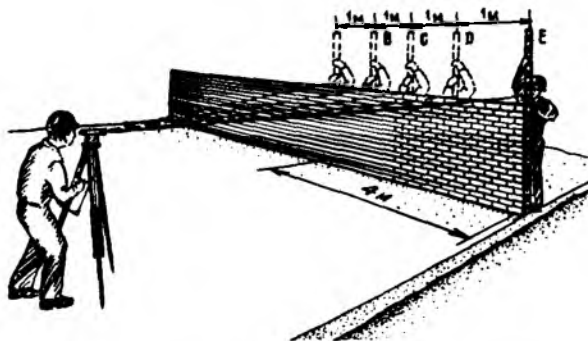


Рис. 174. Контроль правильности кирпичной кладки

объемно-переставной). Геодезические работы производят в подготовительный и основной периоды строительства. В подготовительный период разбивают и закрепляют оси, в основной – нивелируют стены и выравнивают их по результатам нивелирования.

Нижние щиты скользящей опалубки устанавливают по маякам, одновременно устраивают защитное приспособление, чтобы бетон первого слоя не вытекал из-под опалубки. До установки щиты скользящей опалубки проверяют. При этом определяют прогибы элементов и их габарит. Не допускается к монтажу элементы, изготовленные с прогибами более 2 мм, а по габаритам – отличающиеся от запроектированных более чем на 15 мм.

Для монтажа стеновых элементов опалубки разбивают контур стен на фундаментной плите. Внутренние щиты опалубки, образующие коробка, устанавливают в горизонтальное положение и их верх проверяют нивелированием. При сборке коробов наклон щитов контролируют шаблоном с отвесом. Отклонение отвеса указывает величину и направление конусности (допускаемая величина дается в проекте). Горизонтальность опалубки в процессе бетонирования регулируют нивелированием по контрольным рейкам, установленным на домкратах, или по рискам, нанесенным на домкратных стержнях.

Закладные детали, проемы, ниши размечают по высоте от контрольных реек или рисок отметок. Между одноименными отметками натягивают шнур-причалку и метром отмеряют проектное расстояние (разности между отметками шнура-причалки и закладных деталей, проемов, ниш). В плане эти элементы размечают от отвесов, опускаемых на определенном, заранее вычисленном, расстоянии от оси. Местоположение их маркируют на арматуре карандашом, мелом или краской.

Вертикальность всего сооружения контролируют отвесом, зенит-приборами или теодолитами. При проверке вертикальности зданий прямоугольной формы отвесы опускают в каждом углу здания, а также в середине длинной стороны. При возведении зданий круглой формы подвешивают не менее трех отвесов.

§ 76. СТРОИТЕЛЬСТВО ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Разбивочные работы и выверку основных сборных конструкций колонн, ригелей, плит перекрытий, стеновых панелей и блоков промышленных зданий выполняют так же, как при возведении жилых зданий.

Ориентирные риски для установки подкрановых балок в плане переносят на консоли колонн с их нижнего сечения. Для этого используют тяжелые отвесы или наклонный луч теодолита. До подъема балок на их опорных частях, контактируемых с консолями, размечают установочные риски, которые совмещают при монтаже с ориентирными, нанесенными на консолях. Выверку для окончательного закрепления балок выполняют по теодолиту. При этом теодолит, как пра-

вило, устанавливают в створе и на уровне выверяемой подкрановой балки на кронштейне. Трубу теодолита ориентируют по дальней ориентирной риске продольной оси подкрановой балки.

После закрепления подкрановых балок на их верхних плоскостях наносят ориентирные риски под установку рельсов. Для этого между ориентирными рисками натягивают тонкую стальную проволоку или леску и не реже чем через 3 м на подкрановых балках отмечают продольную ось и контур основания рельса. До окончательного закрепления рельсов промеряют расстояния между оголовками непосредственно в плоскости установки рельсов.

Подкрановые балки и рельсы по высоте выверяют нивелированием всех консолей колонн. Если нивелир и рейку трудно установить на отметках верха консолей, контрольные риски размечают до установки колонн. Расстояние от консоли до контрольной риски у всех колонн должно быть таким, чтобы можно было производить нивелирование с уровня земли (пола) после монтажа колонн. По результатам нивелирования определяют отметки консолей колонн. Толщины подкладок под балки и рельсы вычисляют как разность наименьшего отсчета по рейке и отсчета по рейке, установленной в проверяемой точке.

Фермы и балки покрытий размечают и устанавливают так же, как подкрановые балки. Плиты покрытий укладывают на фермы без геодезической разбивки, однако выдерживают проектные величины опорных площадок.

§ 77. МОНТАЖ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Монтаж металлических конструкций осуществляют безвыверочным и выверочным методами.

Безвыверочный метод монтажа применяется при установке колонн. Основания для установки колонн – металлические опорные плиты – фрезеруют и точно выверяют.

Применяют два способа крепления и выверки опорных плит перед подливкой под них бетона: с использованием выверочных болтов, заранее устраиваемых в фундаментах; с помощью инвентарных устройств кондукторов.

Способ установки плит на выверочные болты универсален при любой производственной ситуации. Точность установки колонн зависит от качества обработки поверхностей опорной плиты и торца башмака колонны. Верх опорной плиты тщательно проверяют. Его нивелируют в пяти (и более) точках: по краям и в середине, а при отклонениях в отметках более 1 мм выверку повторяют. Совпадение фрезерованной опорной плиты с башмаком колонны обеспечивают с точностью до 1 мм.

Колонны высотой до 15 м закрепляют плотным и равномерным затягиванием гаек. Геодезическое наблюдение за отвесностью колонн

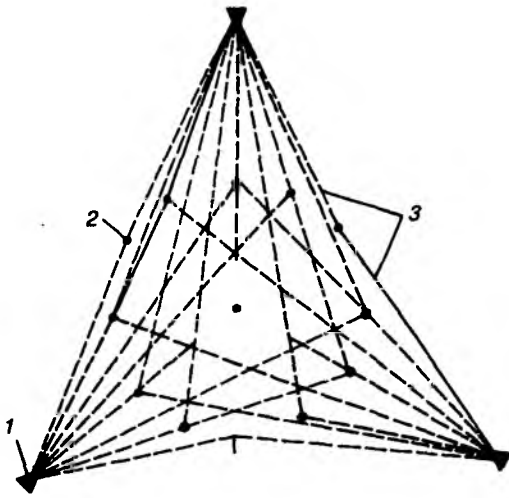


Рис. 175. Схема размещения станций нивелира и точек нивелирования:
 1 – станция, 2 – место установки рейки,
 3 – линия визирования

ские приборы в местах, откуда доступно наблюдение за правильностью установки. Для удобства наблюдений колонны, балки и другие элементы размечают.

аналогично наблюдениям при монтаже железобетонных колонн. При наличии узкого башмака колонны раскрепляют расчалками в направлении наименьшей жесткости. Расчалки снимают после закрепления колонн постоянными проектными связями (укладка подкрановых балок, элементы фахверка связи и др.). После окончательного закрепления вертикальность колонн вновь проверяют.

При выверке перемещение балок в плане и по высоте достигается извлечением или добавлением подкладок. При этом важно располагать геодезические приборы в местах, откуда доступно наблюдение за правильностью установки. Для удобства наблюдений колонны, балки и другие элементы размечают. В качестве разметки применяют ярко окрашенные риски, приклеивают миллиметровую бумагу с разграфкой и оцифровкой.

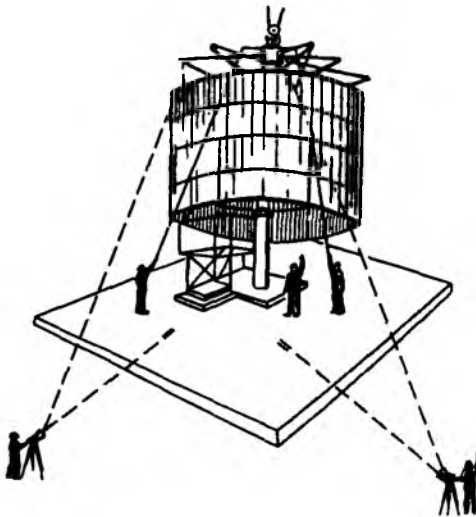


Рис. 176. Выверка резервуаров

При наличии подъемных кранов достаточной грузоподъемности производят укрупнительную сборку блоков, состоящих из двух (четырёх) ферм, соединённых между собой постоянными элементами (фонари, связи, прогоны и др.). Особо тщательно совмещают маркировочные риски, а после сборки проверяют габариты блока в целом. Исправление взаимного положения элементов в собранном блоке производят до его монтажа.

В соответствии со СНиП требуется очень высокая точность выверочных работ. Так, отклонение отметки фрезерованных торцов опорной плиты и башмака колонны допускается в пределах 1,5 мм, взаимное смещение торцов стыкуемых подкрановых путей по высоте и в плане не допускается более 2 мм. При монтаже резервуаров особо тщательно проверяют качество выполнения горизонтальности контура опирания. Нивелирование производят с разных точек короткими лучами (рис. 175). Вертикальность стенок проверяют теодолитами, а их ориентировку – по заранее нанесенным рискам (рис. 176).

Контрольные вопросы:

1. Что такое проектная, фактическая, рабочая отметки?
2. Что означает знак «+» у рабочей отметки?
3. Как подсчитать среднюю отметку фигуры при планировке?
4. Для чего производят разбивку перед планировкой на квадраты?
5. Что такое маяк?
6. Как проверяют правильность установки колонны, панели?

Глава XX

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

§ 78. КАМЕРАЛЬНОЕ ТРАССИРОВАНИЕ

Камеральное трассирование выполняют в основном на стадии проекта. При этом используют топографические карты масштаба 1:25000 или 1:50000, фотосхемы, а также цифровую модель местности.

Трассирование по топографической карте в зависимости от условий местности выполняют или способом попыток, или построением линии допустимого уклона.

Способ попыток, применяемый в равнинной местности, состоит в следующем. Между заданными точками намечают на карте кратчайшую трассу, по которой составляют продольный профиль с проектом линии будущей дороги. На основании анализа продольного профиля выявляют места, в которых трассу целесообразно сдвинуть вправо или влево, чтобы отметки местности совпали с проектными. Эти места вновь трассируют и составляют улучшенный проект трассы.

В условиях местности со сложным рельефом самый распространенный прием камерального трассирования – построение на топографической карте в заданном направлении линии предельно допустимого уклона для данной категории трассы. Для этого по

карте данного масштаба $1:M$ и по высоте сечения рельефа h определяют величину заложения a для предельно допустимого уклона $i_{пред}$ (см. § 13). Например, для карты масштаба $1:25000$ при $h = 5$ м и $i_{пред} = 0,020a = 5000 : (0,020 \times 25000) = 10$ мм.

По найденному заложению a на карте выделяют участки, отличающиеся по характеру трассирования, так называемые участки вольного и напряженного ходов. Участки местности, для которых средний уклон $i_{мест}$ больше предельно допустимого уклона $i_{пред}$, называют *напряженным ходом*. Участки, где $i_{мест}$ меньше $i_{пред}$, называют участками *вольного хода*.

На участке вольного хода трассу намечают по кратчайшему направлению, обходя лишь контурные препятствия. При этом, чтобы удлинение трассы было минимальным, углы поворота трассы должны быть не более $15...25^\circ$.

На участках напряженного хода для соблюдения предельного уклона предварительно намечают линию нулевых работ, для которой заданный проектный уклон выдерживается без устройства насыпей и выемок (земляных работ).

Например, необходимо на карте из точки A (рис. 177) провести трассу до точки K с заданным предельно допустимым уклоном. Для этого, придерживаясь основного направления трассы, из точки A раствором циркуля, равным заложению a , засекают соседнюю горизонталь. Из полученной точки B вновь засекают этим же раствором циркуля точку B следующей горизонтали, и т.д. При пересечении оврагов (участок $BГ$) к тальвегу не спускаются, а переходят на другую сторону, засекая одноименную горизонталь. Так же поступают при пересечении рек, стремясь, чтобы трасса была примерно перпендикулярна направлению течения реки. В местах, где расстояние между горизонталями больше величины заложения (участок $ГД$), т.е. $i_{мест}$ меньше $i_{пред}$, точки выбирают по принципу вольного хода.

Таким образом получают на карте точки $A, B, B, Г, Д, \dots, K$, образующие линию нулевых работ. Однако

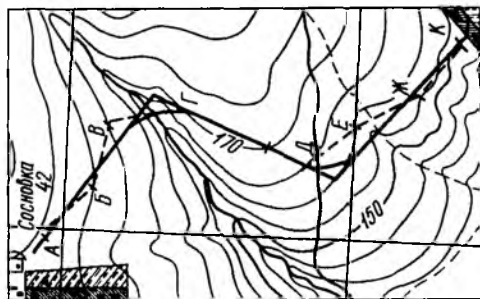


Рис. 177. Трассирование заданным уклоном

линия нулевых работ еще не может быть осью будущей дороги, так как она состоит из большого числа коротких звеньев, сопряжение которых кривыми невозможно из-за ограничений минимальных радиусов. Поэтому линию нулевых работ заменяют участками более длинных прямых (спрямляют). Спрявление вызывает необходимость земляных работ. После спрямления линии нулевых работ транс-

портиром измеряют углы поворота трассы и, соблюдая нормативные требования, назначают радиусы круговых кривых.

Затем по трассе намечают положение пикетов и характерных точек рельефа. *Пикет* – точка оси трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала. Характерные перегибы рельефа или контурные точки, определяющие пересекаемые трассой сооружения, водотоки, границы угодий, линии связи и т.д., называют *плюсовыми точками*. *Пикетаж трассы* – система обозначения и закрепления ее точек (разбивка пикетажа, построение продольного профиля и проектирование профиля дороги рассмотрены в § 81). Для того, чтобы не загружать чертеж, разбивку пикетажа по карте производят сокращенно: через два или пять пикетов. Закрепление пикетов начинают с нулевого. Plusовые точки обозначают по номеру предыдущего пикета и расстоянию до него в метрах, например, ПК 2 + 35,7.

Отметки пикетов и плюсовых точек находят интерполированием по горизонталям. По отметкам и пикетажу строят продольный профиль местности по трассе, а затем, руководствуясь техническими нормативами, проектируют профиль будущей дороги.

Трассирование может быть выполнено в нескольких вариантах, из которых после составления продольного профиля и проектирования проектной линии может быть выбран наилучший (оптимальный).

В настоящее время имеются автоматизированные системы проектирования трасс. Эти системы основаны на представлении всей информации о местности в виде цифровой модели, применении ЭВМ большой мощности для расчетов и проектирования вариантов и графопостроителя для автоматического составления проектной документации.

§ 79. ПОЛЕВОЕ ТРАССИРОВАНИЕ

Полевое трассирование ведут на стадии рабочего проектирования для поиска местных улучшений трассы, ее окончательного перенесения и закрепления на местности.

Основой для полевого трассирования служат материалы камерального трассирования. Проект трассы, разработанный в камеральных условиях, выносят в натуру (на местность) по данным привязкам углов поворота к пунктам геодезической основы или ближайшим контурам местности. Предпочтение отдают выносу точек трассы от пунктов геодезической основы как более надежному и точному.

В поле начинают с нахождения необходимых геодезических или контурных точек, от которых производят соответствующие угловые и линейные построения для определения положения исходных точек трассы, в том числе и начальной. На точках трассы, найденных на местности, устанавливают вехи и обследуют намеченные направления, в частности, переходы через водотоки и овраги, пересечения существующих магистралей и другие сложные места. Иногда приходится не-

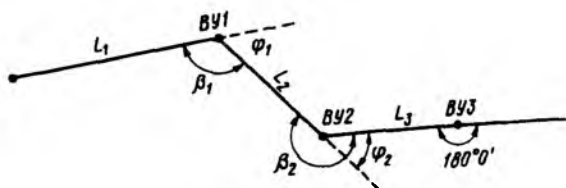


Рис. 178. Определение углов поворота по трассе

сколько смещать провешенную линию и передвигать вершины углов поворота, чтобы удобнее разместить элементы плана и профиля трассы и обеспечить минимальный объем строительных работ.

Окончательно выбранное положение вершин углов поворота закрепляют на местности деревянными или железобетонными столбами и составляют абрис привязки этих точек к местным предметам.

Между закрепленными вершинами углов ВУ (рис. 178) поворота трассы прокладывают теодолитный ход, измеряя правые по ходу углы β_1, β_2 и т. д. и длины сторон L_1, L_2 и т. д. Углы поворота φ трассы определяют как дополнение правого угла до 180° . При повороте линии вправо $\varphi_n = 180^\circ - \beta$; при повороте влево $\varphi_n = \beta - 180^\circ$. Углы измеряют одним приемом со средней квадратической погрешностью $0,5''$.

Для контроля угловых измерений одновременно по буссоли измеряют прямые и обратные магнитные азимуты сторон трассы.

На длинных прямых участках в пределах непосредственной видимости через $500 \dots 800$ м устанавливают створные точки (дополнительные углы), которые задают отложением угла 180° при двух кругах теодолита. Угол хода на створной точке также измеряют одним приемом. Он не должен отличаться от 180° более чем на $1'$. В противном случае створную точку перемещают на местности.

Расстояния между вершинами углов поворота и створными точками измеряют мерной лентой, рулеткой или дальномерами с предельной относительной погрешностью $1/1000 \dots 1/2000$. На участках трассы с наклоном более 2° в непосредственно измеренные длины вводят поправки за наклон со знаком «плюс». По результатам измерений углов и линий и данным плановой привязки трассы к пунктам геодезической основы вычисляют координаты вершин углов поворота.

При полевом трассировании разбивают пикетаж трассы. Начальная точка трассы служит нулевым пикетом. Ее фиксируют, как все пикеты и полюсовые точки, с помощью кола диаметром 30 мм, длиной 150 мм, который забивают почти вровень с землей. Рядом с колом на расстоянии 200 мм по направлению хода забивают сторожок – кол длиной $300 \dots 500$ мм. На сторожке пишут номер пикета, так чтобы надпись была обращена назад по ходу к точке пикета. Пикет окапывают канавкой.

Для разбивки пикетажа каждую линию трассы провешивают с помощью теодолита.

Разбивку пикетажа ведут с применением стальной ленты или рулетки. Пикеты разбивают через 100 м. Для более детального отражения профиля местности дополнительно фиксируют плюсовые точки.

Для того, чтобы избежать измерения углов наклона и введения поправок за наклон, на наклонных участках ведут разбивку пикетажа, укладывая ленту горизонтально и проектируя отвесом на землю приподнятый конец мерного прибора.

На углах поворота трасс вставляют круговые и переходные кривые. В качестве круговых кривых применяют дуги окружностей больших радиусов. В качестве переходных используют кривые переменного радиуса, который может изменяться от бесконечности до радиуса данной круговой кривой. С помощью переходных кривых более плавно сопрягают прямолинейные участки дорожной трассы с круговой кривой.

Основные элементы круговой кривой трассы (рис. 179): φ – угол поворота, измеряемый в натуре; R – радиус кривой, назначаемый в зависимости от условий местности и категории дороги; $A = CB = T$ – длина касательных, называемая тангенсом и вычисляемая по формуле $T = R \operatorname{tg}(\varphi/2)$; $AFB = K$ – длина круговой кривой, определяемая по формуле $K = R(\pi\varphi/180)$; $CF = B$ – длина биссектрисы, которую вычисляют по формуле $B = R(\sec \varphi/2 - 1)$; $D = 2T - K$ – домер; $D = R \times (2 \operatorname{tg} \varphi/2 - \pi\varphi/180)$.

В практике элементы круговых трассы находят по таблицам, составленным по аргументам R и φ . Точки начала HK , середины $СК$ и конца KK круговой кривой называют главными.

На круговой кривой пикетаж разбивают по линиям тангенсов. Сначала по измеренному значению угла поворота φ и принятому радиусу R из таблиц круговых кривых выбирают элементы кривой: тангенс T , длину кривой K , биссектрису B и домер D . Затем по уже определенному пикетажному значению вершины угла BV ($ПК BV \dots 14 + 25.00$) рассчитывают пикетажные наименования главных точек кривой (рис. 180, a) и, найдя их на местности, закрепляют. При этом начало кривой HK находят промером от уже закрепленного ближайшего пикета, а середину кривой $СК$ – отложением расстояния B по биссектрисе угла поворота.

Разбивку пикетов от вершины угла по другому тангенсу начинают с отложения от вершины угла BV домера D , считая, что его конец име-

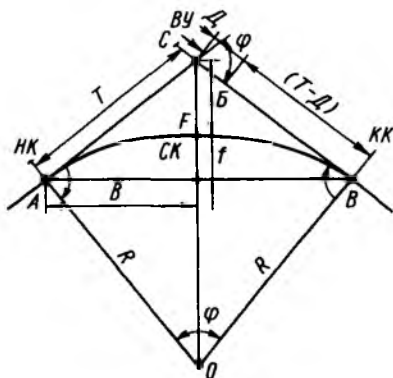


Рис. 179. Основные элементы круговой кривой

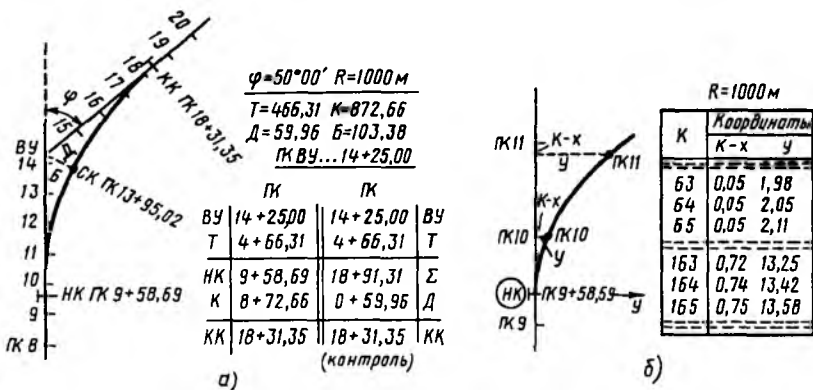


Рис. 180. Расчет пикетажа на кривой (а) и перенесение пикетов с тангенса на кривую (б)

ет то же пикетажное значение, что и вершины угла. От конца домера откладывают расстояние, недостающее до ближайшего целого пикета (на рис. 180, а это расстояние равно 75,00 м до пикета ПК15). Далее обычным путем разбивают пикеты до следующего угла поворота. Зная пикетажное значение конца кривой КК, по ходу разбивки находят его на линии тангенса и закрепляют.

Разбитые таким образом пикеты расположены на касательных, а они должны находиться на оси трассы, т.е. на кривой. Пикеты переносят с касательных на кривую методом прямоугольных координат. Данные получают из специальных таблиц (рис. 180, б). По принятому радиусу кривой $R = 1000$ м и длине K участка кривой от начала (или симметрично от конца) ее до выносимого пикета по таблице выбирают значения $(K - x)$ – кривой без абсциссы и y – ординаты. Так, для пикета $10K = 64$ м $(K - x) = 0,05$ м и $y = 2,05$ м; для пикета $11K = 164$ м $(K - x) = 0,74$ м и $y = 13,42$ м. Кривую без абсциссы $(K - x)$ откладывают рулеткой от соответствующего пикета, временно закрепленного на касательной, в сторону, противоположную вершине угла, т.е. к началу (или концу) кривой, а ординату y откладывают из найденной точки по перпендикуляру к касательной. Перпендикуляр к касательной при $y < 5$ м намечают «на глаз», а при $y > 5$ м направление перпендикуляра задают с помощью эккера или теодолита.

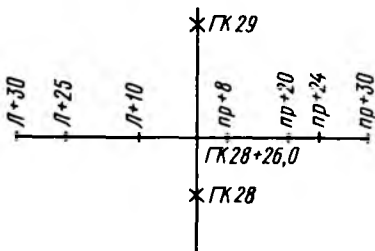


Рис. 181. Разбивка поперечного профиля трассы

Для характеристики поперечного уклона местности разбивают поперечные профили (рис. 181) в обе стороны от трассы на 15...30 м и более в зависимости от характера склона и типа

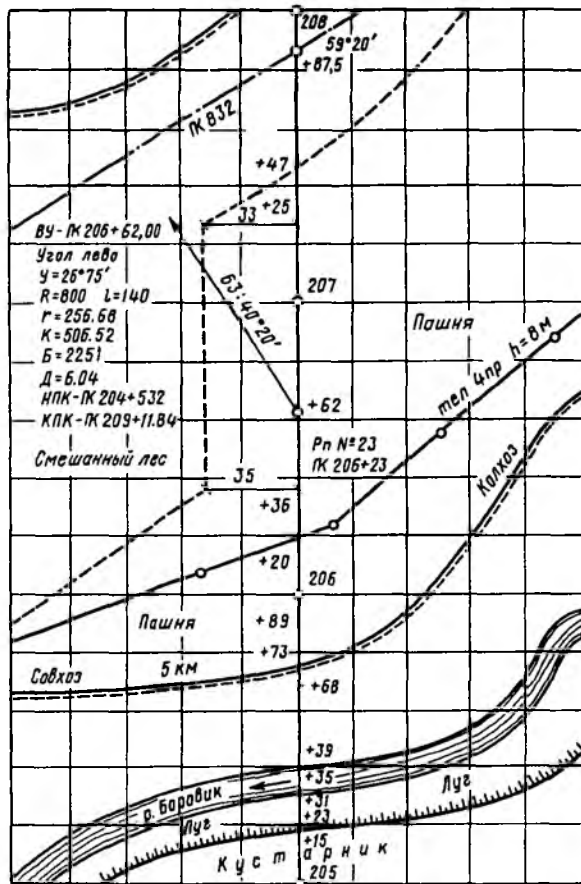


Рис. 182. Пикетажный журнал (условный пример)

дороги. Поперечные профили назначают на таком расстоянии один от другого, чтобы местность между ними имела однообразный уклон.

В процессе разбивки пикетажа ведут журнал, в котором показывают все основные элементы трассы, пункты геодезической основы, ситуацию, отдельные элементы рельефа в полосе шириной по 50...100 м с каждой стороны от оси будущей дороги. Все данные в последующем помещают в соответствующих графах продольного профиля.

Пикетажный журнал (рис. 182) состоит из сшитых листов клетчатой бумаги. Ось трассы показывают в виде прямой линии, расположенной по середине страницы. На прямую линию в масштабе (обычно одна клетка равна 20 м) наносят все пикетные и плюсовые точки, углы поворота, поперечные профили и т.д. Запись в журнале ведут снизу

вверх, чтобы правая и левая стороны страницы соответствовали правой и левой сторонам трассы по ходу пикетажа. Углы поворота обозначают стрелками, направленными вправо и влево от средней осевой линии в зависимости от того, в какую сторону поворачивает трасса. Около углов поворота выписывают принятые основные элементы кривых: угол поворота с указанием правый или левый, радиус, тангенс, кривую, биссектрису, домер, здесь же подсчитывают пикетажные значения начала и конца кривой.

Эта же информация может быть записана в электронном журнале или блокнотном компьютере.

Разбивку пикетажа ведут по той же линии, по которой выполняют непосредственный промер между вершинами углов при проложении теодолитного хода, что позволяет контролировать линейные измерения. Расстояние $L_{\text{контр}}$ между смежными вершинами угла должно быть равно разности их пикетажных значений плюс домер на задней вершине: $L_{\text{контр}} = ПК_{n+1} - ПК_n + D_n$.

Разность ΔL непосредственно измеренной линии и полученной по вышеприведенной формуле в относительной мере не должна превышать $1/1000$ – в благоприятных условиях измерений, $1/500$ – в неблагоприятных условиях.

Разбивка пикетажа через 100 м затрудняет использование дальномеров. Поэтому иногда применяют беспикетный способ полевого трассирования, при котором на местности разбивают не каждый стометровый пикет, а только точки, расположенные на характерных формах рельефа и важных для проектирования элементах ситуации. На планах и продольных профилях пикеты наносят камерально, их отметки определяют интерполированием между ближайшими плюсовыми точками. Если пикеты необходимы для строительства дороги, их разбивают на местности при восстановлении трассы.

Для составления продольного и поперечного профилей трассы и определения отметок реперов, устанавливаемых вдоль трассы, производят техническое нивелирование с использованием, как правило, двух нивелиров (Н-10 или Н-10К). Первым прибором нивелируют все связующие точки (пикеты, плюсовые точки, реперы), вторым – все промежуточные точки (некоторые плюсовые точки, поперечные профили, геологические выработки на трассе). Километровые пикеты и реперы как связующие точки обязательно нивелируют обоими нивелирами, что позволяет надежно контролировать превышения в ходе.

Нивелирование по ходу обычно ведут методом «из середины», устанавливая равенство плеч «на глаз». Расстояние до связующих точек принимают равным 100...150 м. Если нивелирование по трассе производят одним нивелиром, превышения между связующими и всеми пикетными точками определяют по черной и красной сторонам реек, а при работе с односторонними рейками – при двух горизонтах нивели-

ра. Рейки применяют шашечные, трехметровые, двусторонние; в пересеченной местности удобны четырехметровые складные рейки.

При передаче высот через водные препятствия наблюдения выполняют или по специальной программе, или пользуются уровнем воды, полагая, что у взаимно противоположных берегов он имеет одинаковые отметки.

Полевой контроль нивелирования производят на станции и в ходе между реперами с известными отметками. Расхождения между превышениями, полученными на станции из наблюдений двумя нивелирами или по двум сторонам реек, не должны превышать 7...10 мм. Невязка в ходе между реперами с известными отметками не должна превышать $50\sqrt{L}$ мм, где L – длина хода, км, а расхождение между суммами превышений, полученными из нивелирования первым и вторым нивелирами, – $70\sqrt{L}$ мм.

На трассе дороги могут быть расположены различные сооружения: участковые станции, разъезды, мастерские, станции обслуживания, заправочные колонки, сооружения (мосты, трубы), поселки, водоотводящие устройства и др. Для проектирования этих объектов необходимо иметь крупномасштабные планы соответствующих участков местности. Съёмка таких участков ведется в масштабах 1:2000...1:500 тахеометрическим способом с опорой на точки трассы.

Для съёмки больших площадок создают плано-высотное обоснование в виде теодолитных и нивелирных полигонов. Съёмку узкой полосы вдоль трассы ведут по поперечным профилям, разбиваемым на пикетах и плюсовых точках трассы. При наличии крупномасштабных фотопланов подробных съёмочных работ на трассе не ведут. На фотопланах обновляют и дополняют ситуацию, в необходимых местах рисуют рельеф.

По окончании полевых работ материалы трассирования обрабатывают: проверяют полевые журналы, уравнивают нивелирные и теодолитные ходы, вычисляют отметки и координаты точек трассы, составляют планы, продольный и поперечные профили участков дороги.

Продольный профиль разбитой на местности трассы – основной документ, полученный в результате изысканий. Им постоянно пользуются при проектировании и строительстве железной и автомобильной дорог, а также в процессе эксплуатации. Профиль составляют в масштабах: горизонтальном – 1:5000 для автомобильной дороги и 1:10000 для железной дороги; вертикальном – соответственно 1:500 и 1:1000.

На продольный профиль (рис. 183) в соответствующие графы вписывают все данные, необходимые для проектирования дороги. В графе «Ситуация» показывают контурную часть плана в полосе шириной по 100 м с каждой стороны от оси трассы. Углы поворота в этой графе отмечают стрелкой, а ось трассы вычерчивают красным цветом. При заполнении графы «План линии» проставляют длины и истинные

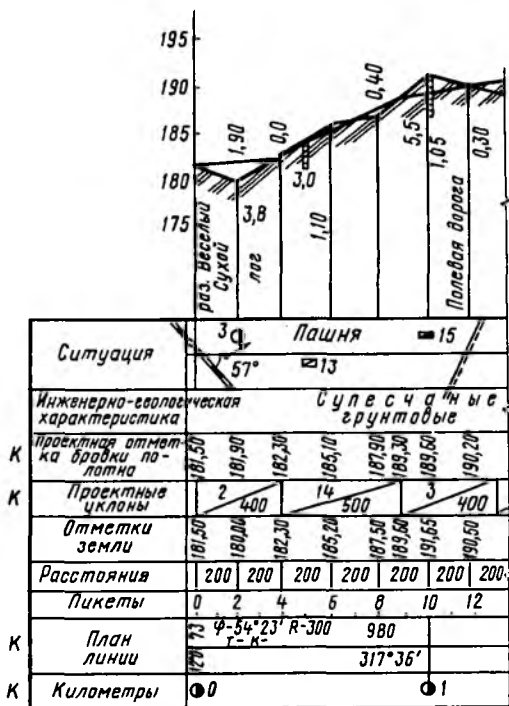


Рис. 183. Продольный профиль участка трассы железной дороги

румбы прямых участков; на кривых показывают их основные элементы: ϕ , R , T , K . Кривую вычерчивают вниз, если трасса поворачивает влево, и вверх, если трасса поворачивает вправо. В графу «Отметки земли» выписывают отметки пикетов и плюсовых точек, определенные в процессе нивелирования по трассе. На продольном профиле отмечают также номера пикетов, расстояния между ними и километраж по трассе. Проектные данные показывают в соответствующих графах красным цветом. «План линии» также вычерчивают красным цветом.

По отметкам земли и пикетажу строят фактический профиль. При этом начало масштаба высот выбирают так, чтобы самая низшая точка фактического профиля не доходила до первой графы на 20...30 мм.

Красную линию профиля проектируют в соответствии с техническими условиями на данный вид и категорию дороги. Кроме того, при проектировании выполняют следующие правила: проектные уклоны задают с точностью до 0,001; проектные отметки относят к бровке земляного полотна; алгебраическая разность уклонов на двух соседних участках проектной линии не должна превышать заданного предельного уклона; на участках плановых кривых предельно допустимый уклон должен быть смягчен, уменьшен для железных дорог на $700/R$, где R – радиус кривой, для автомобильных дорог – от 10 до 50%; объем насыпей и выемок должен быть минимальным.

Проектирование начинают от мест с заданными отметками, например, от начальной точки трассы, мостового перехода через водное препятствие. Далее приближенно намечают первый участок проектной линии. По разности отметки земли в конце первого участка и начальной проектной отметки, а также расстояния между этими отметками подсчитывают уклон. Если он окажется допустимым, его округляют

до 0,001 и записывают в соответствующую графу профиля, указывая одновременно расстояния. Знаком уклон не сопровождают, его заменяет соответствующая диагональная линия в графе уклонов. По принятому значению уклона и расстоянию вычисляют превышение и, прибавив его с соответствующим знаком к первой проектной отметке, находят отметку конца первого участка красной линии. Дальнейшее проектирование выполняют подобным образом.

Разность проектной и фактической отметок данной точки профиля называется рабочей отметкой. Положительная рабочая отметка показывает высоту насыпи, отрицательная – глубину выемки. Рабочие отметки намечают на самом профиле. Точку пересечения проектной линии с линией профиля называют точкой нулевых работ; рабочая отметка этой точки равна нулю. Точки нулевых работ иногда отмечают на профиле трассы, так как они указывают начало насыпи или выемки.

В ходе проектирования, чтобы обеспечить размещение вертикальных кривых, выдерживают шаг проектирования – минимально допустимое расстояние между переломами проектной линии.

На профиле дорог проектируют также водоотводные каналы (кюветы), указывая при необходимости в соответствующих графах продольного профиля их проектные уклоны, расстояния и отметки на пикетах.

§ 80. РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДОРОГ

Полотно автомобильной дороги (рис. 184, *а*) состоит из проезжей части 4, обочин 3, откосов 7 и кюветов 1. Ширина проезжей части колеблется от 6 м и более в зависимости от категории дороги. Для укрепления проезжей части с обеих сторон ее устраивают обочины шириной 2...3,75 м. К обочинам примыкают откосы. Линия, отделяющая обочины от откосов, называется бровкой дорожного полотна. Проектные отметки в продольном профиле дают по бровке.

Проезжая часть магистральных автомобильных дорог состоит из искусственного покрытия (бетонное, каменное и др.), для устройства которого в дорожном полотне делают земляное корыто $DD'K'K$.

Для быстрого стока воды поверхность дорожного полотна имеет поперечный уклон от середины к бровкам. Величину этого уклона назначают в зависимости от типа покрытия. На цементобетонных и асфальтобетонных дорогах поперечный уклон проезжей части составляет 1,5...2,0%, щебеночных и гравийных – 2,0...3,0%, на мостовых – 3,0...4,0%. Поперечный уклон обочин на 2,0% больше уклона проезжей части. Поперечный уклон дна корыта, как правило, равен уклону проезжей части.

Основной частью железнодорожного полотна (рис. 184, *б*) служит верхнее строение – рельсы со шпалами, уложенные на балла-

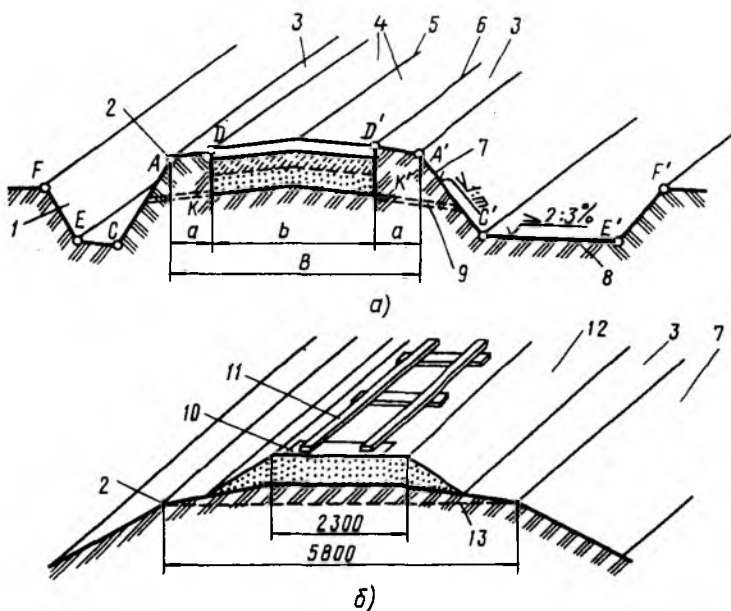


Рис. 184. Поперечный профиль полотна дороги:

a – автомобильной, *б* – железной; 1 – кювет, 2 – бровка полотна, 3 – обочины,
 4 – проезжая часть, 5 – ось, 6 – кромка, 7 – откос, 8 – резерв, 9 – воронка,
 10 – шпала, 11 – рельс, 12 – балластный слой, 13 – сливная призма

стный слой. Для лучшего стока воды земляное основание под балластным слоем устраивают в виде сливной призмы. На однопутных железных дорогах, ширина земляного полотна которых равна 5,8 м, сливная призма в сечении имеет трапецеидальную форму с верхним основанием 2,3 м и высотой 0,15 м. На двухпутных дорогах шириной 10 м сливную призму строят с треугольным основанием высотой 0,2 м.

Вдоль дорожного полотна устраивают боковые водоотводные каналы – кюветы, средняя глубина которых 0,6 м. Продольный уклон дна кюветы должен быть не менее 0,2 ... 0,3%.

Для выполнения земляных работ производят детальную разбивку земляного полотна, которая состоит в обозначении на местности в плане и по высоте всех характерных точек поперечного профиля полотна: оси, бровок, кюветов, подошвы насыпей и т. д.

На прямолинейных участках трассы поперечники разбивают через 20...40 м и на всех переломах продольного профиля. Для этого с помощью теодолита и ленты в створе оси трассы разбивают плюсовые точки между пикетами, например +20, +40, +60, +80 м, которые будут осевыми точками поперечников. Сами же поперечники разбивают вправо и влево от этих точек перпендикулярно оси трассы. Прямой

угол строят с помощью теодолита или эккера, а необходимые по проекту расстояния до характерных точек поперечного профиля откладывают лентой или рулеткой.

На закруглениях трассы поперечники разбивают через 10... 20 м в зависимости от радиуса кривой. На этих участках поперечники должны располагаться по направлению к центру кривой, т.е. перпендикулярно касательной к кривой в точке разбивки поперечника.

Одновременно с разбивкой поперечников в натуре выносят проектные отметки, которые соответствуют отметке бровки дорожного полотна в законченном виде. Рабочие отметки, т.е. высоты насыпей или глубины выемок, равны разности проектных отметок по бровке и фактических отметок местности по оси. При этом если проектная отметка больше фактической, дорога идет по насыпи, если же меньше, — в выемке.

Для удобства выноса в натуре проектных отметок и уклонов перед выходом в поле составляют «писанный» профиль, в котором на основании данных продольного профиля дороги (рабочего проекта) для каждого разбиваемого в натуре поперечника вычисляют проектные и рабочие отметки, глубины кюветов и другие данные.

При разбивке поперечных профилей для устройства земляного полотна в насыпи (рис. 185, а) на местности закрепляют положение проекции осевой точки O' , проекции бровок A' , A'_1 , точек подошвы насыпи K' , K'_1 и проекции точек кюветов D , C , E , F .

После отсыпки насыпи вчерне для окончательной отделки полотна восстанавливают ось и выносят в натуре проектные отметки с учетом запаса на последующую осадку грунта. При устройстве полотна автомобильной дороги производят разбивку для устройства корыта.

При разбивке поперечников для устройства земляного полотна в выемке (рис. 185, б) на поверхности земли фиксируют осевую точку трассы O' , точки A' , A'_1 и точки бровки выемки C , C_1 . После выемки грунта вчерне при отделке земляного полотна производят разбивку под кюветы, корыто и обочины (сливную призму на железнодорожном полотне).

Проектные отметки характерных точек земляного полотна вычисляют от отметки бровки по конструктивным размерам, проектным уклонам и ширине отдельных частей дороги. Проектные отметки земляного полотна выносят в натуре с погрешностью не более 10 мм.

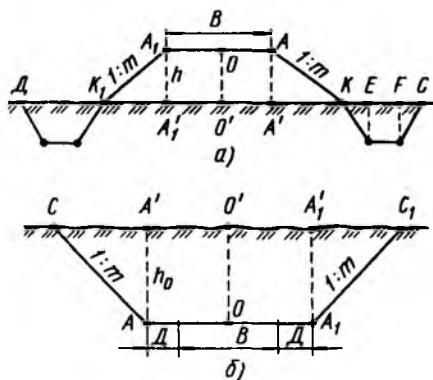


Рис. 185. Разбивка поперечного профиля дороги:
а — в насыпи, б — в выемке

§ 81. РАЗБИВКА ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ДОРОГ

Для устройства покрытия автомобильной дороги или верхнего строения пути на железных дорогах после возведения земляного полотна еще раз разбивают поперечники.

Покрытие автомобильных дорог, которое строят в приготовленном для этого земляном корыте, состоит из песчаной подушки, бетонного или каменного несущего слоя и верхнего асфальтового слоя.

После того как песчаную подушку уложат в земляное корыто и укажут, с использованием теодолита разбивают на поперечниках ось дороги и кромки проезжей части, обращая особое внимание на криволинейные участки дороги. Одновременно с плановой разбивкой нивелиром устанавливают разбивочные точки на уровень проектных отметок верха покрытия или несущего слоя. Такие поперечники разбивают на всех пикетах, переломах продольного профиля и плюсовых точках примерно через 20 м на прямолинейных участках и через 10 м – на кривых. Полученные точки служат плановой и высотной основой для укладки камня или для установки опалубки при бетонировании дороги.

При использовании самоходной бетонообрабатывающей машины по кромкам проезжей части на проектную отметку устанавливают вместо опалубки рельс-формы.

Для железных дорог толщину балластного слоя принимают не менее 350 мм на магистральных дорогах и 250 мм – на местных.

При укладке или окончательной рихтовке железнодорожных путей ось каждого пути разбивают по теодолиту. На закруглениях полотна производят детальную разбивку переходных и круговых кривых. Разбивку закрепляют кольями, на которых гвоздями фиксируют положение оси. Одновременно с помощью нивелира выносят в натуру и закрепляют проектные отметки головки рельсов с погрешностью не более 1...2 мм. Чтобы определить проектную отметку головки рельсов, к проектной отметке профиля (отметке бровки полотна) прибавляют высоту сливной призмы, толщину балластного слоя по проекту с учетом запаса на его осадку, толщину шпал и высоту рельсов.

В процессе строительства производят исполнительную съемку земляного полотна. После окончательной отделки полотна восстанавливают продольную ось и на каждом пикете проверяют ширину корыта, обочин, кюветов, а также крутизну откосов.

Контрольное нивелирование производят, проверяя на всех пикетах и переломах продольного профиля отметки по оси дороги, обеим бровкам, дну кюветов. Ниже приведены предельно допустимые отклонения от проектных:

В отметках бровок земляного полотна, мм	50
По ширине корыта, мм	50
По поперечному уклону корыта	0,05
По продольному уклону кюветов	0,01

При исполнительной съемке автодорожного покрытия определяют отметки по поперечникам в точках на оси дороги и по краям проезжей части. Поперечные уклоны не должны отклоняться от проектных более чем на 0,03.

На железных дорогах проверяют ширину рельсовой колеи и разность отметок головок рельсов обеих ниток на одном поперечнике. Отклонение от проектной ширины рельсовой колеи не должно превышать +4...(-3) мм, а предельная разность отметок головок рельсов на одном поперечнике -4 мм.

Контрольные вопросы:

1. Каковы основные этапы камерального трассирования по топографической карте?
2. Что называется углом поворота трассы?
3. Какие измерения выполняют в полевых условиях для составления плана трассы?
4. Каким образом разбивают пикетаж при полевом трассировании?
5. Как определяется положение точек круговой кривой на местности?
6. Как контролируют линейные измерения при полевом трассировании?
7. Каким образом проектируют профиль будущей дороги?
8. Как определяются координаты и высоты точек трассы?
9. Какие работы выполняют при восстановлении дорожной трассы перед началом строительства?
10. Какие работы выполняют при разбивке земляного полотна дороги?

Глава XXI

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И МОСТОВ

§ 82. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

К гидротехническим сооружениям (рис. 186) относятся шлюзы 1, 5, плотины 2, 4, здания гидроэлектростанции и другие сооружения.

Содержание и объем геодезических изысканий при строительстве гидротехнических сооружений зависят от вида гидротехнического строительства и стадии его проектирования. При проектировании большинства гидротехнических сооружений геодезические работы выполняют для составления топо- и гидрографических планов и продольных профилей рек, а также для обслуживания геологических, гидро-

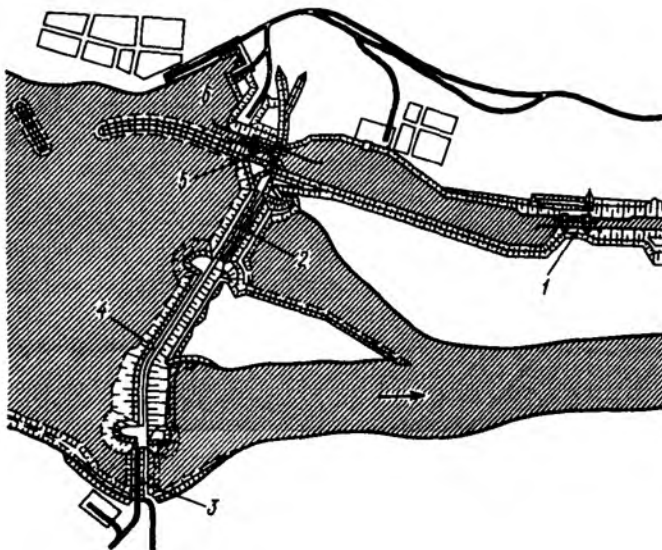


Рис. 186. План сооружений гидроузла:
 1 – нижний шлюз, 2 – водосливная плотина, 3 – гидроэлектростанция,
 4 – земляная плотина, 5 – верхний шлюз, 6 – порт

геологических и других специальных работ. Трассирование подъездных автомобильных дорог и железнодорожных путей, линий электропередачи и связи, других линейных сооружений также входит в состав геодезических изысканий.

Геодезической основой для изысканий гидротехнических сооружений служат все известные виды обоснования, включая триангуляцию, полигонометрию, аналитические сети, геодезические засечки, теодолитные ходы и нивелирные сети. При исследовании рек применяют магистральные теодолитные и нивелирные ходы, прокладываемые вблизи русла реки по обоим берегам, если ширина реки превосходит 150 м.

Как правило, гидротехнические сооружения проектируют в две стадии: проект и рабочая документация. В некоторых случаях составлению проекта предшествует предварительное проектирование. Так, для гидроузла предварительное проектирование состоит в разработке схемы использования реки, а для крупного канала – в составлении технико-экономического обоснования.

Для разработки схемы использования реки, когда намечаются отдельные ступени каскада ГЭС и определяются наиболее выгодные отметки подпорных уровней, применяют продольный профиль.

Продольный профиль реки – это вертикальный разрез по линии наибольших глубин (фарватеру) или по середине (оси) реки. Водную поверхность реки на продольном профиле изображают в виде лома-

ной линии, имеющей различные уклоны. Для составления продольного профиля производят нивелирование уровней (урезов) воды в точках, расположенных через 2...3 км вдоль реки, и промеряют глубину по фарватеру или осевой линии реки. Нивелирование урезов воды производят от реперов магистральных нивелирных ходов, прокладываемых по одному берегу для рек шириной до 500 м и по обоим берегам – при ширине реки более 500 м.

Так как за время нивелирования уровень воды в реке может измениться, продольный профиль составляют на какую-то выбранную дату, регулярно наблюдая за изменением уровня на специально оборудуемых водомерных постах. Простейший водомерный пост представляет собой постоянно закрепленную в воде рейку, по которой регулярно отсчитывают положение уровня воды в реке.

Для больших равнинных рек продольный профиль составляют в масштабах 1:500000...1:1000000, для малых равнинных и горных рек – в масштабах 1:50000...1:100000.

При разработке схемы использования реки определяют в первом приближении границы затоплений и объем водохранилищ каскада. Для этого используют топографические карты речной долины в масштабах 1:25000...1:100000 с сечением рельефа горизонталями соответственно через 5...20 м для больших равнинных рек и в масштабе 1:25000 с сечением рельефа через 2...5 м для горных и малых равнинных рек. На этой же стадии проектирования, если необходимо определить места размещения сооружений гидроузла, жилых поселков и участков разведки строительных материалов, используют топографическую съемку в масштабах 1:5000...1:10000 с сечением рельефа горизонталями через 2...5 м.

Для составления проекта гидроузла выполняют наибольший объем геодезических работ. Наилучший створ и размещение сооружений гидроузла выбирают на планах в масштабах 1:2000...1:5000 с сечением рельефа горизонталями через 0,5...1 м. По створам плотин каскада промеряют глубину реки. Производится комплекс геодезических работ по привязке геологических выработок, трассированию линейных сооружений, съемке площадок под разработку карьеров строительных материалов, для размещения жилых поселков, производственных баз и др.

Для составления рабочих чертежей здания ГЭС, судоходных шлюзов, участков примыкания плотин к берегам, насосных и водозаборных станций, подводящих и отводящих каналов, пристаней, детальной застройки жилых поселков и т.п. используют топографическую съемку в масштабах 1:500...1:1000 с сечением рельефа горизонталями через 0,5...1 м. На этой же стадии проектирования на местность выносят запроектированный контур водохранилища, а также окончательные варианты трасс подъездных железнодорожных и автомобильных путей, линий электропередачи и связи, подземных инженерных сетей и др. Производят подробные технические изыскания линейных сооружений.



Рис. 187. Наметка

Значительные по объему геодезические работы выполняют при проектировании искусственных водохранилищ. Помимо топографических съемок при рабочем проектировании на территории будущего водохранилища производят работы по выносу в натуре его контура, т.е. определению границы затопления. Положение точек контура водохранилища отыскивают нивелированием. Для определения координат точек контура водохранилища по ним прокладывают теодолитный ход.

Изыскания для составления технического проекта магистральных каналов в основном сводятся к составлению топографических планов в масштабе 1:5000 или 1:10000 на полосу местности шириной 1...5 км, в пределах которой затем проектируют канал. При рабочем проектировании осуществляют трассирование и закрепление на местности оси канала. Выполняют также съемки площадок для сооружений на канале (в масштабах 1:1000...1:2000).

Геодезическое обоснование, создаваемое для изысканий каналов, отличается более высокой точностью, чем при изысканиях других линейных сооружений. Плановое обоснование создается в виде ходов полигонометрии, а высотное (в зависимости от проектируемых уклонов) – нивелированием IV, III, а иногда II класса.

При гидротехнических изысканиях производят гидрографические (русловые) съемки на участке прибрежной полосы и русла реки. Съемку берегов производят до границы, превышающей наивысший уровень разлива воды на 1 м. Масштабы русловых съемок зависят от стадии проектирования, ширины и особенностей реки. Так, для рек шириной до 100 м планы составляют в масштабах 1:1000...1:2000, для рек шириной 100...300 м – в масштабах 1:2000...1:5000, для рек шириной более 300 м – в масштабах 1:5000...1:10000.

Если съемку выполняют для целей судоходства, рельеф подводной части реки изображают на планах изобатами – линиями равных глубин. Например, на планах масштабов 1:1000...1:2000 изобаты проводят соответственно через 0,25 и 0,50 м, а на планах масштабов 1:5000 и 1:10000 – через 0,5 и 1 м.

На планах русловых съемок почти отсутствует ситуация и главное значение для них имеет точность промеров глубин. При промерных работах задача сводится к измерению глубины и определению планового положения промерной вертикали (точка, где измеряется глубина).

В простейшем случае глубину реки измеряют наметкой (рис. 187), представляющей собой деревянный шест прямоугольного или круглого сечения диаметром 40...60 мм, длиной не более 5...7 м с нанесенными (обычно через 50 мм) делениями. На нижнем конце шеста делают

металлическую оковку. Погрешность в измерении глубин наметкой в зависимости от характера дна составляет в среднем 30...50 мм.

На больших и глубоких водоемах при значительном объеме промерных работ применяют эхолот, с помощью которого можно вести промеры глубин непрерывно с автоматической записью результатов измерений профиля дна. Речными эхолотами измеряют глубину 0,5...40 м с погрешностью не более 0,1 м.

Плановое положение промерных вертикалей может быть определено различными способами: дальномером, промером со льда, прямой угловой засечкой, применением радиотехнических средств.

Дальномеры применяют на нешироких и неглубоких реках, когда дальномерную рейку или отражатель на вехе можно установить на дно в требуемом месте.

Промеры глубин со льда ведут по предварительно обозначенным на льду точкам, располагаемым по промерным поперечникам (створам).

На широких судоходных реках плановое положение промерных вертикалей (рис. 188) определяют прямой угловой засечкой с концов разбиваемого на берегу базиса. Лучше всего, когда базис разбивают перпендикулярно промерному поперечнику. Тогда для определения расстояния l от точки A с известными координатами до промерной вертикали M достаточно измерить угол β_1 в точке D и, зная длину базиса b_1 , вычислить $l = b_1 \operatorname{tg} \beta_1$.

Положение точки M можно определить графически с помощью мензулы, устанавливаемой в точке D . Для контроля разбивают второй базис b_2 и вторым теодолитом одновременно измеряют угол β_2 . Длина базисов должна быть не меньше половины ширины реки. Промерное судно (лодку, катер) на створе AB исполнитель, измеряющий глубину с судна, обычно устанавливает его визуальным по вехам.

При сплошной русловой съемке засечки промерных вертикалей ведут с точек магистрального теодолитного хода, прокладываемого по берегам реки. Промерные поперечники располагаются на расстоянии 20...50 м один от другого в зависимости от ширины реки, масштаба съемки и характера рельефа дна. Расстояние между промерными вертикалями на поперечнике также колеблется в пределах 5...20 м.

При больших объемах промерных работ, когда глубину измеряют эхолотом, плановое положение промерных вертикалей определяют радиотехническими средствами.

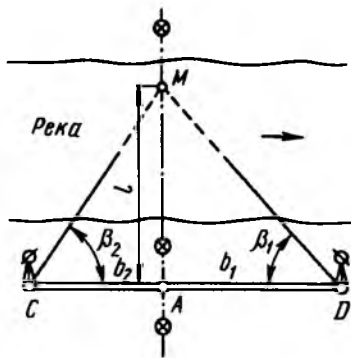


Рис. 188. Схема засечки промерной вертикали

Перед началом промеров на каждом поперечнике у уреза воды забивают кол в уровень с водой. Его отметку определяют техническим нивелированием от ближайшей точки высотного обоснования. Кроме того, положение уровня воды регулярно фиксируют на водомерном посту. Если уровень изменялся более чем на 20 мм, в результаты измерений глубин вводят поправки для приведения их к одному моменту времени.

§ 83. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Каждое гидротехническое сооружение имеет главную (исходную) ось, относительно которой komponуются все его геометрические фигуры и размеры. При разработке генерального плана гидротехнического сооружения геометрической основой проекта служит совокупность увязанных между собой главных осей, представленных как в плане, так и на вертикальных разрезах. В рабочих чертежах формы и размеры сооружения определяются совокупностью основных и вспомогательных строительных и монтажных осей, привязанных к главным осям.

К главным осям гидротехнических сооружений относят: продольные оси бетонных и земляных плотин; продольную ось здания ГЭС; оси междупутья железнодорожных и автомобильных мостов, расположенных на плотине; оси камер судоходных шлюзов, оси деривационных каналов и туннелей и т. д.

Возведение сооружения начинают с фиксации на местности главных осей, от которых на протяжении всего строительства выносят основные и вспомогательные строительные и монтажные оси и откладывают затем запроектированные размеры сооружения, металлоконструкций и деталей.

Оси выносят последовательно: сначала выносят и закрепляют главную ось сооружения относительно пунктов специальной геодезической разбивочной сети, а затем относительно главной оси в натуре определяют положение всех остальных осей и элементов сооружения. Оси в натуре выносят в соответствии с требованиями СНиП и технических условий на возведение данного вида гидротехнического сооружения.

Плановые разбивочные сети на строительной площадке гидротехнического сооружения создают в виде триангуляции, полигонометрии и линейно-угловых построений. Разбивочную сеть обычно строят в две или три ступени.

Пункты первой (исходной) ступени закрепляют по возможности вне зоны производства строительных работ и в устойчивых грунтах. Направление одной из сторон этой сети совмещают с одной из главных осей сооружения. На рис. 189 пункты *A, B, C, D, E* и *F* гидротехнической триангуляции – исходные для построения всей разбивочной

сети гидроузла. При этом сторона AB совмещена с продольной осью плотины. В практике для упрощения производства разбивочных работ и вычисления координат продольную ось сооружения, входящую в схему исходного обоснования, принимают за ось абсцисс условной системы координат.

Пункты второй ступени размещают ближе к сооружению таким образом, чтобы они почти все закрепляли основные продольные и поперечные оси сооружения или параллельные им линии (на рис. 189 пункты 1, 2, ..., 8, 9).

На третьей ступени, если необходимо, дальнейшее сгущение разбивочной сети производят по точкам, закрепляющим оси конструктивных элементов, например: отдельных секций плотины, здания ГЭС, монтажные оси турбогенераторов и т.п. Эти построения осуществляют путем проложения полигонометрических ходов, засечками, створными построениями.

Устойчивость пунктов второй и третьей ступеней периодически контролируют относительно наиболее стабильных пунктов первой ступени.

Высотное обоснование на территории строительства гидротехнического сооружения строят также в несколько ступеней. Используется обоснование не только для обеспечения строительных работ, но и для наблюдений за осадками сооружения. Поэтому исходное высотное обоснование может создаваться нивелированием I и II классов. Дальнейшее сгущение обоснования производится ходами нивелирования III и IV классов, а также техническим нивелированием. Схема высотной сети определяется применительно к конкретной компоновке и конструктивным особенностям гидротехнического сооружения. При этом расположение реперов и высотных марок должно обеспечивать на каждом этапе строительных работ удобство и надежный контроль определения высотного положения строительных конструкций.

Высотная геодезическая сеть на всей территории строительства создается в единой, чаще всего абсолютной, системе высот.

Детальные геодезические разбивки производят при земляных и бетонных работах, монтаже гидротехнического оборудования.

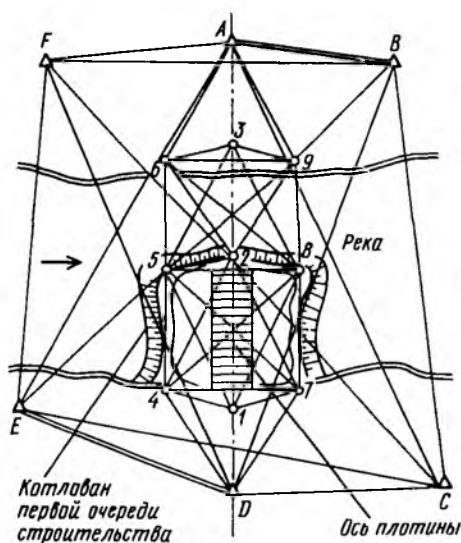


Рис. 189. Гидротехническая разбивочная триангуляция:

A, B, C, D, E – пункты первой ступени;
1, 2, 3, ..., 9 – пункты второй ступени

При производстве земляных работ в натуру выносят оси и проектные отметки; определяют границы и оформляющие поверхности выемок или насыпей; подсчитывают объемы земляных работ.

Бетонные работы на гидротехнических сооружениях выполняют в значительных объемах, поэтому бетонирование производят в виде отдельных блоков размером 10...90 м, составляющих ряды в плане и ярусы по высоте. Бетонные блоки могут иметь сложные очертания и быть насыщены множеством закладных металлических деталей. Все это требует достаточно точного (иногда до 2...5 мм) определения положения осей и опалубки бетонных блоков. Разбивку производят линейно-угловыми построениями от знаков разбивочной геодезической сети или знаков, закрепляющих основные оси сооружения. Чтобы не мешать бетонированию, на расстоянии примерно 1 м закрепляют не сами оси, а выноски, параллельные граням блока. После установки опалубки и закладных металлических деталей производят исполнительную съемку фактического положения опалубки и составляют схему съемки. По мере бетонирования оси переносят на последующие ярусы.

Детальные геодезические разбивки для монтажа гидротехнического оборудования производят относительно основных монтажных осей, закрепляемых на строительных конструкциях. Монтаж оборудования и металлоконструкций, как правило, ведут с высокой точностью, характеризуемой погрешностями не более 1...2 мм. Монтируют конструкции в два этапа – предварительный и окончательный.

При предварительном монтаже приближенно совмещают заводские установочные метки на конструкции с размеченными в натуре монтажными осями. Затем с требуемой высокой точностью производят плановую и высотную исполнительную съемку положения предварительно установленных конструкций. По результатам исполнительных съемок определяют величины фактических отклонений заводских меток от монтажных осей и на основе полученных отклонений производят окончательный монтаж конструкции в проектное положение. После этого вновь производят высокоточную исполнительную съемку и составляют окончательную исполнительную документацию.

Особо точные и ответственные разбивки выполняют при монтаже турбин ГЭС.

§ 84. ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Современные мостовые переходы представляют собой сложные инженерные сооружения протяженностью до нескольких километров. Основными конструктивными элементами моста служат мостовые опоры и пролетные строения (рис. 190).

Для проектирования мостовых переходов выполняют комплексные инженерные изыскания, в состав которых входят геодезические работы.

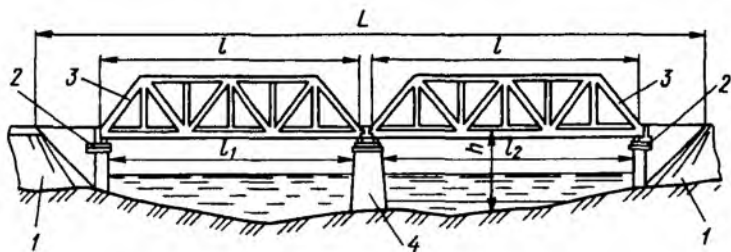


Рис. 190. Двухпролетный мост:
 1 – конусы, 2 – устои, 3 – пролетное строение, 4 – бык,
 L – полная длина моста, l – длина пролета,
 $l_1 + l_2$ – длины отверстия моста, h – высота моста

Основу проектирования на стадии проекта составляет генеральный план, который служит для разработки вариантов мостового перехода и их сопряжений с трассой, выбора места для вспомогательных сооружений. На основании генерального плана разрабатывают проекты геологических, гидрометрических и геодезических работ. Генеральный план для средних рек шириной до 500 м составляют в масштабе 1:5000, для больших рек – в масштабе 1:10000. Съёмку участка мостового перехода производят от его оси на расстоянии полуторной ширины разлива реки вверх по течению и на ширину разлива реки вниз по течению. По берегам производят съёмку поймы до отметки, превышающей уровень высоких вод на 1...2 м. Съёмку выполняют в условной системе координат, принимая ось моста за ось абсцисс. Систему высот применяют абсолютную.

На стадии рабочей документации для составления рабочих чертежей всех мостовых сооружений и разработки проекта подходов трассы к мосту производят съёмку в масштабе 1:500 для площадок до 10 га, 1:1000 для площадок до 50 га и 1:2000 – свыше 50 га. Для отдельных узлов мостовых переходов съёмку в масштабе 1:500 применяют и на переходах через средние и большие реки. Протяженность съёмки вверх и вниз от оси моста составляет 1...1,5 величины его отверстия (сумма длин всех пролетов), а по берегам – та же, что у генерального плана. Система координат и высот также остается прежней.

Для привязки проекта мостовых переходов к местности в процессе геодезических изысканий определяют длину мостового перехода – расстояние между двумя исходными точками на оси моста, закрепленными на противоположных берегах в незатопляемых местах. Длину мостового перехода определяют непосредственно путем измерений, либо косвенным путем из различных геодезических построений. Непосредственно длину мостового перехода можно измерить светодальномером или зимой по льду с помощью точных линейных приборов, например, инварной проволокой. Иногда в процессе изысканий соз-

дают геодезическую опорную сеть, используемую в последующем для производства строительных разбивок. В схему этой сети обязательно включают длину мостового перехода.

Точность измерения длины мостового перехода определяется необходимой точностью построения моста. Так, например, при длине моста 1,5 км и числе пролетов, равном 15, предельная относительная погрешность определения длины мостового перехода равна 1:30 000.

§ 85. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Для строительства мостового перехода на местности определяют положение центров мостовых опор и осей подходов, а также производят детальную разбивку этих сооружений при их возведении и монтаже пролетных строений.

Перед началом разбивочных работ восстанавливают трассу: уточняют пикетаж на участке перехода, проверяют сопряжение перехода с подходами, контролируют положение пунктов разбивочной сети, если она была создана во время изысканий, или создают эту сеть, проверяют или определяют отметки исходных реперов.

Плановую разбивочную сеть создают в виде мостовой триангуляции или линейно-угловой сети. Последняя отличается от триангуляции дополнительным измерением длины всех или части сторон. Форма сетей может быть различной в зависимости от топографии местности и размера мостового перехода. Часто форма сети представляет собой простой или сдвоенный геодезический четырехугольник (рис. 191, *а*, *б*), а при наличии острова – центральную систему (рис. 191, *в*).

В настоящее время широкое распространение получили линейно-угловые сети из базовых треугольников. В этих сетях измеряют все

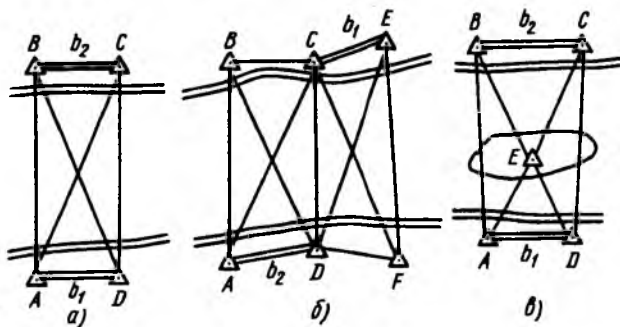


Рис. 191. Схема мостовой триангуляции:
а, *б* – простой и сдвоенный четырехугольники,
в – центральная система

углы β (рис. 192, а, б) и стороны S . Пункты сети располагают в незапляемых и геологически устойчивых местах с таким расчетом, чтобы с них было удобно вести разбивку центров опор и других сооружений мостового перехода. Координаты пунктов сети определяют в условной системе, принимая ось мостового перехода за ось абсцисс, а одну из исходных точек за начало координат. Точность разбивочной сети должна быть такой, чтобы средняя квадратическая погрешность положения любого пункта по отношению к исходному не превышала 1 см.

Для обеспечения разбивки мостовых сооружений по высоте для мостов длиной до 300 м на каждом берегу устанавливают не менее чем по одному реперу, для более длинных мостов – не менее чем по два репера. Если в районе строительства имеется остров, на нем дополнительно размещают 1...2 репера. Отметки реперов определяют со средней квадратической погрешностью не более 5 мм. Отметки через реку передают точным геометрическим или тригонометрическим нивелированием по специальной программе.

Для разбивки опор моста прежде всего выносят в натуру положение их центров. При разбивке на сухом месте (суходоле) или в зимнее время по льду положение центров опор определяют непосредственным откладыванием проектных расстояний вдоль продольной оси моста от точек, закрепляющих эту ось.

Проектные расстояния откладывают с помощью шкаловых лент или рулеток. Натяжение при этом задают динамометром и учитывают поправки за температуру и компарирование мерного прибора. При использовании светодальномера вначале разбивку выполняют приближенно. Затем светодальномером измеряют расстояния до полученных точек, сравнивают их с проектными значениями и смещают предварительно найденные точки по оси моста в проектное положение.

Вынесенные в натуру центры мостовых опор закрепляют знаками, закладываемыми по створным плоскостям, перпендикулярным продольной оси моста. Знаки устанавливают вне зоны предстоящих строительных работ.

На мостовых переходах через большие судоходные реки разбивку центров мостовых опор, как правило, производят методом прямой угловой засечки с пунктов мостовой разбивочной сети. Центр

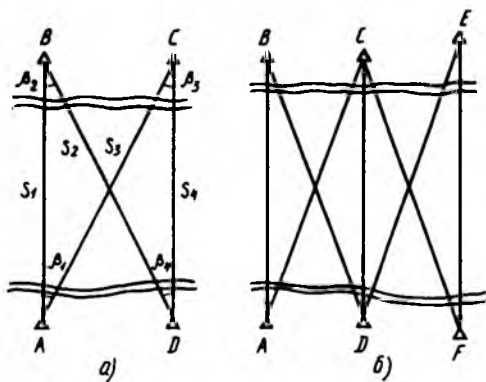


Рис. 192. Построение схемы линейно-угловой сети из базовых треугольников: а – простая, б – двойная

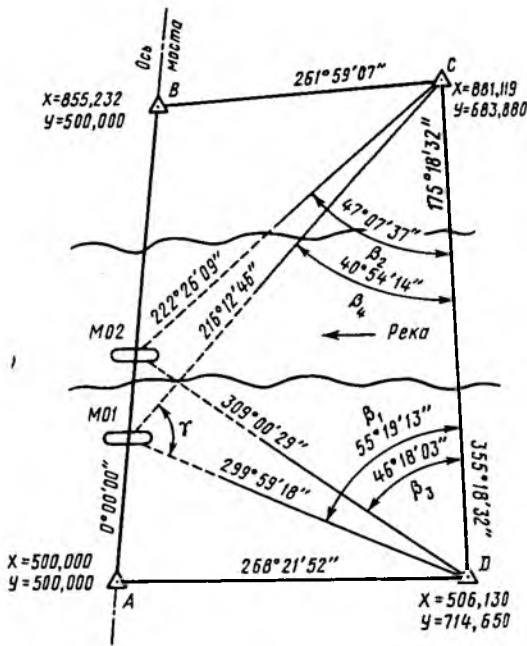


Рис. 193. Разбивочный чертеж для вынесения в натуру центров опор моста прямой угловой засечкой

наблюдателя визирную марку перемещают, добиваясь совмещения оси марки с коллимационной плоскостью теодолита, задающего разбивочный угол. Положение оси мишени визирной марки, находящейся на пересечении визирных лучей двух теодолитов, проектируют с помощью оптического отвеса на землю и закрепляют. Аналогично находят точку при втором положении круга теодолита. Точку, расположенную посередине между этими двумя точками, принимают за центр опоры.

Для контроля и повышения точности по теодолиту, установленному на пункте A и ориентированному на пункт B , проверяют положение найденного центра опоры относительно продольной оси моста. Если центр опоры смещен от оси не более чем на 20 мм, его смещают на ось перехода.

Контролем разбивочных работ служит измерение расстояний между вынесенными центрами нескольких опор.

В процессе строительства центры опор восстанавливают несколько раз: для возведения фундаментов, установки опалубки при бетонировании опор, перед установкой конструкции пролетных строений и т. п. Поэтому для опор, расположенных в воде, направления засечек с пунктов разбивочной сети закрепляют на противоположном берегу специальными визирными знаками.

каждой опоры определяют не менее чем с трех пунктов, причем одно из направлений должно совпадать с осью моста. Разбивочный чертеж, составляемый перед разбивкой опор, представлен на рис. 193. Положение центров мостовых опор $M01$ и $M02$ определяют засечкой с пунктов C и D разбивочной сети. Разбивочные углы β_1, \dots, β_4 определены через дирекционные углы по координатам пунктов сети решением обратных геодезических задач.

Для разбивки на пунктах C и D помещают точные оптические теодолиты. На определяемой опоре устанавливают визирную марку с оптическим центриром. По указанию

Детальную разбивку опор производят от закрепленных в натуре их центров. При этом из центра опоры теодолитом выносят ось мостового перехода и перпендикулярную ей ось опоры. От этих осей разбивают отдельные элементы опоры, как это делают при строительстве промышленных сооружений.

По окончании строительства мостовых переходов производят исполнительную съемку опор.

При монтаже пролетного строения в зависимости от схемы монтажа (непосредственно в пролете, сборка на берегу и т. п.) геодезические работы обеспечивают детальную разбивку мест установки пролета, периодическую выверку сборки пролета, его плановую и высотную установку, нивелирование профилей пролета (определение строительного подъема). По окончании монтажа проводят исполнительную съемку мостового перехода, в результате которой составляют план пролетного строения, профили строительного подъема и продольный профиль пути.

§ 86. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ МЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Мелиоративные мероприятия делятся на пять основных видов: гидротехнические, агротехнические, лесотехнические, культурно-технические и химические.

Геодезические работы производят в основном при гидромелиорации. Гидромелиорация осуществляется путем строительства специальных гидротехнических сооружений (плотин, валов, дамб, каналов, шлюзов, трубопроводов, гидротоннелей и др.), с помощью которых орошают, осушают, доставляют воду в безводные районы, предохраняют почву от эрозии.

Оросительные системы (рис. 194) строят в виде открытой сети каналов и борозд для подачи воды на поля или в виде закрытой системы трубопроводов с поливным дождеванием.

Осушительные системы (рис. 195) применяют для осушения заболоченных переувлажненных земель.

Для проектирования гидромелиоративных систем выполняют топографические съемки различных масштабов. На стадии разработки проекта используют планы масштаба 1:5000 с сече-

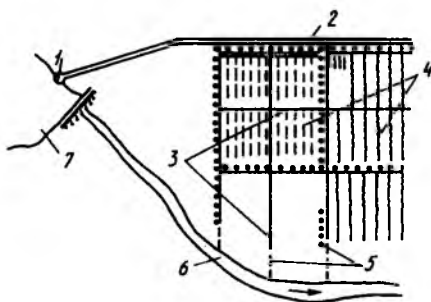


Рис. 194. Схема оросительной системы:
1 - водозаборное сооружение, 2 - магистральный канал, 3 - распределительные каналы, 4 - поливные полосы и борозды, 5 - водосборные каналы, 6 - река, 7 - водохранилище

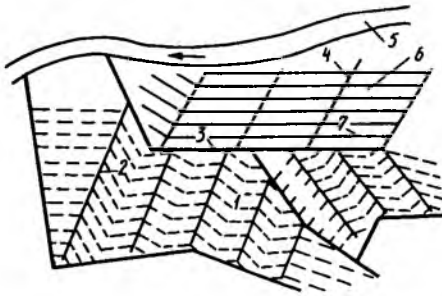


Рис. 195. Схема осушительной системы: 1 – дренажи, 2, 4 – коллекторы, 3 – магистральный канал, 5 – река, 6 – открытый сбиратель, 7 – открытые каналы

нием рельефа через 1 м и масштаба 1:2000 – с сечением рельефа через 0,5 м. Последние используют и для разработки рабочей документации. Для проектирования водозабора из водного источника, плотины и других сооружений площадки снимают в масштабе 1:500 и 1:1000. Эти же масштабы применяют для исполнительной съемки мелиорируемого участка.

Съемка больших участков производится в основном аэрометодами. На небольших территориях

применяют мензульный и тахеометрический способы съемки. Для составления проекта вертикальной планировки в отдельных случаях производят нивелирование площадей по квадратам.

Плановой геодезической основой для съемки и вынесения проекта мелиорации в натуру служат триангуляционные, линейно-угловые и полигонометрические сети. Сгущение производят теодолитными ходами. Высотная сеть развивается ходами нивелирования III класса, прокладываемыми вдоль магистральных каналов, сгущение осуществляется нивелирными полигонами IV класса.

При выносе проекта мелиорации в натуру производят разбивку осей сооружений (плотин, каналов, регулирующих устройств и др.), вертикальную планировку участков, обеспечивают работу землеройных и трубоукладочных машин. При этом для задания направлений и проектных уклонов широко используют автоматизированные лазерные приборы и системы.

Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности и состав геодезических изысканий для гидротехнического строительства?
2. Для чего нужен продольный профиль реки и как его составляют?
3. Каковы особенности съемки русла реки?
4. Каковы особенности построения гидротехнической разбивочной сети?
5. В чем особенности геодезических работ при изысканиях мостовых переходов?
6. Какие геодезические работы выполняют при строительстве мостовых переходов?
7. Какие геодезические работы выполняют при мелиоративном строительстве?

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ, СВЯЗИ И МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 87. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И СВЯЗИ

Геодезические изыскания для проектирования. Линии электропередачи (ЛЭП) разделяются на кабельные (подземные) и воздушные. Кабельные линии в основном прокладывают на застроенных территориях. По воздушным линиям (ВЛ), как правило, передается на значительные расстояния ток высокого напряжения.

При изысканиях ЛЭП необходимо определять габариты приближения проводов (рис. 196, а, б): вертикальный – допустимое кратчайшее расстояние между самой низкой точкой натянутого провода (при максимальной стреле провеса) и поверхностью земли или сооружения, расположенного под линией; горизонтальный – кратчайшее расстояние до предметов на местности. Для линии напряжения 220...500 кВт допустимый вертикальный габарит равен в ненаселенной местности 7...8 м; в труднодоступной местности 6...7 м; для линий напряжением 750 кВт соответственно – 12 и 10 м.

К линиям связи относят: междугородные, внутрирайонные и городские телефонные линии; сети радиофикации; радиорелейные линии. Линии связи могут быть кабельными и воздушными. Воздушные линии связи состоят из опор, проводов, изоляторов. Опоры бывают деревянные и железобетонные. Вертикальный габарит приближения на линиях связи составляет 2,5...8,5 м.

Направление больших магистральных трасс ЛЭП выбирают в период технико-экономического обоснования, а небольших трасс – при подготовке технического задания на проектирование. Трассу выбирают в соответствии с техническими условиями с учетом топографических, инженерно-геологических и гидрометеорологических условий местности.

Технические изыскания трассы ЛЭП выполняют по выбранному и утвержденно-

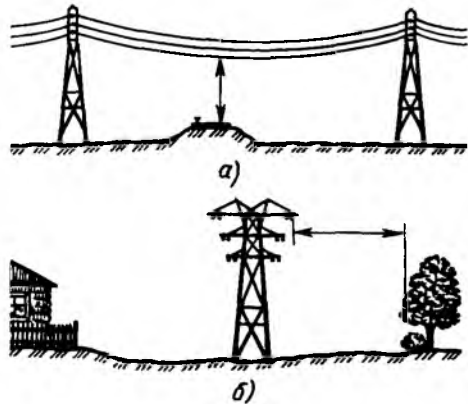


Рис. 196. Вертикальный (а) и горизонтальный (б) габариты приближения проводов ЛЭП

му направлению. Эти изыскания начинаются с изучения материалов выбора трассы и проверки документов согласования.

Технические изыскания небольших трасс, проходящих в слабо пересеченной местности, выполняют наземными методами. При изысканиях больших трасс, прокладываемых в сложных условиях, применяют аэрометоды. Основные точки выбранной и утвержденной трассы по данным привязки к контурам или координатам выносят на местность.

В отличие от других трасс ЛЭП состоит только из прямых участков, без кривых, с поворотом в вершинах углов. Поэтому углы поворотов выбирают в местах, удобных для сооружений опор, т.е. геологически устойчивых и расположенных вдали от растущих оврагов.

Полевое трассирование проводят в том же порядке, что и для дорог. Так как кривые на трассе отсутствуют и пикеты разбивают между вершинами углов поворота без учета домера и перемены пикетажа на углах, то, следовательно, расстояние между соседними вершинами поворотов или створными точками будет равно разности их пикетажного значения.

На трассах ВЛ продольные профили можно составлять по плюсовым точкам, взятым на характерных перегибах рельефа местности и в местах пересечений естественных препятствий или искусственных сооружений. Разбивку опор линий, положение которых, как правило, не совпадает с целыми пикетами, ведут от близлежащих закрепленных точек трассы. Поэтому при изысканиях ВЛ весьма эффективен беспикетный способ трассирования. В этом случае для определения расстояний до закрепляемых характерных точек трассы можно применять дальномеры.

Нивелирование трассы ВЛ выполняют с целью составления продольного профиля, по которому проектируют положение и высоты опор, обеспечивающих расчетный габарит приближений проводов. При этом ошибки из-за обобщения (спрямления) рельефа при выборе характерных плюсовых точек не должны превышать 0,3 м. Этому требованию должна соответствовать точность нивелирования.

В равнинной местности, а также на больших переходах через водотоки, на пересечениях дорог, в застроенных местах производят техническое нивелирование по пикетажу трассы ВЛ. В горных районах и сильно пересеченной местности можно прокладывать по трассе тахеометрические ходы.

Через каждые 8...10 км на трассе устанавливают железобетонные или деревянные реперы.

Планово-высотную привязку ходов по трассе производят не реже чем через 15...20 км.

По результатам изысканий трассы составляют продольный профиль ЛЭП.

Вместе с изысканиями ВЛ выбирают и производят съемку в крупном масштабе площадки подстанций, монтерских пунктов и ремонт-

ных баз, обследуют проходящие в районе трассы дороги и карьеры стройматериалов, а при отсутствии дорог намечают места, по которым с наименьшими затратами они могут быть построены. Производят изыскания эксплуатационной линии связи.

Изыскания линии связи очень схожи с изысканиями ЛЭП, но так как напряжение на линиях связи ниже, габариты приближения у них меньше. Изыскания ведут преимущественно в одну стадию.

Геодезическое обеспечение строительства. Геодезические работы, которые выполняют при строительстве ЛЭП и связи, состоят главным образом в разбивке на местности опор и определении фактического габарита приближения проводов.

Центры опор разбивают по их пикетажному значению от ближайших закрепленных точек трассы: вершин углов поворота и створных точек. Направление по створу трассы задается теодолитом, проектные расстояния откладывают дальномером или рулеткой с введением в каждый пролет поправок за наклон местности. Расстояния между вынесенными в натуру центрами опор не должны отличаться от проектных более чем на $1/200$ от длины пролета.

От центра разбивают фундаменты опоры и положение анкерных устройств.

При монтаже опоры с помощью теодолита производят выверку ее вертикальности.

В процессе исполнительной съемки построенной ВЛ измеряют расстояния между опорами и проверяют соблюдение габаритов приближения проводов.

§ 88. МАГИСТРАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Геодезические изыскания для проектирования. Магистральными трубопроводами называют сооружения, предназначенные для транспортирования на дальние расстояния нефти, нефтяных продуктов, газа, воды. Магистральные трубопроводы состоят из подводящих трубопроводов, головных и линейных сооружений и промежуточных станций. Их укладывают в грунт на глубину не менее 0,8 м до верха трубы, а при переходе через водные преграды – не менее 0,5 м от уровня возможного размыва дна. Уклоны трубопровода проектируют преимущественно параллельно рельефу местности. Поэтому для правильного определения длины трубопровода пикетаж разбивают по наклонной местности.

Продольный профиль так же составляют по наклонным расстояниям. План трассы строят по горизонтальному положению линий.

В районах вечной мерзлоты, в болотистых и горных местах, на оползнях надземную прокладку магистральных трубопроводов проектируют на опорах.

На стадии изысканий под проект определяют наилучший кратчайший вариант трассы, который удовлетворял бы всем техническим усло-

виям и требовал бы минимальных затрат на строительство. Варианты трассы намечают по топографической карте, придерживаясь наиболее короткого направления между начальным и конечным пунктами. По возможности стремятся приблизить трассу к существующим железным и автомобильным дорогам, чтобы использовать их при строительстве и эксплуатации трубопровода. В настоящее время для выбора наилучшего варианта трассы широко применяют аэрофотосъемку.

На полевом этапе изысканий уточняют положение трассы в натуре и закрепляют ее основные точки, выбирают места переходов и площадки станций.

Для составления рабочих чертежей производят полевое трассирование трубопровода с измерением и закреплением углов поворота, разбивкой и нивелированием пикетажа, съемкой пересечений и переходов.

Вершины поворотов отмечают вехами и закрепляют столбами, при этом расстояния между угловыми знаками, а на длинных прямых участках – между створными точками должны быть 300...500 м.

Реперы размещают по трассе через 2...3 км, приурочивая их к большим углам поворота; лучше всего их устанавливать на продолжении стороны трассы на расстоянии 10...15 м от вершины угла. На длинных трассах в местах, не обеспеченных высотной основой, через каждые 10 км устанавливают железобетонные реперы. В плановом положении все реперы привязывают к трассе. Трассу привязывают к геодезическим пунктам не реже чем через 50 км. При отсутствии вблизи трассы опорных пунктов через каждые 30...40 сторон определяют истинный азимут.

Для проектирования мест пересечения трубопроводом рек, оврагов, каналов, дорог дополнительно проводят подробную съемку этих мест в масштабе 1:500 или 1:1000.

На переходах через реки и овраги сооружают дюкер, т.е. трубопровод заглубляют в землю ниже дна препятствия; при пересечении горных дорог и глубоких ущелий возводят эстакаду.

Съемку участка перехода производят в масштабе 1:500...1:1000 с сечением рельефа через 0,5 м. Снимают оба берега и дно реки. Съемку дна выполняют путем промеров глубин по трем створам: главному и двум боковым, расположенным выше и ниже по течению на 50...60 м от оси.

Одновременно с трассированием трубопровода производят изыскания и съемку площадок головных сооружений и промежуточных станций. Выбранные площадки снимают в масштабе 1:500. На основании материалов полевого трассирования составляют план трассы трубопровода в масштабе 1:5000...1:10000, планы отдельных пересечений и площадок в масштабе 1:500...1:1000, а также продольный профиль трассы.

Геодезическое обеспечение строительства. Перед строительством трубопровода восстанавливают и закрепляют углы поворота, пикетаж

трассы, детально разбивают кривые, сгущают сеть рабочих реперов (не реже чем через 1 км), проводят контрольные измерения линий и повторное нивелирование. Одновременно с восстановлением трассы в соответствии с проектом разбивают и закрепляют переходы. Точки закрепления выносят за пределы зоны земляных работ, т.е. примерно на 5 км в обе стороны от оси.

Для производства земляных работ необходима детальная разбивка траншеи, характер которой зависит от того, каким экскаватором будут выполняться эти работы. При использовании одноковшового экскаватора примерно через 10 м от закрепленной оси на местности намечают обе бровки траншеи и указывают глубину последней. Для правильной работы многоковшового экскаватора (канавокопателя) разбивают линию, которая параллельна оси трубопровода и отстоит от нее на расстоянии, равном половине расстояния между внутренними гранями гусениц канавокопателя. Эту линию закрепляют через 5...10 м кольями, которые должны быть хорошо видны экскаваторщику. При направлении грани соответствующей гусеницы канавокопатель будет двигаться вдоль линии колеьев строго по намеченной трассе.

Чтобы избежать переборов грунта, траншеи не добирают до проектных отметок на 10...15 см. Затем на пикетах и колодцах строят обноски и с помощью визирок зачищают окончательно дно траншеи. Обноска ставится перпендикулярно оси трубопровода. На колодцах, расположенных на поворотах трассы, обноски ставят по биссектрисе угла. От точек крепления на обноску выносят ось траншеи и закрепляют ее гвоздем. Натянув между осевыми точками соседних обносок проволоку и подвесив на нее отвес, проверяют плановое положение траншеи.

Высотную выверку дна траншеи с применением визирок производят следующим образом (см. рис. 107). Прокладывая нивелирный ход, определяют отметки $H_{\text{скам}}$ верхней грани каждой обноски. Из этих отметок вычитают соответствующие проектные отметки $H_{\text{пр}}$ дна траншеи. По полученным разностям выбирают длину l ходовой визирки (3...3,5 м). Если затем из длины вычесть ранее полученные разности, определим высоту h_0 опорной или пришивной визирки на каждой обноске, т.е. $h_0 = l - (H_{\text{скам}} - H_{\text{пр}})$.

Для удобства пользования длину ходовой визирки выбирают с таким расчетом, чтобы высота опорных визирок на данном участке была 0,3...1 м.

Над проектной линией дна высота опорных визирок одинакова для всех пикетов и колодцев и равна принятой длине ходовой визирки, т.е. линия, проходящая через верхние планки двух соседних опорных визирок, будет параллельна проектной линии дна траншеи. Поэтому, если встать около одной из опорных визирок 1 и, визируя на глаз поверх нее на соседнюю опорную визирку, установить строго на линии визирования верхний срез ходовой визирки 2 , пятка последней будет

находиться на проектной отметке дна траншеи в этой точке. Перемещая ходовую визирку по дну траншеи через 3...5 м, получают проектные отметки, по которым окончательно зачищают дно. При расстояниях между опорными визирками до 100 м этот способ обеспечивает точность соблюдения проектных отметок с погрешностью не более 10...20 мм.

На переломах продольного профиля трассы разбивают вертикальные кривые больших радиусов. Прямая вставка между началом и концом соседних кривых должна быть не менее 10...20 м. На участках вертикальных кривых проектные отметки по дну траншеи устанавливают с помощью нивелира, так как способ визирок на этих участках не может быть применен.

По окончании укладки трубопровода производят исполнительную съемку. В исполнительном продольном профиле показывают фактические отметки верха насыпи и верха трубопровода, отметки дна траншеи, диаметры уложенных труб и т.д. На плане показывают отклонения от проекта, допущенные в процессе строительства.

Контрольные вопросы:

1. В чем особенность изысканий ЛЭП?
2. Какие геодезические работы выполняют при строительстве ЛЭП?
3. Чем отличается полевое трассирование трубопроводов от трассирования дорог?
4. Какой способ применяют для высотной выверки дна траншеи трубопровода?
5. Каков состав геодезических работ при исполнительной съемке построенного трубопровода?

Глава XXIII

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

§ 89. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ

При строительстве и реконструкции зданий, сооружений, инженерных сетей установлены определенные требования к построению, составу, содержанию исполнительной геодезической документации.

Документация предназначена для определения соответствия построенных элементов, конструкций и частей зданий (сооружений), проложенных инженерных сетей проекту, а также для определения: выдержаны ли нормативно-технические требования, каков уровень качества строительно-монтажных работ. Документация входит в состав обязательной исполнительной документации, предъявляемой строительной

организацией при сдаче в эксплуатацию законченных строительством зданий и сооружений, инженерных сетей. При продолжительном строительстве по завершении отдельных участков строительных работ такая документация передается заказчику по предъявлению к оплате выполненных работ.

В состав исполнительной документации входят топографические планы, схематические чертежи с данными съемок, профили, каталоги координат, схемы сварочных стыков газо- и теплопроводов, полевые геодезические материалы. На планах, профилях и схемах показывают дополнительную информацию, например, материал труб, основание, на которое они уложены, защита от случайных повреждений и т. д.

Исходной основой для составления исполнительных схем служат рабочие чертежи (РЧ) проекта. Если выполненные конструкции не отличаются от запроектированных, на РЧ ставят штамп – отклонений от проекта нет и оформляют соответствующими подписями и печатями.

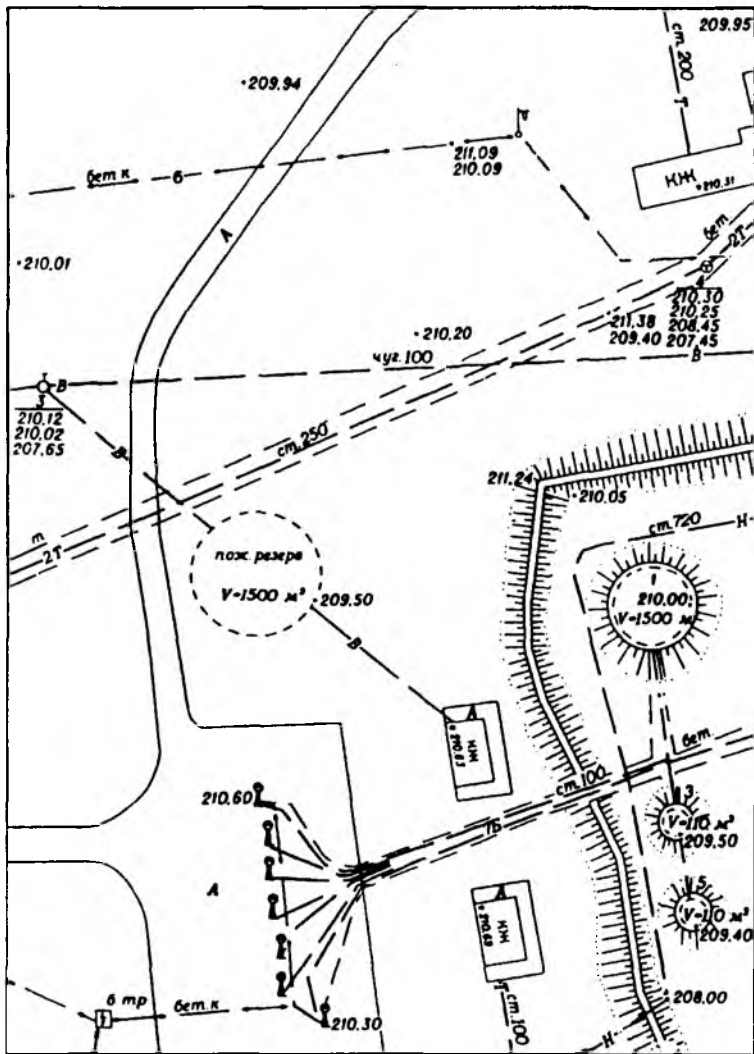
При наличии отступлений от проекта (например, смещении подземных трасс) или отклонений, превышающих нормированные, исполнительная документация составляется в соответствии с требованиями к составлению топографо-картографической продукции (рис. 197, а, б) или проектных чертежей.

Пример изображения строительных конструкций приведен на рис. 198, а...г. Некоторые образцы условных изображений зданий, сооружений и элементов транспорта приведены в табл. 15.

§ 90. ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ИНЖЕНЕРНЫМ СЕТЯМ

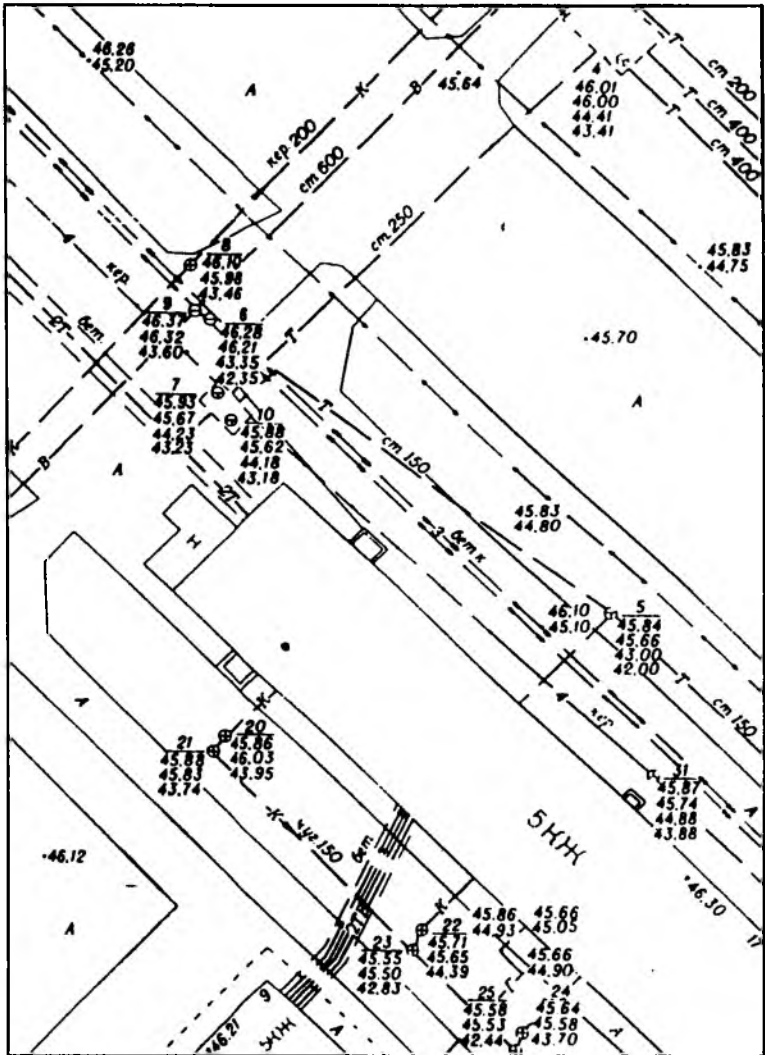
Исполнительную документацию по подземным и надземным инженерным сетям составляют в объеме РЧ. При соответствии действительных размеров, отметок, уклонов, сечений (диаметров) и привязок номинальным (в пределах норм точности измерений) в качестве исполнительных чертежей используют РЧ, на которых делают надпись: «Исполнение соответствует проекту». При составлении исполнительных чертежей протяженных сетей их изображают с разрывом в виде параллельных штриховых линий на схемах-планах масштабов 1:400 или 1:800. В виде фрагментов эти же планы изображают в более крупных масштабах – 1:100 или 1:200, а масштабы узлов и разрезов увеличивают до 1:20 и 1:50. Такие крупные изображения коммуникаций позволяют в дальнейшем при эксплуатации производить грамотно их техническое обслуживание и ремонт.

Исполнительные чертежи составляют на ранее выпущенном топографическом плане и использованном для проектирования. В состав исполнительной документации включают ситуационный план в масштабе 1:2000 или 1:5000. На этот план схематически наносят прокладываемую инженерную сеть.



1:500
а)

Рис. 197 (а). Пример топографо-картографического изображения территории бензозаправочной станции с подземными коммуникациями



1:500
6)

Рис. 197 (б). План подземных коммуникаций с высотными отметками

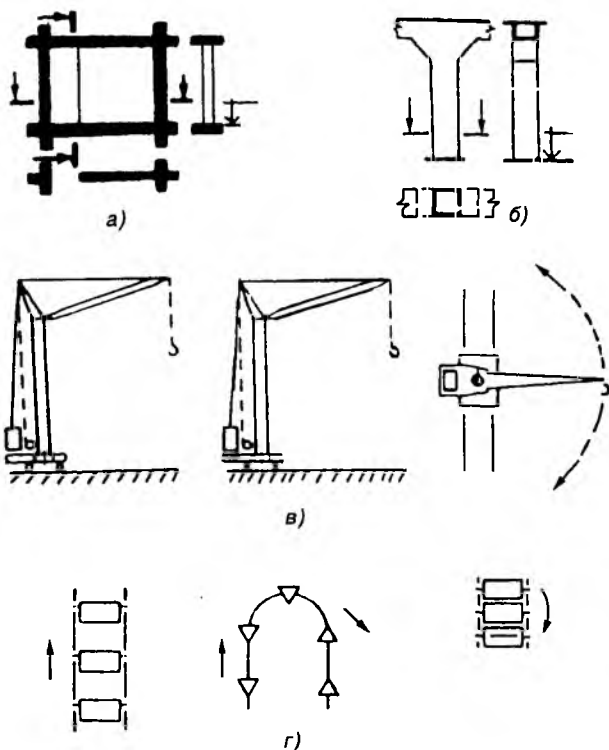


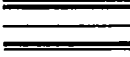
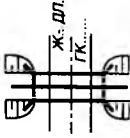
Рис. 198. Изображения на рабочих чертежах стены с проемом для прохода (а), колонны (б), башенного передвижного крана (в), (виды – спереди, сбоку и сверху), ковшевого конвейера (г) (виды – спереди, сбоку и сверху)

К содержанию исполнительного чертежа и профиля инженерных коммуникаций предъявляют следующие основные требования. На планах показывают: местоположение прокладываемых, а также вскрытых при строительстве центров люков колодцев и камер, углов поворота сети, главных точек кривых (начало, середина, конец) при плавных поворотах в плане, точки изломов и изгибов по высоте, центры мест переходов коммуникации из подземного положения в надземное и наоборот; точки пересечения основной оси с осью присоединения или отвода, створные точки верха прокладки на прямых участках через 50...100 м, места изменения диаметра и материала труб и др.

По каждому отдельному виду прокладки инженерной сети на исполнительные чертежи наносят специфические устройства. Так, на исполнительном чертеже проложенного водопровода показывают: пожарные гидранты, задвижки, вантузы, аварийные выпуски, водоразборные колонки, упоры на углах поворота, заглушки, габариты колодцев и камер.

**Условные знаки изображения зданий, сооружений
и элементов автотранспорта при исполнительных съемках**

Наименование изображения	Условное графическое изображение	Размер, мм
Здания и сооружения		
<p>Здание (сооружение): а) наземное, с указанием отступки и количества этажей</p> <p>Примечания: 1. Количество этажей 2...5 обозначают соответствующим числом точек 2. Количество этажей более 5 обозначают цифрами 3. Для чертежей масштабов 1:2000 и мельче отступка и дверные проемы не показывают (места проемов обозначают осями)</p>		
<p>б) наземное со стенами, не доходящими до уровня земли, навес</p> <p>Примечание Для чертежей масштабов 1:2000 и мельче показывают только крайние опоры</p>		-
<p>в) подземное</p>		-
<p>г) предусматриваемое к расширению</p>		-
<p>Проезд, проход в уровне первого этажа здания (сооружения)</p>		-
<p>Переход (галерея)</p>		-
Транспортные сооружения и устройства		
<p>Автомобильная дорога с бордюром</p>		-

Наименование изображения	Условное графическое изображение	Размер, мм
Автомобильная дорога с обочиной Примечание. Для М 1 : 2000 ... М 1 : 5000 ось автодороги не показывают, ширину изображают в масштабе чертежа, но не менее 1,5 мм в свету		-
Мост		-
Развязка автомобильных дорог в разных уровнях: на пересечении		-

При этом используют большое количество условных знаков изображения. В качестве примера в табл. 16 приведены условные знаки, применяемые при составлении исполнительной документации при прокладке водопровода и его обустройств.

На вспомогательном чертеже приводят отметки обечайки смотрового люка и дна колодца, данные о назначении сети, количестве, материале и диаметре труб. На свободном месте исполнительного чертежа приводят внесмасштабную общую схему проложенной сети с указанием внешних габаритов сооружений, диаметров и материалов труб, протяженность отдельных участков сети, упоров на углах поворота, задвижек, отключаемых существующих сетей.


В состав исполнительной документации входят профили. На продольных профилях кроме данных о проложенной сети показывают все вскрытые в процессе прокладки существующие сети.

В так называемой легенде профиля приводят следующие данные: горизонтальные расстояния между точками нивелирования (пикетаж, нумерация), размеры и направления уклонов, количество труб (кабелей), диаметры, характеристики конструкций дорожного покрытия и ее основания, вскрытых в процессе строительства.

Образцы оформления исполнительного чертежа и продольного профиля приведены на рис. 199, 200.

Исполнительную съемку проложенных подземных коммуникаций проводят, как правило, в открытых траншеях и котлованах. После завершения работ или при реконструкции действующих коммуникаций производят контрольные исполнительные съемки методами и с точностью топографических съемок М 1 : 500 и технического нивелирования.

Условные знаки для изображения водопровода и его обустройств

Наименование	Условное обозначение
Водозаборы	
Скважина водозабора	
Колодец шахтный	
Колодец водосборный	
Водозабор грунтовой воды горизонтальный	
Водозабор поверхностной воды	
Подхват (перехват) родника	
Сооружения очистки и подъема воды	
Станция очистки воды	
Станция насосная	
Станция водонапорная	
Резервуары	
Резервуар закрытый	
Резервуар открытый	
Башня водонапорная	
Сеть	
Водомер	
Гидрант подземный на сети	
Гидрант подземный на ответвлении	
Гидрант подземный на сети	
Гидрант подземный на ответвлении	
Колонка водозаборная	

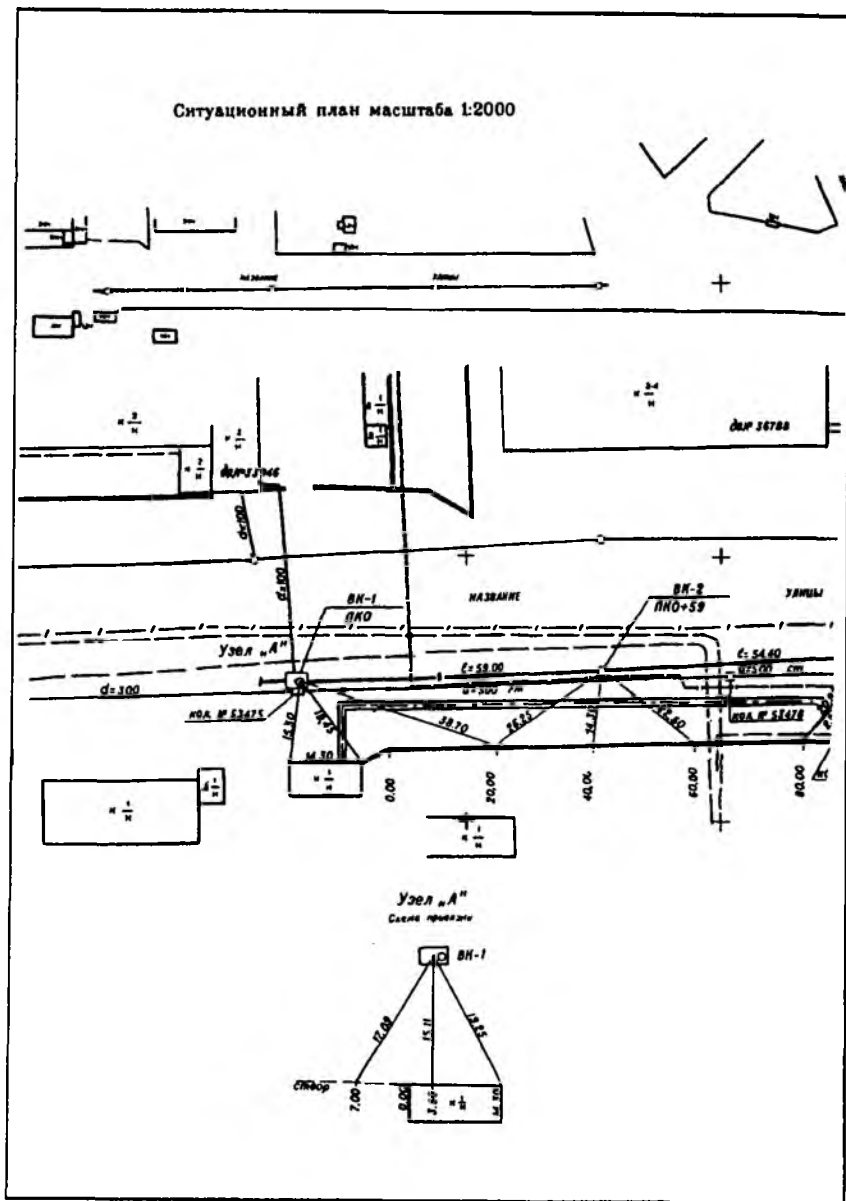


Рис. 199. Образец оформления исполнительного чертежа (план)

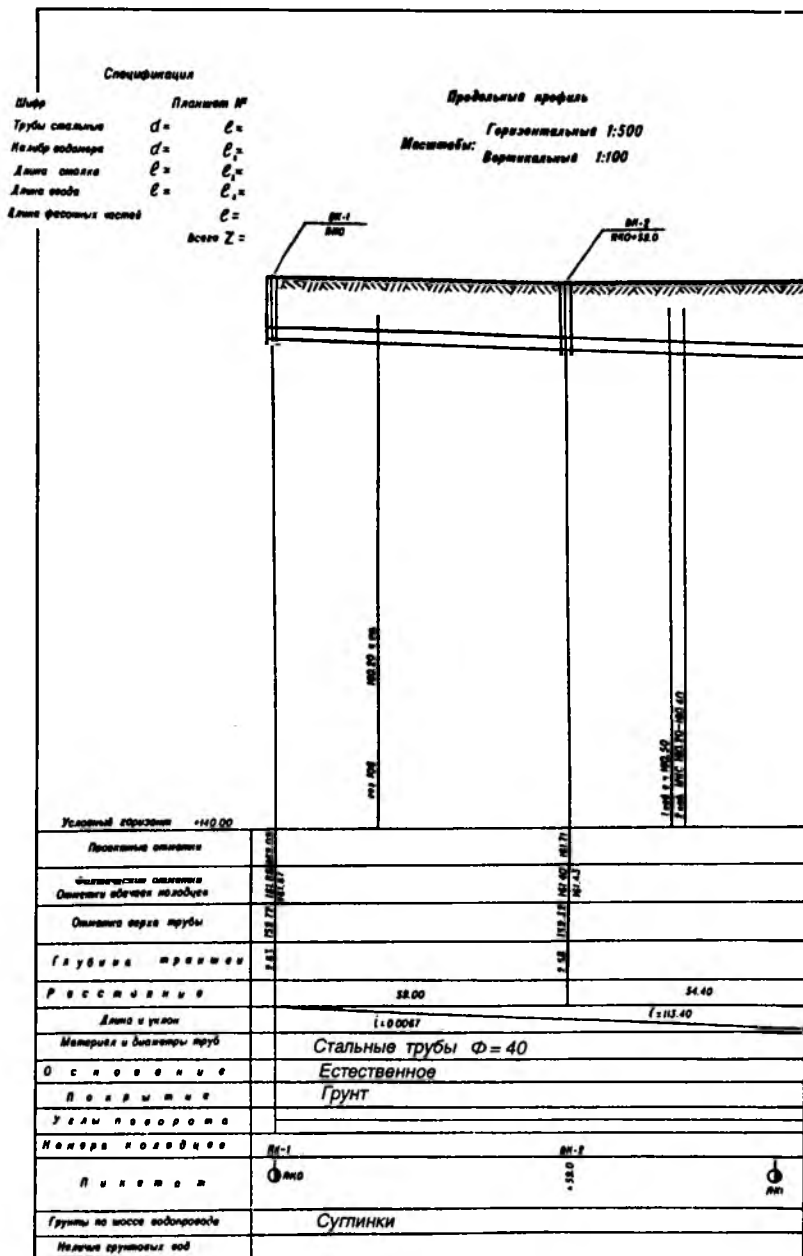


Рис. 200. Образец оформления исполнительного чертежа (профиль)

После завершения контрольных съемок сравнивают результаты ранее выполненных измерений с вновь полученными. Предельные отклонения между действительными значениями геометрических параметров подземных инженерных сетей, представленных на исполнительном чертеже, и данными контрольной съемки не допускаются выше: в плане – 0,5 м, по высоте – 0,03 м для самотечных трубопроводов и 0,1 м – для остальных. При больших расхождениях съемки повторяют.

§ 91. ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ЗДАНИЯМ И СООРУЖЕНИЯМ

В процессе возведения зданий и сооружений или их отдельных частей производят исполнительные съемки несущих и ограждающих конструкций. Как правило, снимают местоположение элементов, от правильности установки которых зависят прочностные характеристики зданий в целом. Съемке подвергают элементы и части зданий, от точности монтажа (установки) которых зависят последующие работы. Исполнительные схемы при возведении зданий и сооружений составляют при отрытии котлованов, забивке свай и свайных полей, устройстве монолитных опорных плит и роствержков, всех видов фундамен-

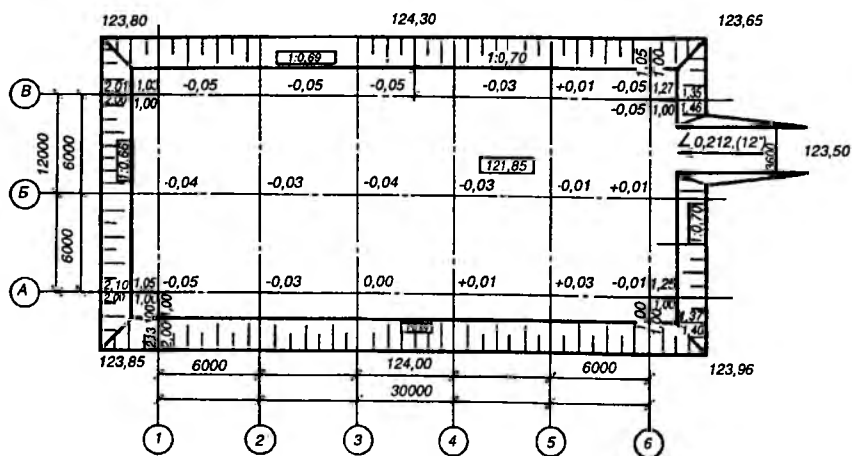


Рис. 201. Образец оформления плано-высотной съемки котлована (действительные размеры даны над размерными линиями, проектные – под линиями). На чертеже показаны: 0,05 – отклонение отметки дна котлована от проектной, 121,85 – проектная отметка дна котлована, 1:0,71 – крутизна откоса по проекту, 1:0,69 – крутизна откоса в натуре, 123,85 – отметка верхней бровки котлована (все размеры кроме осевых и отметки даны в метрах, отметке чистого пола соответствует абсолютная отметка .124,00 = 0,000)

тов, монтаже стен, колонн, лифтовых шахт, перекрытий и др. Образцы исполнительных схем приведены на рис. 201–205.

Кроме графических способов отображения результатов съемок используют табличные (табл. 17). К этому способу прибегают при строительстве многоярусных высотных зданий.

Особое внимание уделяют выбору мест съемок. Как правило, если эти места специально не оговариваются в проекте или нормативно-технической литературе, их согласовывают с авторским надзором.

В качестве примера на рис. 206 приведены места съемок крупноблочного здания.

Если проверку соответствия значений контролируемых геометрических параметров их отображению на документации осуществляют в поле, то производят контрольные промеры и аналитические расчеты. Например, подсчитывают сумму расстояний между отдельными осями и сравнивают ее с проектной итоговой; при зданиях прямоугольной формы «прокладывают» аналитический теодолитный ход и т. д. Документация считается доброкачественной, если разность

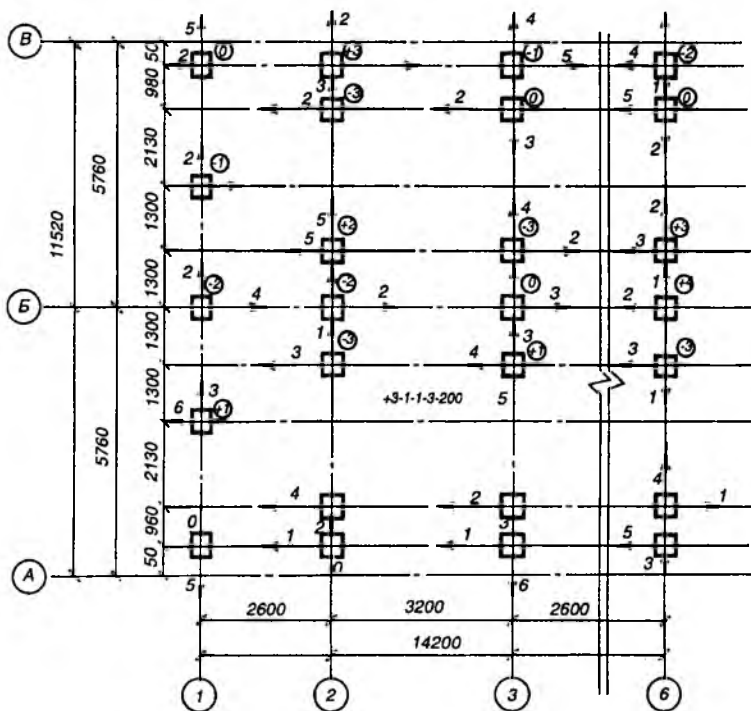


Рис. 202. Образец оформления съемки свайного поля (на схеме показаны отклонения в сантиметрах, размеры между осями – в миллиметрах)

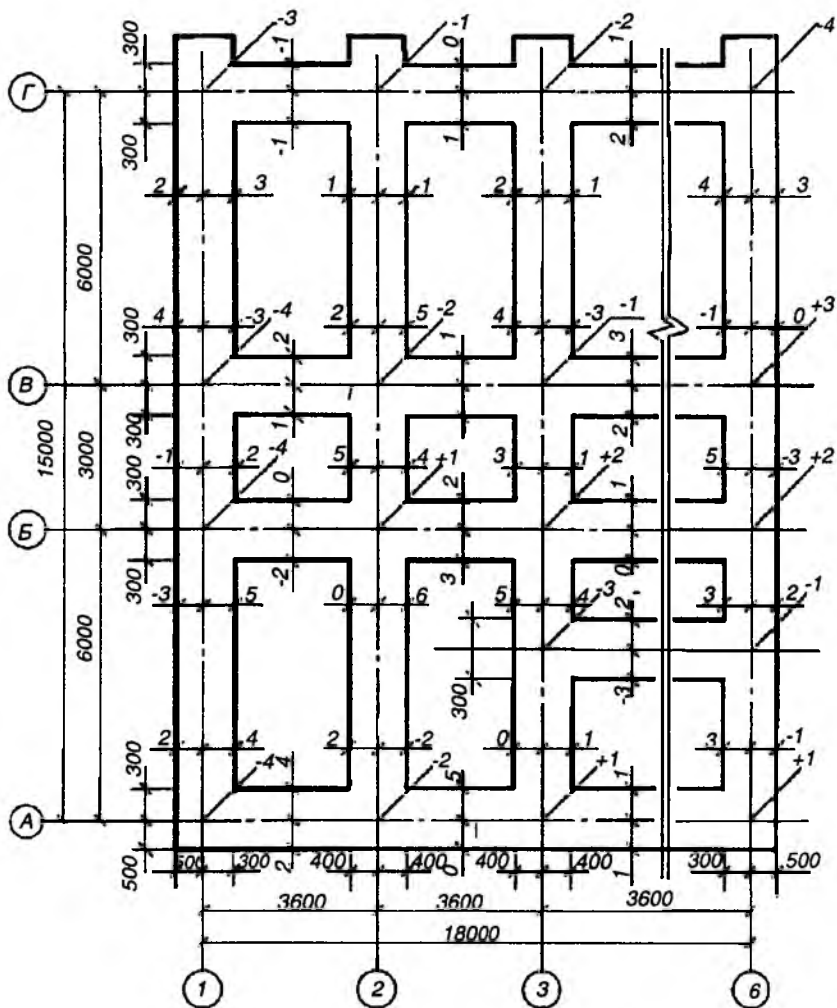


Рис. 203. Образец оформления планово-высотной съемки монолитного ростверка (размеры даны в миллиметрах). На схеме показаны отклонение отметок верхней поверхности ростверка относительно проектной отметки, отклонения размера поперечного сечения элемента от осевой линии

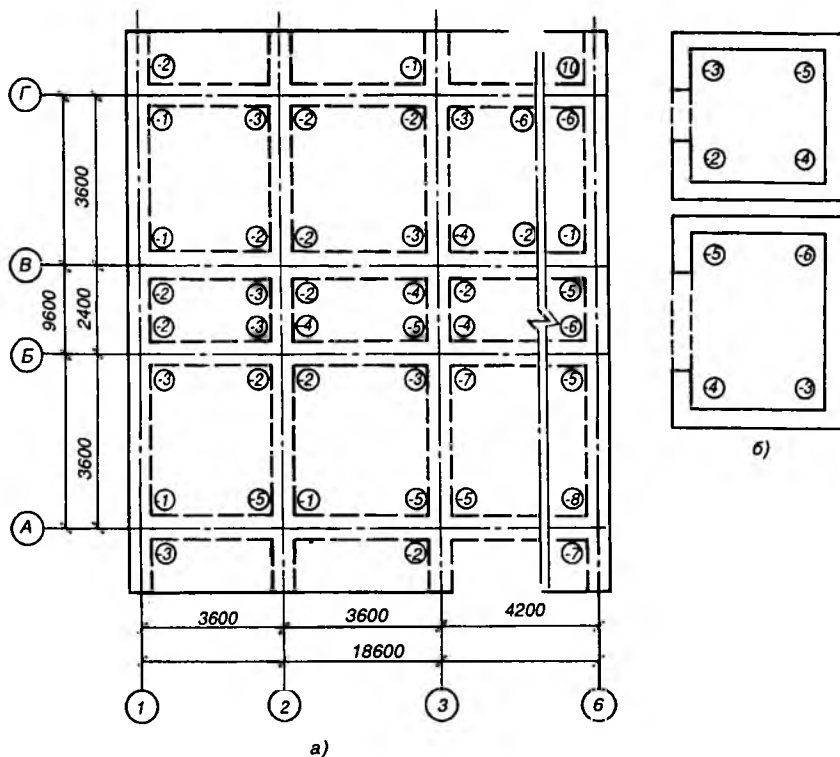


Рис. 204. Образец оформления съемки по высоте плит перекрытий (а) и лифтовых шахт (б) (размеры даны в миллиметрах). На схемах показаны отклонения отметок лицевой поверхности плит перекрытий и верхних торцевых граней лифтовых шахт относительно самой высокой точки на перекрытии и верхней торцовой грани лифтовой шахты

между значениями геометрических параметров, полученных из аналитических проверок исполнительных съемок, и контрольных полевых измерений не превышают 0,2 предельной погрешности измерений.

Таблица 17

Ярус	Оси	По оси 1								Среднее		По оси 2				Среднее
		А		Б		В		Г				А	Б	В	Г	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
XVIII	Отклонение верха		7		9	3		5		6						
	Наклон		6		20	6		0		5						
	Отклонение верха		1	1				3	5	2						

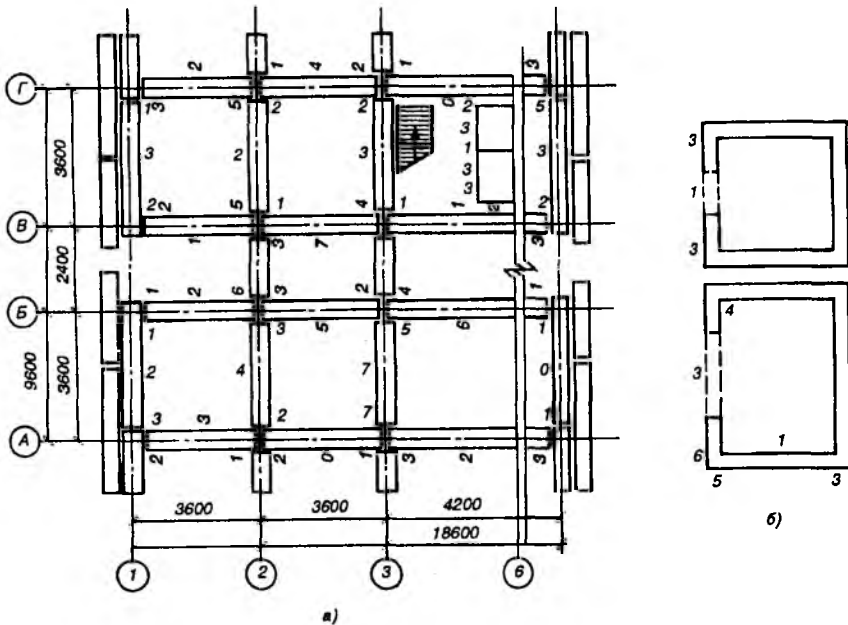


Рис. 205. Образец оформления съемки в плане панелей стен (а) и лифтовых шахт (б) (размеры даны в миллиметрах). На схемах показаны: цифры по краям панелей и стен лифтовых шахт – отклонения геометрических осей панелей и стен лифтовых шахт в нижнем сечении от разбивочных осей; цифры в середине панелей и стен лифтовых шахт – отклонения плоскостей панелей и стен лифтовых шахт в верхнем сечении от вертикали или разбивочных осей на исполнительной схеме выписывают другим цветом; направление отклонений указывает сторона, с которой написана цифра

Продолжение табл. 17

Ярус	Оси	По оси 1								Среднее		По оси 2				Среднее
		А	Б	В	Г	А	Б	В	Г							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Отклонение верха		11	2		6			5	6						
	Наклон		13	2		10			10	8						
	Отклонение верха	2			0		4	5		3						
Техническое подполье	Отклонение верха		8	9		2			7	8						
	Наклон		12	4		2		2	5							
	Отклонение верха	4		5			0		5	4						

Исполнительная документация, подготовленная геодезистами строительных организаций, является основанием для нанесения построенных подземных инженерных сетей на топографические планы городов, поселков, сельских и незастроенных территорий. Исполнительную документацию изготавливают в нескольких экземплярах, передавая по одному экземпляру заказчику, эксплуатирующей организации, в геофонд, держателям кадастра и другим организациям.

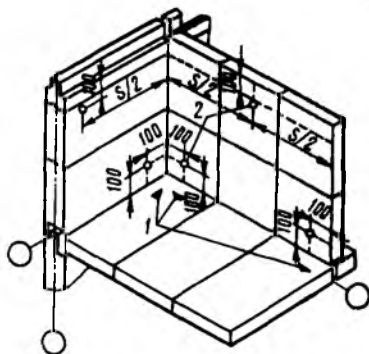


Рис. 206. Места съемки в крупноблочном здании:
1 – ориентирные риски,
2 – точки съемки в плане

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходима исполнительная документация?
2. Что служит исходной основой для составления исполнительной документации?
3. Какие элементы подземных коммуникаций и строительных конструкций отражают на исполнительных чертежах?
4. Как оценивается качество исполнительной документации?

Глава XXIV

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

§ 92. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Стандартизация, нормативные документы. Стандарт – это образец, эталон, модель, принимаемый за исходный для сопоставления с ним других подобных объектов. Как нормативно-технический документ стандарт устанавливает комплекс норм, правил, технико-экономических и эстетических требований к объекту стандартизации и утверждается компетентным органом. Стандарты разрабатывают как на материальные предметы (продукты, эталоны, образцы веществ), так и на нормы, правила, технологии различного характера.

Применение и установление стандартов – стандартизация – способствует улучшению качества продукции, повышению уровня унификации и взаимозаменяемости, развитию автоматизации производственных процессов, росту эффективности эксплуатации и ремонта изделий.

Каждая страна имеет свои стандарты, но в то же время все страны используют общие – международные стандарты. В первую очередь – это стандарты средств измерений (СИ). При производстве геодезических измерений используют основные и производственные единицы СИ: метр (длина), килограмм (масса), секунду (время), радиан (плоский угол), градус Цельсия (температура), а также их производные. Так, широко применяют производные радиана: градус ($^{\circ}$), равный $1,745329... \times 10^{-2}$ rad, минуту ($'$) – $2,908882... \times 10^{-4}$ rad, секунду ($''$) – $4,848137... \times 10^{-6}$ rad, град или гон (g или gon) – $\pi/200$ rad, квадратный метр и др. Для образования десятичных кратных и дольных единиц применяют множители и приставки СИ. В таблице 18 приведены наиболее широко применяемые приставки.

Таблица 18

Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское
$1\,000\,000\,000... = 10^{18}$	ЭКСА	<i>E</i>	Э
$1\,000\,000\,000 = 10^9$	ГИГА	<i>G</i>	Г
$1\,000\,000 = 10^6$	МЕГА	<i>M</i>	М
$1\,000 = 10^3$	КИЛО	<i>k</i>	к
$100 = 10^2$	ГЕКТО	<i>h</i>	г
10^1	ДЕКА	<i>da</i>	да
$0,1 = 10^{-1}$	ДЕЦИ	<i>d</i>	д
$0,01 = 10^{-2}$	САНТИ	<i>c</i>	с
$0,001 = 10^{-3}$	МИЛЛИ	<i>m</i>	м
$0,000\,001 = 10^{-6}$	МИКРО	μ	мк
$0,000\,000\,001 = 10^{-9}$	НАНО	<i>n</i>	н
$0,000...000\,001 = 10^{-18}$	АТТО	<i>a</i>	а

Существующие в РФ стандарты различаются по сфере действия: государственные (ГОСТ) – на всей территории и для всех отраслей, отраслевые (ОСТ), республиканские (РСТ), предприятий-объединений (СТП).

Стандарты по геодезическим работам в строительстве относятся к группе «Системы обеспечения геометрической точности в строительстве». В них отражены нормы точности разбивочных работ (ГОСТ 21779-82), анализа точности измерений (ГОСТ 23615-79) и правила контроля точности (ГОСТ 23616-79), выполнения измерений (ГОСТ 264330.0-85) и др. В соответствии с требованиями этих стандартов как при проектировании, так и при производстве строительного-монтажных и геодезических работ назначают и проверяют функциональные допуски. Их рассматривают как компенсаторы погрешностей при выполнении технологических операций. Они непосредственно влияют на эксплуатационные показатели здания, сооружения или их элементы.

Так, герметичность, воздухо- и влагонепроницаемость панельных жилых зданий определяется отклонениями размеров швов между наружными панелями от проектных значений. Заделка швов, предусмотренная проектом, рассчитана на определенный размер. Если он больше – не достигается обжим герметизирующих прокладок, меньше – они не входят. Практически неисправимыми являются дефекты так называемой клиновидности шва – изменяющийся размер шва. К этому, в частности, приводит несовпадение опорных поверхностей. Если функциональные допуски назначены, указывают способы и условия измерения их параметров. По номенклатуре функциональные допуски подразделяются на допуски размеров, формы и положения сборных элементов в конструкции.

Допуски формы элементов влияют на прочность (устойчивость) элементов, эксплуатационное и эстетическое их восприятие. Погрешности формы профиля прямолинейности (рис. 207, а) и направления профиля (рис. 207, б) определяют двухметровой рейкой и геодезическими способами. Погрешности формы (рис. 208, а), поверхности, плоскостности и направления формы (рис. 208, б) определяют геометрическим нивелированием.

В группе допусков положения элементов наиболее важными являются взаимное положение (рис. 209, а), совпадение осей (рис. 209, б) и поверхностей (рис. 209, в) элементов. Регламентируются перпендику-

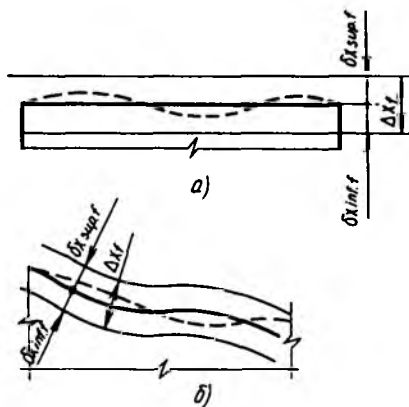


Рис. 207. Форма профиля (а) и направления (б): показаны предельные отклонения функционального геометрического параметра, например, толщины детали и функциональный допуск

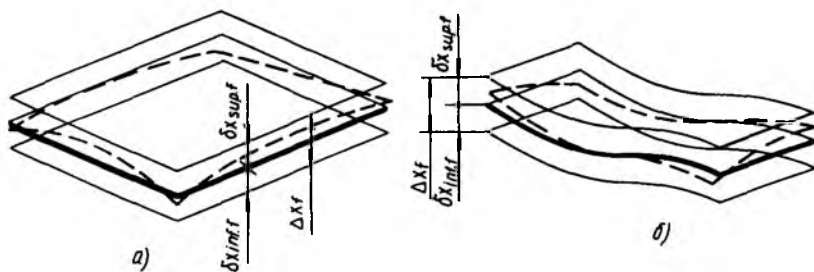


Рис. 208. Форма (а) и направление (б) поверхности плоскости

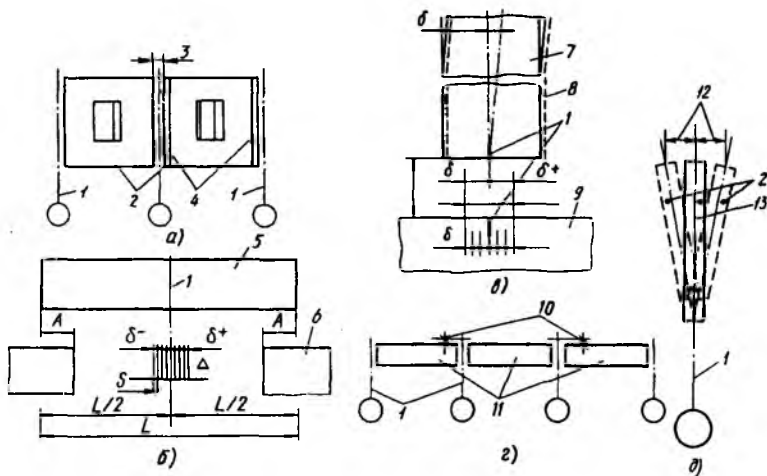


Рис. 209. Взаимное положение элементов:

a – размеры швов, *б* – совпадение осей, *в* – совпадение площадок опирания, *г* – совпадение поверхностей; 1 – ось, 2 – проектное положение, 3 – зазор, 4 – положение при допущенном отклонении

лярность поверхностей (рис. 210, *a*) и заданный угол между ними (рис. 210, *б*). Положение в пространстве или в конструкции строительных элементов характеризуют их вертикальностью (рис. 211, *a*), а также горизонтальностью (рис. 211, *б*) или заданным наклоном (рис. 211, *в*).

Допуски Δ приводятся для шести классов точности и изменяются в зависимости от номинального размера, который нормирован. Допуски для первого класса меньше, чем для второго и последующих. Чем больше интервал (размер), тем больше допуск.

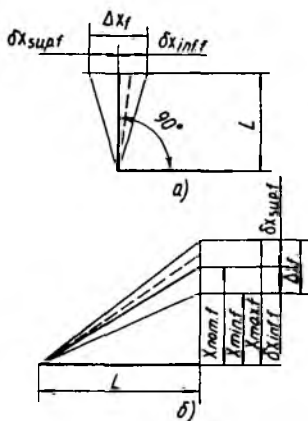


Рис. 210. Перпендикулярность поверхностей (*a*) и заданный угол между ними (*б*)

Геометрическая точность строительства определяется также предельными отклонениями δ^{\pm} и погрешностями измерений S на установку в проектное положение.

Стандартами системы точности геометрических параметров установлены нормативы для массового и серийного производственного процесса. Анализ точности выполняют отдельно для каждого геометрического параметра. Действительные отклонения значений геометрического параметра определяют в выборках – части однотипных измерений одинаковых изделий, процессов измерений и т. п.

Правила контроля точности геометрических параметров – обязательная составная часть контроля качества геодезических работ. Точность параметров определяют, сопоставляя результаты измерений с проектными данными.

В процессе производства на предприятиях и в строительных организациях выполняют входной, операционный и приемочный контроль точности. Эти виды контроля обеспечивают соответствие точности геометрических параметров требованиям нормативных документов. В результате контроля получают информацию для оценки и регулирования точности технологических процессов.

На предприятиях и в строительных организациях разрабатывают стандарты предприятий, карты и схемы контроля. По таким документам на объектах контроля уточняют размещение постов контроля, объем и содержание измерений, методики и правил сбора, обработки и использования материалов.

Кроме стандартов к нормативным документам, регламентирующим проектирование и строительство во всех отраслях народного хозяйства, относятся строительные нормы и правила (СНиП). Они состоят из шести частей, в каждой из которых содержится несколько групп. Первая часть содержит правила и принципы организации, управления и экономики строительства, вторая – нормы проектирования, третья – организации и производства работ и т.д. В одну из частей включены нормы по производству геодезических работ – СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве». Первая цифра номера (3) – часть СНиПа, вторая (01) – номер группы, третья (03) – порядковый номер документа в группе, а последняя – год утверждения. Строительные нормы и правила утверждаются на определенный срок, во время которого они уточняются, дорабатываются, совершенствуются применительно к изменяющейся и совершенствующейся тех-

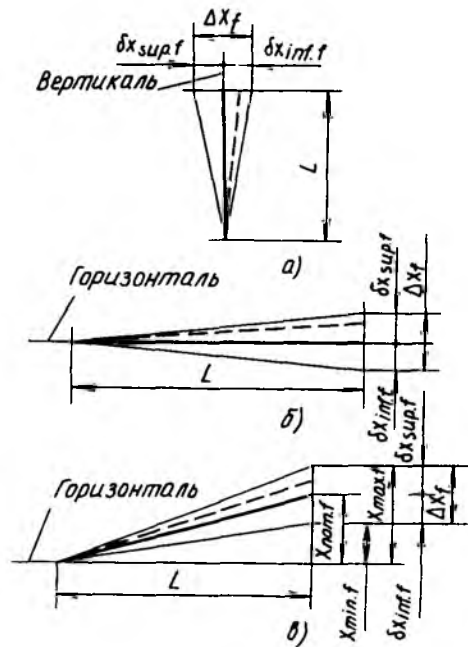


Рис. 211. Положение элементов в пространстве:
 а – вертикальность, б – горизонтальность,
 в – заданный наклон

нологии и методам производства строительных работ. Поэтому перед использованием нормативных документов следует уточнить, не заменены или не отменены ли эти документы.

Метрологическая служба. Метрология – наука об измерениях, методах достижения их единства и требуемой точности. К основным проблемам метрологии относятся: создание общей теории измерений; образование единиц физических величин и систем единиц; разработка методов и средств измерений, методов определения точности измерений, основ обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений; создание эталонов и образцовых средств измерений, проверка мер и средств измерений. Единство измерений и единообразие средств измерений в нашей стране обеспечивается сетью общегосударственных и ведомственных метрологических органов – метрологической службой. Возглавляет метрологическую службу Государственный комитет Российской Федерации по стандартам (Госстандарт РФ). Метрологические исследования отдельных стран координируются Международными метрологическими организациями.

При геодезических разбивочных работах все измерения выполняют в соответствии с «Государственной системой единства измерений». Наблюдение за правильностью выполнения измерений на местах, в лабораториях осуществляет производственное объединение «Эталон» (НПО «Эталон»), где создаются рабочие эталоны и образцовые средства измерений высокой точности. Пункты НПО «Эталон» есть во всех крупных городах страны.

§ 93. ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Впервые в Российской Федерации лицензирование как метод государственного управления хозяйственной деятельностью организаций и индивидуальных предпринимателей в строительной индустрии возник в 1992 г. и оформлен законодательным актом в 1998 г. (Федеральный закон «О лицензировании отдельных видов деятельности»).

В практической деятельности органов государственного управления лицензирование – это комплекс мероприятий, связанных с выдачей государством разрешения на ведение работ при обязательстве соискателей лицензий выполнять определенные требования и условия. Эти требования и условия направлены на защиту прав потребителей производимой продукции. Разрешение на ведение работ – лицензия действует в течение определенного срока. Лицензионные требования и условия установлены государственными нормативными актами: государственными стандартами (ГОСТами), строительными нормами и правилами (СНиПами), инструкциями и т.д., исполнение которых юридическими и физическими лицами обязательно.

Для получения лицензии ее соискатель – юридическое или физическое лицо – обращается в лицензионный орган, представляя ряд документов: заявление, в котором указывает вид заявленной деятельности

(работ), учредительные и другие документы, в том числе о постановке на учет в налоговых целях, оплате лицензионного сбора и т.п.

В отношении лицензируемых видов деятельности, требующих для их осуществления специальных знаний, в лицензионные требования и условия могут дополнительно включаться квалификационные требования к работникам юридического лица или гражданину, являющемуся индивидуальным предпринимателем. К работам, требующим специальных знаний, относятся геодезические работы. При этом необходимо предъявлять документы, подтверждающие получение специального образования.

В отношении лицензируемых геодезических видов деятельности или работ требуется выполнение специальных условий для их осуществления. В лицензионные требования и условия включается наличие технических средств, инструментов и приборов, с помощью которых осуществляются геодезические работы. Геодезические инструменты и приборы должны быть исправны, иметь паспорта, а на момент выполнения работ отъюстированы и проверены.

После рассмотрения всех представленных документов принимается решение о выдаче или отказе в выдаче лицензии.

При неисполнении или ненадлежащем исполнении требований и условий, под которые выдана лицензия, ее действие может быть приостановлено или она в целом или частично аннулирована.

Лицензии на право геодезических видов деятельности или работ выдаются двумя государственными органами. Федеральной службой геодезии и картографии России в лице инспекций по геодезическому надзору лицензии выдаются при выполнении всех видов и сложностей геодезических работ общегосударственного значения. Федеральным лицензионным центром Госстроя РФ и региональными центрами лицензирования строительной деятельности органов исполнительной власти выдаются лицензии на выполнение инженерных изысканий для строительства или в процессе его исполнения. Так как требования и условия, при которых выдаются лицензии этими двумя государственными структурами весьма близки, лицензии взаимно признаются, если виды разрешенных работ одинаковы.

§ 94. СЕРТИФИКАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

В целях достижения требований современного уровня качества выполнения работ принято несколько законодательных актов. К основным законам относятся Закон о сертификации продукции и услуг (1995 г.), Закон о размещении государственных заказов на выполнение работ на конкурсной (тендерной) основе и ряд других. Конкурсная основа размещения заказов на выполнение работ нашла широкое распространение также при негосударственных источниках инвестиционной деятельности.

Критериями, по которым определяются победители конкурсов, принимаются стоимости, сроки и качество выполнения работ. Критерием

качества продукции (работ) принято считать сертификат – удостоверение (документ), выданное независимой (третьей) стороной. Этот документ должен доказывать (подтверждать, что при выполнении работ выдерживается определенный нормативно-техническими документами или требованиями заказчика уровень качества.

Применительно к выполнению всех видов геодезических работ сертификат должен подтверждать, что работы выполняются подразделением (исполнителем) в режиме технологической стабильности качества и точности, при выполнении измерений и вычислений имеется достаточное количество избыточных измерений, а вычисления делаются с контролем результатов. Современные программы вычислений на ЭВМ предусматривают такие действия.

Процесс сертификации подразделяется на четыре фазы. Во время первой фазы происходит подготовка к сертификационному аудиту – проверке. Определяется круг (каталог) вопросов аудита, подбираются нормативные документы, производится предварительный аудит. По его результатам аудитор совместно с заказчиком принимают решение о дальнейшей работе или ее приостановке, если прогнозируется отрицательный результат. Если принимается решение продолжать работу – переходят ко второй фазе.

Во второй фазе заказчик передает аудитору полный комплект нормативно-технической документации или технических требований и методологические инструкции, по которым производятся работы. В третьей фазе планируется и согласовывается с заказчиком режим, время и сроки сертификационного аудита. В последней, четвертой фазе заключается контракт, производится сертификационный аудит и выдается сертификат.

Таким образом, предлагая свои услуги на насыщенном подобными предложениями рынке труда организация или физическое лицо, кроме лицензии должно пройти сертификационный аудит, иметь сертификат соответствия (качества) работ. Такие сертификаты следует получать в независимых, негосударственных органах, аттестованных и аккредитованных соответствующим образом.

Следует отметить, что за рубежом в течение многих лет сложилась и развивается динамичная структура децентрализованной сертификации, основанная на всеобщем признании необходимости иметь документы, в которых подтверждено качество выполнения работ.

§ 95. КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Повышение точности и качества сборного строительства неразрывно связано с контролем точности изготовления железобетонных, металлических, деревянных элементов.

Поступающие на монтаж элементы проверяют партиями. Партия включает в себя элементы, изготовленные в течение суток, в некото-

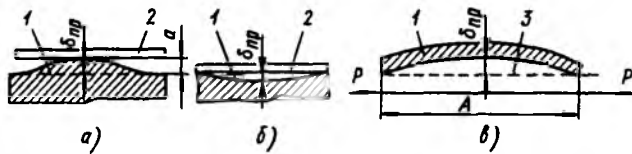


Рис. 212. Определение непрямолинейности по длине до 2 м (а, б), по всей длине элемента (в): 1 – реальный профиль, 2 – поверочная линейка, 3 – проволока

рых случаях – в течение недели. Элементы, доставляемые на строительную площадку нерегулярно или в небольших количествах, а также комплектно в течение одной недели, крупногабаритные конструкции (фермы, балки) длиной 12 м проверяют поштучно. При входном контроле проверяют геометрическую точность каждого элемента по правилам, установленным стандартами или техническими условиями (ТУ). Если при осмотре или обмере хотя бы один из элементов не соответствует требованиям стандартов или ТУ, отбирают удвоенное количество элементов из той же партии на повторную проверку. Если при повторной проверке обнаруживают хотя бы один элемент, не удовлетворяющий требованиям стандартов или ТУ, данную партию признают годной к монтажу и возвращают заводу-изготовителю.

Геометрическую точность элементов контролируют следующими методами. Для выявления непрямолинейности профилей поверхностей элементов применяют металлические поверочные линейки, щупы, индикаторы часового типа и шаблоны. Значение прямолинейности вычисляют по формуле $\delta x_{пр} = \delta x_{sup, f} - x \delta x_{sup, f/x}$, где $\delta x_{пр}$ – предельное отклонение, заданное стандартами или ТУ; $\delta x_{sup, f}$ – верхнее измеренное предельное отклонение; x – расстояние от точек, расположенных по концам элемента.

Схема замеров местной прямолинейности показана на рис. 212, а, б. Прямолинейность на всей длине элемента (рис. 212, в) определяют следующим образом. Вдоль боковой поверхности элемента на расстоянии a от точек, расположенных по концам элемента, натягивают тонкую гладкую стальную проволоку диаметром 0,5...0,8 мм с усилием $P = 0,5$ МПа при $A > 10$ м или $P = 1$ МПа при $A < 10$ м. Наибольшее расстояние от натянутой проволоки до точек профиля проверяемой поверхности и расстояние a измеряют металлической линейкой. Непрямолинейность по всей длине элемента измеряют в горизонтальной плоскости в любом сечении на длине 2 м (местная непрямолинейность).

Неплоскостность сборных железобетонных элементов определяют по отклонению одной из четырех угловых точек элемента от плоскости, проходящей через три другие. Для измерения используют горизонтальные и вертикальные стенды или шаблоны с четырьмя выступающими опорами, расположенными в одной плоскости, или рейку-отвес.

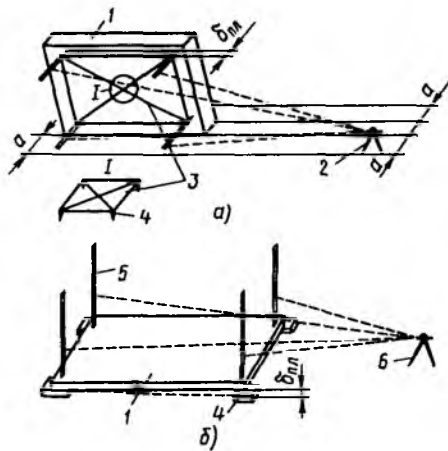


Рис. 213. Определение неплоскости
теодолитом и шаблоном (а), нивелиром (б):
1 – элемент, 2 – теодолит, 3 – шаблон,
4 – опоры, 5 – рейка, 6 – нивелир

Более точно неплоскость выявляют с помощью теодолитов 2 и нивелиров 6 (рис. 213).

Неперпендикулярность торцовых плоскостей и боковых граней колонн и других элементов, для которых установлены предельные отклонения от перпендикулярности, определяют с помощью металлической измерительной линейки или шупов с небольшим зазором. Неperпендикулярность измеряют между рабочей поверхностью металлического поверочного угольника 90° , установленного под прямым углом к боковой грани элемента, и торцовой плоскостью элемента. Отклонение от перпендикулярности смежных поверхностей

элементов (например, торцовых и боковых поверхностей колонн, опор, стоек, свай), характеризуемое отклонением угла между торцовой и боковой поверхностями от угла 90° , выражается в линейных единицах на заданном размере (размер поперечного сечения элемента – ширина, высота, диаметр).

Отклонения фактического положения стальных закладных деталей в плоскости элемента от номинального положения определяют с помощью металлической измерительной линейки. Для этого измеряют привязочные размеры закладных деталей, расстояния от углов, граней, осей пластин до ближайших граней или ребер элементов и сравнивают с проектными. Отклонения стальных закладных элементов наружу или внутрь относительно поверхности элемента определяют с помощью металлической измерительной линейки или калибров. Отклонения стальных закладных деталей от их номинального положения в элементе измеряют с погрешностью $\pm 0,5$ мм.

Сборные железобетонные элементы с номинальным положением стальных закладных деталей на одном уровне с поверхностью бетона, не служащих фиксаторами при монтаже, принимают, если закладные детали не выходят из плоскости элементов.

Линейные размеры элементов определяют штангенциркулями, штангенглубиномерами, металлическими рулетками, а также шаблонами (рис. 214, а... в), ранее рассмотренными в главе XI.

Для точности монтажа большое значение имеет прямоугольность элементов. Не допускают к монтажу элементы трапециевидальной или

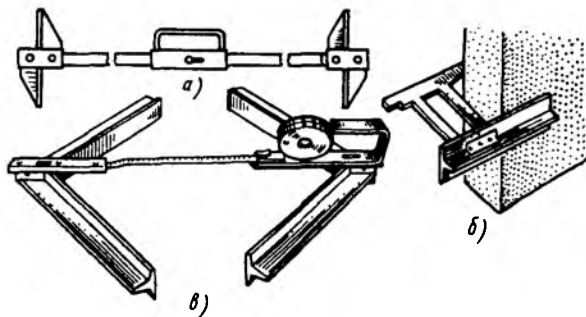


Рис. 214. Шаблоны и приспособления для измерения элементов:
 а – измерительная рейка, б – раздвижная скоба, в – рулетка с концевыми упорами

ромбовидной формы. Во время входного контроля проверяют прямоугольность элементов – разность длин диагоналей.

Контрольные вопросы:

1. Что такое стандарт?
2. Какими нормативными документами следует руководствоваться при работах в строительстве?
3. Какие показатели контролируют при возведении зданий и сооружений?
4. Для чего назначают функциональные допуски, что они нормируют?
5. Как проконтролировать прямолинейность, плоскостность сборных элементов?
6. Каковы единицы измерений, применяемые при производстве геодезических работ?

Глава XXV

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

§ 96. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ЗЕМЕЛЬНОМ КАДАСТРЕ

Земельный кадастр является государственной информационной системой, которая содержит сведения о землевладении и землепользовании.

Понятие *землевладение* касается прав, ограничений и ответственности людей по отношению к земле. В кадастр могут входить сведения о различных формах землевладения, таких как частное, общественное владение, аренда и т. д.

Землепользование представляет собой процесс использования и постоянного развития земельных ресурсов. Эффективное землепользование возможно лишь на основе информации о землевладении, состоянии и использовании земель.

Базовой единицей в кадастре является *участок*. Участок ограничивается площадью с определенным видом использования земли, либо площадью, которая находится в руках одного или нескольких лиц. *Владение* может состоять из нескольких участков.

В кадастре для каждого участка записывается информация о его местоположении, площади, стоимости, наличии объектов недвижимости (дома, строения, коммуникации, дороги и т.п.), экологической среде, принадлежности участка или о сдаче его в аренду и другие сведения природного, общественного и юридического характера.

Информация, содержащаяся в кадастре, используется при проведении государственной земельной политики в таких вопросах, как, например, перераспределение земель, их объединение, отвод и продажа, поддержание земельного рынка и т.п. Кадастровая информация служит также для целей налогообложения. Кадастр может различаться по своему назначению: городской кадастр, лесной кадастр и т.п. Особенно сложным и значительным по содержанию и объему информации является городской кадастр. Для городов характерна высокая концентрация материальных ресурсов, сложная социальная и экологическая обстановка с быстрой переменчивостью изменением ее во времени, разнообразность решаемых на городских землях задач.

Кадастровая информация может быть представлена в виде книги, картотеки или автоматизированной (компьютерной) базы данных.

В Российской Федерации ведение кадастра законодательно поручено Комитету по земельным ресурсам и землеустройству (Роскомзем).

§ 97. СОСТАВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ДЛЯ КАДАСТРА

Геодезические работы занимают значительное место в кадастре. Их состав зависит от назначения кадастра и степени его автоматизации. В большинстве случаев геодезические работы проводят по определенной схеме.

1. *Подготовительные работы*. В процессе подготовительных работ собирают и анализируют следующие материалы:

- проект землеустройства;
- постановление административного органа об отводе земельного участка;
- договора о купле-продаже или аренде земельного участка;
- выписки из книги регистрации земельного участка;
- чертеж границ или топографический план земельного участка;
- схемы и списки координат пунктов государственной или местной геодезических сетей;
- сведения об использовании земель.

2. Полевое обследование пунктов опорной геодезической сети. Его выполняют с целью проверки сохранности пунктов и выбора наиболее выгодной технологии проведения геодезических работ.

3. Составление технического проекта. Геодезические работы выполняют по заранее составленному техническому проекту, который включает: текстовую часть, графические материалы и смету затрат.

4. Кадастровые съемки. Кадастровые съемки в зависимости от назначения кадастра производят в тех же масштабах, теми же способами и с той же точностью, что и топографические. Базовым является масштаб 1:500, наиболее широко используемым – 1:2000, а обзорно-справочным – 1:10000 и мельче.

На кадастровых картах и планах дополнительно изображают: границы земельных участков, владений, сельскохозяйственных и других земельных угодий; кадастровые номера и наименования земельных участков; экспликацию (описание) категорий использования земель и другие кадастровые сведения. Кадастровые карты и планы могут не содержать информации о рельефе местности.

5. Установление и согласование границ земельных участков на местности. Границы земельных участков выносят на местность по координатам характерных точек от пунктов геодезического обоснования и закрепляют специальными межевыми знаками. В случае, когда границы каким-то образом закреплены ранее, определяют координаты закрепленных точек.

Согласование установленных границ производят в присутствии представителя Государственной власти, владельцев или пользователей участка и участков, смежных с ним.

6. Определение площадей земельных участков. Площади земельных участков вычисляют в основном аналитическими методами по координатам межевых знаков. В отдельных случаях используют картографические материалы.

7. Составление чертежей границ земельных участков. Чертежи границ земельных участков составляют в масштабе основного кадастрового плана (или крупнее) по результатам установления на местности и согласования границ.

8. Контроль и регистрация результатов кадастровых работ. Результаты кадастровых работ подлежат обязательному полевому контролю, так как в процессе его выполнения устраняются возможные ошибки и несогласованности, возникшие в процессе съемок. Кроме того, контролируют соблюдение требований технического задания и соответствующих инструкций на производство топографо-геодезических работ.

Полученная в результате работ информация переносится в специальные реестры и отображается на кадастровых картах или планах.

9. Ведение базы данных. Для систематизации и управления большими объемами текстовой и графической кадастровой информа-

ции создается и ведется база данных. Ее наличие предусматривает не только хранение информации, но и оперативную выдачу ее потребителю.

Кроме указанных выше работ, геодезист участвует в планировании землепользования, оценке состояния и стоимости земель, разрешении возникших споров.

§ 98. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ И ПЛОЩАДЕЙ УЧАСТКОВ

Границы участков выносятся в натуру с пунктов геодезического обоснования. В зависимости от местных условий и требуемой точности ими могут служить пункты полигонометрических и теодолитных ходов, а также пункты, местоположение которых определено спутниковыми приемниками.

Вынос границ участков производят различными способами: прямой и обратной угловыми засечками, линейной засечкой, полярных и прямоугольных координат.

При определении координат точек закрепленных на местности границ в основном используются те же способы, что при выносе границ в натуру.

Для определения площадей участков в зависимости от их размеров, конфигурации, хозяйственной значимости, условий местности, цены на землю и требуемой точности также применяют различные способы.

1. Аналитический способ. Площадь вычисляют по результатам измерений на местности длин линий и углов или по координатам вершин фигур, определяющих границу участка. При этом применяют формулы геометрии и тригонометрии.

Сравнительно небольшие участки разбивают на простейшие геометрические фигуры: треугольники, прямоугольники, реже трапеции. В этом случае площади участков определяют как суммы площадей отдельных фигур, вычисляемых по известным формулам.

По координатам вершин площадь участка P может быть вычислена по одной из многих формул, например такой:

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (X_i + X_{i+1})(Y_i - Y_{i+1}),$$

где X_i и Y_i – координаты i -й точки; X_{i+1} и Y_{i+1} – координаты $(i+1)$ -й точки.

Точность способа зависит от точности измерения длин линий и углов или точности определения координат границ участка и может составлять 0,01–0,02%.

2. Графический способ. Площадь вычисляют по результатам измерения линий или координат на плане (карте). Остальные действия аналогичны аналитическому способу.

Точность способа зависит от масштаба плана и точности определения линейных размеров на плане. Для самого крупного масштаба плана 1 : 500 ошибка может составлять 0,5–0,8%.

3. Механический способ. Площадь определяется по плану (карте) при помощи специальных приборов – планиметров и приспособлений – палеток. При этом учитывают деформацию материала, на котором изображены план или карта.

В настоящее время механические планиметры заменили электронные (цифровые). Так, японская фирма «Топкон» выпускает несколько моделей электронных планиметров, позволяющих измерять площади по картам с ошибкой 0,2%.

В некоторых случаях применяют комбинированный способ, когда для вычисления площади часть линейных величин определяют по плану, а часть берут из результатов измерений на местности.

Площади можно определять по цифровым моделям местности на ЭВМ.

§ 99. ВЫНОС В НАТУРУ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Геодезические работы по выносу в натуру границ землепользования выполняют аналогично разбивочным работам по выносу в натуру зданий, сооружений и других объектов жизнедеятельности человека.

Базовой основой геодезических работ является проект. При землеустроительных работах основными объектами проектирования являются границы районов, городов, поселков городского типа, сельских населенных пунктов, границы отдельных землевладений, приусадебных, садово-огородных, дачных, арендных и других земельных участков, имеющих статус самостоятельных территориальных образований.

В зависимости от административных решений, хозяйственной ценности и занимаемой площади объектов землеустройства проектирование границ ведется на основе геодезических измерений на местности или с использованием топографических материалов различного вида и масштабов, включая и цифровые модели (электронные карты).

По данным землеустроительного проекта выполняют геодезическое проектирование. Оно включает в себя аналитическую подготовку данных для перенесения на местность проектных точек наиболее целесообразными способами, обеспечивающими требуемую точность их положения, и составление разбивочных чертежей.

При аналитической подготовке координаты выносимых точек вычисляют в государственной или местной системе координат. При необходимости перевычисляют координаты из местной системы координат в государственную и наоборот. Однако во всех случаях координаты выносимых точек должны вычисляться в той же системе, что и координаты пунктов исходного геодезического обоснования.

Исходным геодезическим обоснованием могут служить все виды геодезических построений, обеспечивающие требуемую точность выноса в натуру границ землепользования: триангуляция, трилатерация, линейно-угловые сети, полигонометрия, спутниковые определения, и в ряде случаев теодолитные ходы.

Вынос в натуру точек границ землепользования от пунктов исходного обоснования производят всеми известными способами разбивочных работ: угловыми, линейными, створными и створно-линейными засечками; способами полярных и прямоугольных координат, перпендикуляров, теодолитными ходами и другими геодезическими построениями.

Вынесенные в натуру точки, как правило, закрепляют специальными межевыми знаками. Ими могут служить также четко опознаваемые контурные точки, такие как углы капитальных заборов или зданий на застроенной территории, пересечения осей дорог, угловые точки угодий, урочищ и другие бесспорно опознаваемые точки местности. В этом случае путем соответствующих геодезических измерений определяют координаты этих точек.

Полученные данные переносят на кадастровые планы и заносят в кадастровый банк данных. В случае необходимости, например, при выдаче акта на владение землей, составляют чертеж границ земельного участка.

От точности геодезических данных зависит достоверность кадастровой информации. Поскольку во всех операциях с землей (установление прав собственности, купля-продажа, дарение, сдача в аренду и др.) обязательно фигурирует площадь земельного владения, то требуемая точность ее определения служит расчетной основой для назначения точности выноса в натуру и определения границ землепользования.

В случае, когда координаты точек границ землепользования определяют с пунктов исходного геодезического обоснования, выполняют сложные расчеты, учитывающие все ошибки геодезических построений и зависимости между ними. Однако для проектных расчетов можно принять ошибки исходных данных в 2 раза меньшими ошибок последующего построения.

В практике геодезических работ для земельного кадастра принято считать, что для городских земельных участков площадью до 1 га координаты точек их границ следует определять со средней квадратической ошибкой 2 см, для участков значительной площади – 5–10 см.

§ 100. ПОНЯТИЕ О ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ (ГИС)

Появление современных высокопроизводительных компьютеров с их возможностью переработки, хранения и выдачи огромного количества информации предопределило возникновение но-

вого направления в хозяйственной и управленческой деятельности человека и новой науки — геоинформатики.

Первоначально понятие «геоинформационные системы» расшифровывалось как «географические информационные системы», поскольку оно появилось в недрах географической науки. Сейчас область использования далеко вышла за пределы географии и приставка «гео» указывает лишь на то, что информация связана с землей и деятельностью человека на ней.

Таким образом под геоинформационной системой чаще всего понимают компьютерное хранилище знаний о территориальном взаимодействии природы и общества, обеспечивающее сбор, хранение, обработку и визуализацию (зрительное представление) многих видов информации о явлениях в окружающем человека пространстве и во времени. К их числу относится информация из областей географии, информатики, геодезии, картографии, земельного учета, управления, права, экологии и других наук.

ГИС разделяются по территориальному охвату: общенациональные и региональные; по целям использования: многоцелевые, специализированные, информационно-справочные, для нужд планирования, управления и др.; по тематике: водных ресурсов, использования земель, лесопользования, туризму и др. Особенно активно развиваются системы, ориентированные на кадастр.

Источниками информации для ГИС в основном являются географические и топографические карты и планы, аэрокосмические материалы, нормативные и правовые документы.

Современные ГИС, как правило, являются цифровыми и создаются с использованием специального программного обеспечения и объема данных, называемого базой данных.

База данных цифровой карты включает два варианта информации: пространственную, определяющую местоположение объекта, и семантическую (атрибутивную), описывающую свойства объекта.

Многообразная пространственная информация в ГИС организуется в виде отдельных тематических слоев, отвечающих решению различных задач. Каждый слой может содержать информацию, относящуюся только к одной или нескольким темам. Например, для задач развития городской территории набор из отдельных слоев может включать данные о землевладениях и недвижимости; об объектах транспорта, образования, здравоохранения, культуры; инженерных сетях; рельефе; топопланах, о геодезических сетях и других объектах городского хозяйства.

Для представления карт и планов в компьютере используются прямоугольная система координат. Каждая точка описывается одной парой координат X , Y . Пользуясь координатной системой, можно представить точки, линии и полигоны в виде списка координат. При этом для представления земной поверхности на

плоскости используются различные картографические проекции, например, проекции Гаусса — Крюгера.

Данные с карты, плана вводятся в компьютер путем цифрования. Цифрование может быть выполнено либо путем оцифровки каждой характерной точки объекта, либо путем сканирования всего листа карты электронным сканером. Ввод в базу данных компьютера может также осуществляться с электронных геодезических приборов. Описательные характеристики объектов могут вводиться с клавиатуры компьютера. Данные аэро- и космических съемок, записанные в цифровом виде, также могут быть введены в компьютер, минуя бумажную стадию.

§ 101. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В КАДАСТРЕ

По-существу, любой вид кадастра: земельный, градостроительный, водный, лесной и др. — является геоинформационной системой, поскольку содержит совокупность достоверных и необходимых сведений о природном, хозяйственном и правовом положении земель и недр на базе картографической информации. Картографическая информация служит и для оценки количества, качества и стоимости земель, для регистрации землепользования и землевладения, для текущего контроля за землепользованием.

Информационная основа кадастра создается в результате инвентаризации земель и кадастровых съемок. Эти работы могут охватывать как большие территории (город, район, населенный пункт и т. п.), так и небольшие земельные участки.

Чтобы разместить большое количество сведений в единой информационной системе, кадастровая информация делится на элементарные слои, каждый из которых самостоятельно используется для решения конкретной задачи.

Для автоматизированной системы кадастра, основанной на применении ГИС, используются цифровые кадастровые карты, планы. Все объекты, представленные на кадастровой карте, плане, имеют пространственную привязку, т. е. их положение определено в той системе координат, которая принята при создании карты. Описательные данные объекта (земельного участка) составляют содержание базы данных информационной системы. Для обозначения и связи объектов этой базы данных используются идентификаторы (кадастровые номера) участков. Таким образом, цифровая кадастровая карта, представляя собой совокупность метрических (графических) и семантических (описательных) данных, является картографической частью информационной системы кадастра. Определяя местоположение земельных участков, их границы и площади, она используется как инструмент управления земельными ресурсами.

Таким образом, государственный земельный кадастр является геоинформационной системой, обеспечивая сбор, хранение и выдачу земельной информации потребителям.

Контрольные вопросы:

1. Что такое земельный кадастр?
2. Что является базовой единицей в кадастре?
3. Каков состав геодезических работ в кадастре?
4. Как определяются площади земельных участков?
5. Что такое геоинформационные системы и их место в кадастре?

Глава XXVI

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

§ 102. ВИДЫ ДЕФОРМАЦИИ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Вследствие конструктивных особенностей, природных условий и деятельности человека сооружения в целом и их отдельные элементы испытывают различного вида деформации.

В общем случае под термином «деформация» понимают изменение формы объекта наблюдений. В геодезической же практике принято рассматривать деформацию как изменение положения объекта относительно какого-либо первоначального.

Под постоянным давлением от массы сооружения грунты в основании его фундамента постепенно уплотняются (сжимаются) и происходит смещение в вертикальной плоскости или осадка сооружения. Кроме давления от собственной массы, осадка сооружения может быть вызвана и другими причинами: карстовыми и оползневыми явлениями, изменением уровня грунтовых вод, работой тяжелых механизмов, движением транспорта сейсмическими явлениями и т. п.

В том случае, когда грунты под фундаментом сооружения сжимаются неодинаково или нагрузка на грунт различная, осадка имеет неравномерный характер. Это приводит к другим видам деформаций сооружений: горизонтальным смещениям, сдвигам, перекосам, прогибам, которые внешне могут проявляться в виде трещин и даже разломов.

Смещение сооружений в горизонтальной плоскости может быть вызвано боковым давлением грунта, воды, ветра и т. п.

Высокие сооружения башенного типа (дымовые трубы, телебашни и т. п.) испытывают кручение и изгиб, вызываемые неравномерным солнечным нагревом или давлением ветра.

Для изучения деформаций в характерных местах сооружения фиксируют точки и определяют изменение их пространственного положения за выбранный промежуток времени. При этом определенное положение и время принимают за начальные.

Для определения абсолютных или полных осадок S фиксированных на сооружении точек периодически определяют их отметки H относительно исходного репера, расположенного в стороне от сооружения и принимаемого за неподвижный. Очевидно, чтобы определить осадку точки на текущий момент времени относительно начала наблюдений, необходимо вычислить разность отметок, полученных на эти моменты, т. е. $S = H_{\text{тек}} - H_{\text{нач}}$. Аналогично можно вычислить осадку за время между предыдущим и последующим периодами (циклами) наблюдений.

Неравномерность осадки может быть определена по разности осадок ΔS каких-либо двух точек 1 и 2, т. е. $\Delta S_{1,2} = S_2 - S_1$.

Крен или наклон сооружения определяют как разность осадок двух точек, расположенных на противоположных краях сооружения, или его частей вдоль выбранной оси. Наклон в направлении продольной оси называют завалом, а в направлении поперечной оси — перекосом.

Горизонтальное смещение q отдельной точки сооружения характеризуется разностью ее координат $x_{\text{тек}}, y_{\text{тек}}$ и $x_{\text{нач}}, y_{\text{нач}}$, полученных в текущем и начальном циклах наблюдений. Положение осей координат, как правило, совпадает с главными осями сооружения. Вычисляют смещения в общем случае по формулам $q_x = x_{\text{тек}} - x_{\text{нач}}$; $q_y = y_{\text{тек}} - y_{\text{нач}}$. Аналогично можно вычислить смещения между предыдущим и последующим циклами наблюдений. Горизонтальные смещения определяют и по одной из осей координат.

Кручение относительно вертикальной оси характерно в основном для сооружений башенного типа. Оно определяется как изменение углового положения радиуса фиксированной точки, проведенного из центра исследуемого горизонтального сечения.

Изменение величины деформации за выбранный интервал времени характеризуется средней скоростью деформации $v_{\text{ср}}$. Так, например, средняя скорость осадки исследуемой точки за промежуток времени t между двумя циклами i и j измерений будет равна $v_{\text{ср}} = (S_j - S_i)/t$. Различают среднемесячную скорость, когда t выражается числом месяцев, и среднегодовую, когда t — числом лет и т. д.

§ 103. ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ

Основной целью наблюдений является определение величин деформации для оценки устойчивости сооружения и принятия своевременных профилактических мер, обеспечивающих его нормальную работу.

Кроме того, по результатам наблюдений проверяется правильность проектных расчетов и выявляются закономерности, позволяющие прогнозировать процесс деформации.

Наблюдения за деформациями сооружений представляют собой комплекс измерительных и описательных мероприятий по выявлению величин деформаций и причин их возникновения.

Для сложных и ответственных сооружений наблюдения начинают одновременно с проектированием. На площадке будущего строительства изучают влияние природных факторов и в этот же период создают систему опорных знаков с тем, чтобы заранее определить степень их устойчивости.

Наблюдения непосредственно за сооружением начинают с момента начала его возведения и продолжают в течение всего строительного периода. Для большинства крупных сооружений наблюдения проводятся и в период их эксплуатации. В зависимости от характера сооружения, природных условий и т. д. наблюдения могут быть закончены при прекращении деформаций, а могут продолжаться и весь период эксплуатации.

На каждом этапе возведения или эксплуатации сооружения наблюдения за его деформациями производят через определенные промежутки времени. Такие наблюдения, проводимые по календарному плану, называются систематическими.

В случае появления фактора, приводящего к резкому изменению обычного хода деформации (изменение нагрузки на основание, температуры окружающей среды и самого сооружения, уровня грунтовых вод, землетрясение и др.), выполняют срочные наблюдения.

Параллельно с измерением деформаций для выявления причин их возникновения организуют специальные наблюдения за изменением состояния и температуры грунтов и подземных вод, температурой тела сооружения, за изменением, метеоусловий и т. п. Ведется учет изменения строительной нагрузки и нагрузки от установленного оборудования.

§ 104. ТОЧНОСТЬ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ НАБЛЮДЕНИЙ

От правильного выбора точности и периодичности зависят методы и средства измерений, затраты на их производство и достоверность получаемых результатов.

Точность и периодичность измерений указываются в техническом задании на производство работ или в нормативных

документах. В особых случаях эти требования могут быть получены путем специальных расчетов.

В нормативных документах требования к точности определения осадок или горизонтальных смещений характеризуются средней квадратической ошибкой:

1 мм — для зданий и сооружений, возводимых на скальных или полускальных грунтах;

3 мм — для зданий и сооружений, возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

10 мм — для зданий и сооружений, возводимых на насыпных, просадочных и других сильно сжимаемых грунтах;

15 мм — для земляных сооружений.

На оползневых участках осадки измеряются со средней квадратической ошибкой 30 мм, а горизонтальные смещения — 10 мм.

Крены дымовых труб, мачт, высоких башен и т. п. измеряются с точностью, зависящей от высоты H сооружения и характеризуемой величиной $0,0005H$.

Установить необходимую точность измерения деформаций расчетным путем довольно сложно, однако для многих практических задач можно пользоваться формулой $m_{\Phi} \leq 0,2\Delta\Phi$, где m_{Φ} — средняя квадратическая ошибка измерения деформации; $\Delta\Phi$ — величина деформации за промежуток времени между циклами измерений.

Выбор времени между циклами измерений зависит от вида сооружения, периода его работы, скорости изменения деформации и других факторов. В среднем в строительный период систематические наблюдения выполняют 1 — 2 раза в квартал, в период эксплуатации — 1 — 2 раза в год. При срочных наблюдениях их выполняют до и после появления фактора, резко изменяющего обычный ход деформации.

§ 105. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ

Существенная роль в организации наблюдений за деформациями сооружений отводится геодезическим знакам. От правильного выбора конструкции и мест их размещения в значительной мере зависит качество результатов наблюдений.

Применяемые для наблюдений геодезические знаки различают по назначению. Это опорные, вспомогательные и деформационные знаки. Знаки также делятся на плановые и высотные.

Опорные знаки служат исходной основой, относительно которой определяются смещения деформационных знаков. Закрепляются они с расчетом на устойчивость и длительную сохранность.

Вспомогательные знаки являются связующими в схеме измерений и используются для передачи координат от опорных знаков к деформационным.

Деформационные знаки закрепляются непосредственно на исследуемом сооружении и, перемещаясь вместе с ним, характеризуют изменение его положения в пространстве.

Для плановых опорных знаков широко применяют трубчатые конструкции. Основной деталью знака является стальная труба диаметром от 100 до 300 мм, заглубляемая и бетонизируемая в грунте не менее чем на 1 м ниже верхней границы твердых коренных пород. Верхний конец трубы заканчивается фланцем, к которому крепится головка знака. Конструкция головки знака может быть разной и зависит от применяемых для наблюдений приборов.

Для опорных высотных реперов также характерно применение трубчатых конструкций. В то же время для учета изменения температуры используют две трубы из разного материала, например, стальную и дюралюминиевую. Репер подобной конструкции называется биметаллическим.

Для изучения деформаций промышленных и гражданских зданий в качестве опорных применяют свайные знаки и реперы с поперечным сечением 180 — 250 мм.

Деформационные знаки, применяемые для наблюдений за горизонтальными смещениями, — это в основном визирные цели, закрепляемые или непосредственно на конструкциях, или на кронштейнах. В полу сооружений — это металлические пластины с перекрестием.

Для большинства осадочных реперов характерно наличие сферической головки, на которую подвешивается или устанавливается нивелирная рейка (рис. 215). На сооружении могут закрепляться постоянные нивелирные шкалы. В этом случае отпадает необходимость в использовании реек.

От правильности размещения и числа знаков во многом зависят качество, полнота и достоверность выявленных деформаций.

Опорные знаки необходимо размещать вне зоны возможных деформаций, но поближе к сооружению. Их число должно быть не менее трех, чтобы обеспечить взаимный контроль за устойчивостью.

Расположение деформационных знаков на сооружении зависит от многих факторов: от цели проведения работ, вида деформации, конструкции сооружения в целом и его отдельных элементов, инженерно-геологических условий и др.

Деформационные знаки для определения горизонтальных смещений гражданских и промышленных зданий размещаются по периметру, но не реже, чем через 15 — 20 м по углам и по обе стороны осадочных швов. На плотинах гидроузлов знаки устанавливают в галереях и по гребню (верх плотины) не менее двух

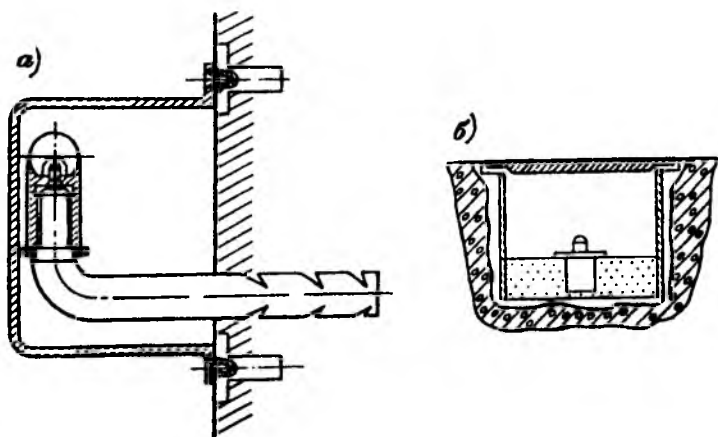


Рис. 215. Осадочные реперы:

а — в стене, б — в полу

марок на секцию. На подпорных стенках, причальных сооружениях и т. п. размещают не менее двух марок на каждые 30 м.

Высотные реперы на гражданских и промышленных зданиях располагают по углам, по периметру через 10 — 15 м по обе стороны деформационных швов, на колоннах, в местах примыкания продольных и поперечных стен. На причальных и подпорных стенках реперы располагают через 15 — 20 м.

На дымовых трубах, доменных печах, различных башнях и т. п. устанавливают несколько ярусов деформационных знаков.

§ 106. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОСАДКАМИ СООРУЖЕНИЙ

Наблюдения за осадками сооружений выполняют способами геометрического и тригонометрического нивелирования, гидро-нивелирования, микронивелирования, а также фото- и стереофотограмметрическим способами.

Наиболее широко распространен способ геометрического нивелирования. Он обладает рядом достоинств, делающих его практически универсальным. Это высокая точность и быстрота измерений, простое и недорогое стандартное оборудование, возможность выполнять измерения в сложных и стесненных условиях.

Способом геометрического нивелирования можно определять разности высот точек, расположенных на расстоянии 5 — 10 м, с ошибкой 0,05 — 0,1 мм, а на несколько сотен метров — с ошибкой до 0,05 мм.

В зависимости от требуемой точности определения осадок

применяются различные классы нивелирования. Так, например, при определении осадок бетонных плотин гидроузлов применяют I и II классы, которые характеризуются средней квадратической ошибкой измерения превышения на одной станции соответственно 0,3 и 0,4 мм. При определении осадок промышленных и гражданских зданий чаще всего применяют II и III классы, для последнего из которых средняя квадратическая ошибка измерения превышения на станции равна 0,9 мм.

Отметки деформационных точек в цикле измерений определяют относительно исходного опорного репера. Отметку исходного репера чаще всего принимают условно, например, 100000 м, но она постоянна на весь период наблюдений. Для передачи отметки от исходного на все деформационные реперы разрабатывают специальную схему (рис. 216).

При выполнении измерений в зависимости от класса нивелирования применяют специальную методику и соответствующие приборы. Так, при измерениях высокой точности используют тщательно выверенные высокоточные нивелиры типа Н-05, штриховые инварные или специальные малогабаритные рейки. Нивелир устанавливают строго посередине между наблюдаемыми точками, отсчеты берут по основной и дополнительной шкалам реек.

Нивелирование выполняют при двух горизонталях прибора, в прямом и обратном направлениях. Длина визирного луча допускается до 25 м, его высота над поверхностью земли или пола — не менее 0,5 м. Нивелирование производится только при вполне благоприятных условиях видимости и при достаточно отчетливых, спокойных изображениях штрихов реек. Соблюдают

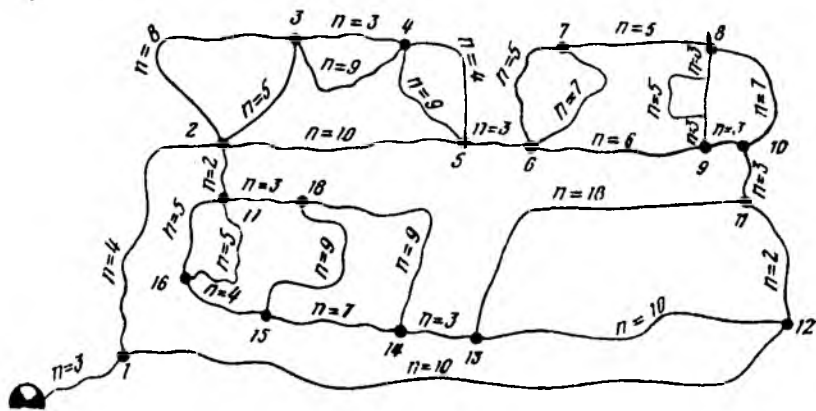


Рис. 216. Схема нивелирных ходов для наблюдений за осадками ТЭЦ

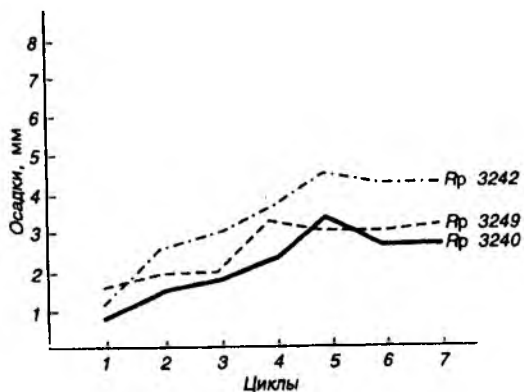


Рис. 217. График осадок

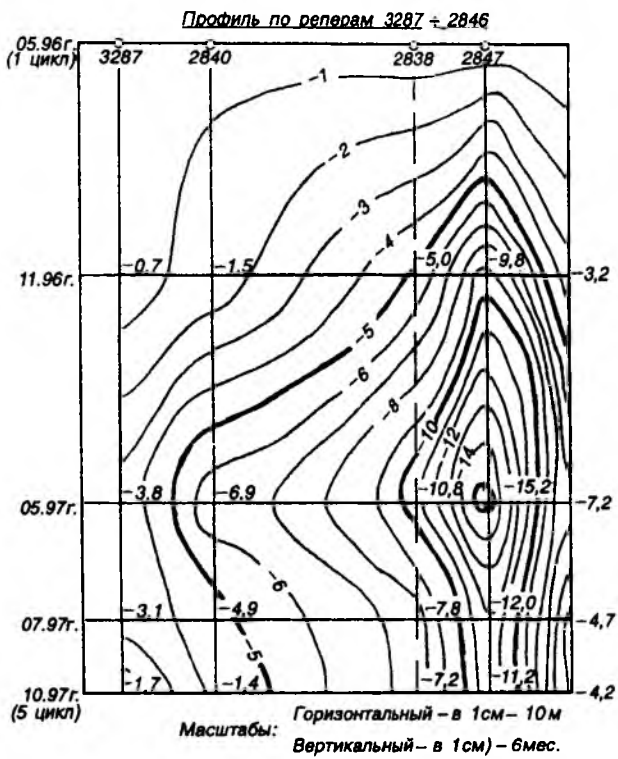


Рис. 218. Пространственно-временной график осадок

и другие меры предосторожности, обеспечивающие высокую точность работ.

Полученные результаты тщательно обрабатывают: оценивают фактическую точность и сравнивают ее с заданной, уравнивают, вычисляют отметки, а по разности их в циклах — осадки, строят графики осадок (рис. 217 и 218).

Способ тригонометрического нивелирования позволяет определять осадки точек, расположенных на существенно разных высотах, в труднодоступных местах. Такие случаи возникают при наблюдениях за высокими зданиями, башнями, плотинами, при производстве измерений через препятствия.

Наиболее высокая точность порядка 0,1 мм обеспечивается при коротких (до 100 м) лучах визирования с применением высокоточных теодолитов типа ЗТ2 и специальной методики измерений, позволяющей измерять зенитные расстояния с ошибкой порядка 5". Расстояния до определяемых точек должны измеряться с ошибкой 3 — 5 мм.

Способ микронивелирования применяют при наблюдениях за взаимным высотным положением близко расположенных на расстоянии 1 — 1,5 м точек. Такие задачи возникают при изучении осадок и наклонов отдельных конструкций: фундаментов, балок, ферм, технологического оборудования. Измерения выполняют с помощью микронивелира.

Фото- и стереофотограмметрические способы предусматривают применение фототеодолита для фотосъемки исследуемого объекта. Определение деформаций вообще и в частности осадок этими способами заключается в измерении разности координат точек сооружения, найденных по фотоснимкам начального (или предыдущего) цикла и фотоснимкам деформационного (или последующего) цикла.

Тщательно выполненные измерения позволяют определять деформации сооружений фотограмметрическими способами со средней квадратической ошибкой менее 1,0 мм.

§ 107. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СМЕЩЕНИЯМИ СООРУЖЕНИЙ

Горизонтальные смещения сооружений или их отдельных элементов измеряют различными способами, основными из которых являются: линейно-угловой, створный и стереофотограмметрический. Применяют также прямые и обратные отвесы.

Линейно-угловые построения применяют в случае, когда величины смещений необходимо знать по двум координатам. Эти построения могут развиваться в виде специальных сетей триангуляции и трилатерации, комбинированных сетей, угловых и линейных засечек, ходов полигонометрии, сетей из вытянутых треугольников с измеренными сторонами и высотами. Применение

того или иного вида построения зависит от характера сооружения и его геометрической формы, требуемой точности и условий измерений, организационных и других факторов. Во многих случаях применяют комбинированные схемы, когда, например, триангуляция или трилатерация используются для определения устойчивости исходных пунктов, с которых способами засечек или полигонометрии определяются смещения точек на сооружении.

Применительно к измерениям деформаций каждый из видов линейно-угловых построений обладает своими особенностями. Однако для всех видов характерным является постоянство схемы измерений и необходимость получения в конечном итоге не самих координат деформационных точек, а их изменений во времени, т. е. разностей координат в двух циклах.

Для специальной триангуляции характерна высокая точность измерения углов ($0,5 - 2,0''$) при коротких сторонах, большое количество связей, обеспечивающих минимальную величину обратного веса определения функции координат точек сети.

Полигонометрия применяется в основном в виде одиночных ходов, опирающихся на исходные пункты. Часто из-за невозможности азимутальной привязки используют лишь привязку координатную.

Уравнивание линейно-угловых построений производят строгими способами. Координаты пунктов вычисляют в условной системе.

Створные наблюдения широко применяют для исследования деформаций сооружений прямолинейной формы, когда смещения достаточно знать по одному направлению. При этом координатную систему выбирают так, чтобы с направлением смещений совпадала ось ординат, а с направлением створа — ось абсцисс.

Величины смещений находят по разности значений ординат (нестворностей), измеренных в двух циклах.

Нестворность определяют различными методами, из которых наиболее распространены методы подвижной марки и малых углов. Для задания створной линии применяют струнные и оптические способы, а также способы, основанные на принципах физической оптики. *Струнный способ* предусматривает использование натянутой стальной струны различного диаметра, *оптический* — зрительных труб большого увеличения (теодолиты, нивелиры, автоколлимационные системы, специальные алиинметры).

В *методe подвижной марки* величина нестворности определяется непосредственно. Для этого в точке *A* (рис. 219, *a*) устанавливается оптический прибор, коллимационная плоскость которого ориентируется по марке в точке *B* и задает створную линию.

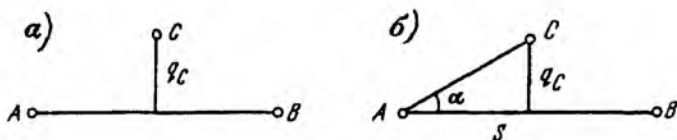


Рис. 219. Определение величины нестворности методами: подвижной марки (а), малых углов (б)

Подвижная марка, установленная в точке C , вводится в створ. Положение подвижной марки, когда мишень ее находится в створе, фиксируется по отсчетному устройству марки. Если известен отсчет, когда ось мишени совпадает с точкой C , то нестворность q_c может быть вычислена как разность отсчетов при положении марки в точке C и в створе AB . При возможности поворота марки на 180° нестворность может быть получена как полуразность отсчетов для двух положений марки при введении ее в створ.

В методе малых углов нестворность q определяется путем измерения малого угла α (рис. 219, б) между линией створа и направлениями на точку C и расстояния S . Величина нестворности вычисляется по формуле $q_c = S\alpha/\rho$.

Для створов значительной протяженности с большим числом определяемых точек на створе в зависимости от условий измерений применяют различные схемы (программы) наблюдений. Простейшая из них — схема общего створа (рис. 220, а), когда нестворности всех точек определяются относительно общего створа между концевыми (опорными) точками створа. В схемах частных (пересекающихся) (рис. 220, б) и последовательных (рис. 220, в) створов нестворности измеряются между определяемыми точками относительно этих створов.

Так, схема последовательных створов предусматривает определение нестворностей Δ_1 точки 1 от створа $I - II$, Δ_2 точки 2 от створа $I - II$, Δ_3 точки 3 от створа $2 - II$ и т. д. В схеме частных створов нестворность Δ_1 точки 1 определяется от створа $1 - 2$, Δ_2 точки 2 от створа $1 - 3$, Δ_3 точки 3 от

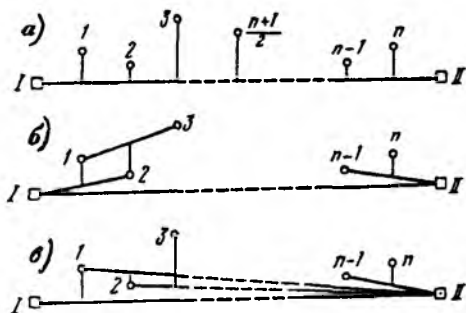


Рис. 220. Схемы створных измерений

створа 2 — 4 и т. д. В обеих схемах нестворности q относительно общего створа могут быть получены лишь путем соответствующих вычислений, зная расстояния S между всеми точками.

Контрольные вопросы:

1. Каковы причины возникновения различных видов деформаций?
2. Каковы задачи наблюдений за деформациями?
3. Какие требования предъявляются к точности наблюдений за деформациями?
4. Какие знаки применяют для наблюдений за деформациями?
5. Какими методами определяют осадки?
6. Какие методы используются для наблюдений за горизонтальными смещениями?

Глава XXVII

ОХРАНА ТРУДА

§ 108. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Охрана труда в нашей стране – одна из важнейших государственных задач. Она включает в себя вопросы правового, организационного, технического, санитарно-гигиенического характера и направлена на обеспечение здоровых и безопасных условий труда на производстве и в быту. Правовые и организационные мероприятия обеспечивают выполнение трудового законодательства на основе Конституции РФ, Кодекса законов о труде, правил и норм безопасного ведения работ. Мероприятия технического характера (техника безопасности) направлены на устранение причин, вызывающих травматизм. Санитарно-гигиенические мероприятия обеспечивают здоровые условия труда: нормальную освещенность и температурный режим на рабочих местах, помещения для обогрева, если работы ведутся зимой на открытых площадках.

Правила, нормы, инструкции и положения в области охраны труда и техники безопасности разрабатываются и утверждаются Госгортехнадзором РФ, Госстроем РФ, Государственной главной санитарной инспекцией Министерства здравоохранения и другими организациями.

На всех этапах строительных работ обеспечивается безопасность труда работающих. Правила безопасного выполнения работ на строительной площадке описаны в СНиП Ш-4-80 «Техника безопасности в строительстве». Специфика безопасного выполнения геодезических работ изложена в Правилах по технике безопасности на топографо-геодезических работах (ПТБ–73).

На площадках устанавливают знаки безопасности и надписи около опасных зон, где действуют и могут возникнуть опасные производственные факторы. К таким зонам относятся: пространство вблизи незащищенных токоведущих частей электроустановок, места передвижения машин, хранения вредных веществ, территория, над которой перемещают грузы грузоподъемными кранами, где работает оборудование с вращающимися рабочими органами и ведут сварочные работы. Строящиеся здания и сооружения ограждают заборами и устанавливают козырьки над входами в них.

Строительную площадку и проходы к ней в темное время суток равномерно освещают.

Колодцы, шурфы и другие выемки в грунте, а также проемы в перекрытиях зданий и сооружений закрывают щитами или огораживают, в темное время на этих ограждениях зажигают электрические сигнальные лампы.

Для подъема и спуска работающих на рабочие места при строительстве зданий и сооружений высотой или глубиной 25 м и более применяют пассажирские и грузопассажирские подъемники (лифты). Рабочие, находящиеся на высоте, пользуются предохранительными поясами, которые крепят к надежным конструкциям.

При выполнении работ с применением лазерного луча в местах возможного прохода людей устанавливают экраны, исключающие распространение луча за пределы мест производства работ.

Если работы выполняют по одной вертикали, ниже расположенные места оборудуют защитными устройствами.

Для всех рабочих проводят инструктаж – общий и на рабочем месте. Учащиеся профессионально-технических училищ и техникумов в возрасте до 18 лет, но не моложе 17 лет при прохождении производственной практики на объектах строительства по профессиям, предусматривающим выполнение строительного-монтажных работ, к которым предъявляют дополнительные требования по безопасности труда, могут работать не более 3 ч в сутки.

Работы должны выполняться под руководством и под наблюдением мастера производственного обучения и работника строительного-монтажной организации, назначенных для руководства практикой. В остальных случаях учащиеся профессионально-технических училищ, средних специальных учебных заведений во время прохождения производственной практики или работы трудятся под наблюдением инженерно-технического работника, ответственного за безопасное ведение работ. Всех учащихся обучают безопасным методам и приемам производства по типовым программам.

§ 109. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТАХ

При выполнении геодезических работ, сопутствующих строительным, выполняют все правила техники безопасности, установленные для данного вида строительных работ, а также специфические.

До начала полевых топографо-геодезических работ в городских условиях, населенных пунктах и на территориях промышленных объектов устанавливают схемы размещения скрытых объектов: подземных коммуникаций и сооружений. При работе в городе необходимо знать правила дорожного движения, при работе на проезжих частях надевают демаскирующую одежду (оранжевую) и выставляют оградительные щиты. Проведение работ на улицах и площадях с интенсивным движением согласовывают с ГИБДД.

По проезжей части дороги разрешается ходить только у кромок тротуара навстречу идущему транспорту – в таком направлении и ведутся измерения в ходах. Запрещается оставлять геодезические приборы без надзора на проезжих частях улиц и дорог.

Высоту подвески проводов ЛЭП, электроподстанций определяют, не касаясь проводов рейками, рулетками, вешками, – аналитически. Рейки, вешки и другие предметы, применяемые для измерений, не разрешается подносить ближе чем на 2 м к электропроводам, в том числе контактными на железных дорогах и трамвайных линиях.

При закладке временных кольев, штырей и других знаков их верхнюю часть забивают вровень с поверхностью земли, а их длина не должна быть более 15 см.

На работы в пределах охранных зон кабелей, находящихся под напряжением, или действующего газопровода необходимо разрешение соответствующего электро- или газового хозяйства. При нивелирных работах на монтажных горизонтах не разрешается ходить по стенам. Рейку устанавливают на подмостях, высота которых должна быть ниже уровня кладки на 0,7 м. При необходимости делают разметку на внешних плоскостях стен и работают с предохранительными поясами. При бетонных работах во время электропрогрева бетона нельзя касаться рулеткой арматуры. Кроме того, нельзя выполнять разбивочные и выверочные работы в зоне монтажа. При ветре 15 м/с и более, гололедице, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ, прекращают все работы, в том числе геодезические на высоте в открытых местах.

Запрещается размечать оси и другие ориентиры на элементах конструкций во время их подъема, перемещения или в подвешенном состоянии. Нельзя оставлять геодезические приборы и принадлежности без присмотра на монтажном горизонте во время перерыва в работе. Геодезические приборы переносят только в упаковочных ящиках, а штативы – в сложенном виде.

Как правило, съемка существующих подземных коммуникаций связана с их обследованием, при котором снимают крышки колодцев и у

колодец ставят треногу со знаком «Опасность».

Перед спуском людей в колодец проверяют, нет ли в нем газа, опуская в него шахтерскую лампу. Если в колодце есть метан, лампа гаснет или сильно уменьшает силу света, если светильный газ – вспыхивает и гаснет. От паров бензина пламя лампы удлиняется и окрашивается в синий цвет, от аммиачного газа без вспышки гаснет. Если лампа не гаснет, а горит ровным светом, таким же, как и на поверхности, то газов в колодце нет и можно спускаться. Запрещается проверять газ по запаху, бросая в колодец зажженую бумагу или опуская горящую свечу или фонарь.

Во время работы следят за открытыми люками, не допуская к ним посторонних людей. По окончании работ или при перерыве все люки колодец закрывают крышками.

Инструменты, лампы и предметы опускают в колодец на веревке после подачи работающим в колодце условного сигнала. Колодец оповещают шахтерской лампой.

Металлические рейки опускают в колодец и вынимают из него по частям, не касаясь проводов.

К работе на дорогах допускаются лица в демаскирующей одежде оранжевого цвета. На время работы выделяют двух сигнальщиков, которые оповещают работающих о приближении транспортных средств. На автодорогах сигнальщиков устанавливают на расстоянии 50...100 м с обеих сторон от места работы, а на железных – не менее 1 км.

Во время тумана, метели, грозы работать на дорогах запрещается.

Переходы, промеры по дорогам ведут по бровкам, а не по полотну.

При измерении стальной лентой или рулеткой через рельсы электрифицированных железных дорог полотно держат на весу. Нельзя пролезать под вагонами, перетаскивать под ними геодезические приборы и инвентарь, проходить между буферами вагонов, если расстояние между ними менее 5 м.

Если работы ведутся на мосту длиной менее 50 м, его на время прохода поезда освобождают. При длине более 50 м работающие укрываются в нишах.

При постройке и закладке геодезических знаков выполняют следующие правила.

К работам допускаются только лица, имеющие специальную подготовку, прошедшие обучение безопасности методам ведения работ по закладке знаков.

Заготовку деталей знаков ведут на земле, работы выполняют топором и пилой. При протесывании бревен нельзя придерживать их ногами – бревно закрепляют на подкладках П-образными скобами, следят за тем, чтобы топор не соскользнул на ногу. Раскалывая чурбаки, нельзя придерживать их ногой.

При сборке металлических знаков гаечные ключи, которыми пользуются верхолазы, привязывают лямками к кистям рук. Винты, болты, шайбы хранят в карманах на спецодежде или в подвешенных сумках.

Если знаки строят на крышках здания, работающие привязываются цепью верхолазного ремня к стропилам крыши.

К самостоятельным верхолазным работам допускаются люди не моложе 18 лет. Они должны проходить специальный медицинский осмотр, а впервые приступающие к работе в течение одного года находятся под непосредственным надзором опытных рабочих.

Рытье котлованов для закладки и канав для маркировки подземных центров геодезических знаков, вырубку углублений в кирпичных и железобетонных стенах для закладки реперов производят, как правило, механическими средствами. При рытье котлованов вручную запрещается вести работы подкопом.

Бетонные монолиты и другие материалы опускают в котлован в соответствии с правилами погрузочно-разгрузочных работ.

Контрольные вопросы:

1. Какими законами охраняется безопасность труда в РФ?
2. Со скольких лет допускаются люди к работе на стройках?
3. Каковы меры безопасности труда при работе на дорогах?
4. Какие правила соблюдают при работе в котлованах и на высоте?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучая изложенный в учебнике материал, учащиеся должны усвоить теоретические основы производства инженерно-геодезических работ при строительстве различных инженерных сооружений и овладеть практическими навыками выполнения основных геодезических измерений. Однако геодезическое производство, как и все области деятельности человека, постоянно совершенствуется: появляются новые приборы и вычислительные средства, основанные на последних достижениях науки и техники; изменяются методы и технология производства работ. Поэтому мастерство и профессиональная эрудиция даже квалифицированного рабочего должны непрерывно обогащаться в процессе трудовой деятельности посредством изучения и освоения передового опыта, рационализации приемов труда, форм организации производства. Необходимо постоянно совершенствовать профессиональные навыки и обновлять свои знания, изучать новую научно-техническую, справочную и нормативную литературу, следить за публикациями в периодических изданиях. Такой подход к трудовой деятельности будет способствовать повышению производительности труда и улучшению качества строительства.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Раздел 1. Общие сведения о геодезии и геодезических измерениях	6
Глава I. Земная поверхность и способы ее изображения	6
§ 1. Форма Земли и определение положения точек на земной поверхности	6
§ 2. Изображение земной поверхности на плоскости (план, карта, профиль)	9
§ 3. Измерения и построения в геодезии	10
§ 4. Масштабы изображения на плоскости	13
Глава II. Ориентирование на местности	17
§ 5. Азимуты, румбы, дирекционные углы и зависимости между ними	17
§ 6. Приборы для ориентирования на местности	20
Глава III. Топографические карты и планы	21
§ 7. Классификация и номенклатура	21
§ 8. Картографическая проекция и система плоских прямоугольных координат	23
§ 9. Условные знаки на планах и картах	25
§ 10. Определение координат, расстояний и углов на планах и картах	27
Глава IV. Рельеф земной поверхности и его изображение	28
§ 11. Формы рельефа и его изображение	28
§ 12. Изображение земной поверхности в цифровом виде	31
§ 13. Решение задач по картам и планам с горизонталями	32
Глава V. Основы геодезических вычислений	36
§ 14. Основные правила вычислений	36
§ 15. Вычислительная техника	38
§ 16. Табличные и графические способы вычислений	40
Глава VI. Общие сведения из теории погрешностей измерений	40
§ 17. Погрешности и их виды	40
§ 18. Свойства случайных погрешностей	42
§ 19. Средняя квадратическая, предельная и относительная погрешности	43
§ 20. Оценка точности результатов измерений	45
Глава VII. Измерение линий	47
§ 21. Рулетки, ленты и их компарирование	47
§ 22. Измерение длины линий лентами и рулетками	52
Глава VIII. Нивелирование	57
§ 23. Нивелиры	57
§ 24. Нивелирные рейки, костыли и башмаки	63
§ 25. Способы нивелирования	65
§ 26. Поверки и юстировки нивелиров	69
§ 27. Выполнение геометрического нивелирования	71
Глава IX. Угловые измерения	77
§ 28. Теодолиты. Принципы измерения углов	77
§ 29. Штативы, визирные цели и экскеры	83

§ 30. Поверки и юстировки теодолитов	85
§ 31. Измерение горизонтальных и вертикальных углов	88
§ 32. Теодолитные ходы	93
§ 33. Обработка результатов измерений	96
Глава X. Лазерные геодезические приборы в строительстве	101
§ 34. Устройство и принцип действия	101
§ 35. Поверки лазерных нивелиров	105
§ 36. Поверки лазерных теодолитов	106
§ 37. Поверки лазерных приборов задания вертикали	111
Глава XI. Дальномеры, приборы и инструменты	
для технических измерений	113
§ 38. Дальномеры	113
§ 39. Зенит- и надир-приборы	117
§ 40. Инструменты для технических измерений	120
§ 41. Новейшие геодезические измерительные приборы и системы	123
Глава XII. Геодезические сети	126
§ 42. Плановые сети	126
§ 43. Высотные сети	131
§ 44. Центры для закрепления геодезических сетей	132
Глава XIII. Топографические съемки	135
§ 45. Съемка и съемочное обоснование	135
§ 46. Аналитический метод съемки	137
§ 47. Мензуральная съемка и приборы для ее выполнения	140
§ 48. Тахеометрическая съемка	143
§ 49. Аэрофототопографическая и фототеодолитная съемки	147
§ 50. Нивелирование поверхности	149
Раздел 2. Геодезические работы в строительстве	152
Глава XIV. Съемка инженерных коммуникаций	152
§ 51. Виды инженерных коммуникаций	152
§ 52. Съемка и составление планов	155
§ 53. Поиск подземных коммуникаций	159
Глава XV. Геодезическая разбивочная основа для строительства	161
§ 54. Общие сведения	161
§ 55. Сети триангуляции, трилатерации, полигонометрии и линейно-угловые	162
§ 56. Плановая разбивочная основа	166
§ 57. Высотная основа	169
§ 58. Знаки для закрепления пунктов разбивочной основы	170
Глава XVI. Основы геометрии зданий и сооружений	172
§ 59. Объемно-планировочные и конструктивные решения	172
§ 60. Оси, отметки, уклоны и предельные отклонения	174
§ 61. Проектная документация	176
§ 62. Геометрические размеры на чертежах	177
§ 63. Исходные данные и чертежи для разбивочных работ	179
§ 64. Строительный генеральный план	182
Глава XVII. Изыскания для строительства	183
§ 65. Виды инженерных изысканий	183
§ 66. Изыскания площадочных сооружений	184
§ 67. Изыскания для линейных сооружений	186
Глава XVIII. Разбивочные работы в строительстве	190

§ 68. Разбивка осей	190
§ 69. Перенесение осей на монтажные горизонты	196
§ 70. Точность геодезических разбивочных работ	201
Глава XIX. Геодезическое обеспечение строительных и монтажных работ	201
§ 71. Вертикальная планировка рельефа	201
§ 72. Производство и приемка земляных работ	210
§ 73. Возведение фундаментов	211
§ 74. Возведение сборных зданий	217
§ 75. Возведение кирпичных и монолитных зданий	225
§ 76. Строительство промышленных зданий	226
§ 77. Монтаж металлических конструкций	227
Глава XX. Геодезическое обеспечение строительства автомобильных и железных дорог	229
§ 78. Камеральное трассирование	229
§ 79. Полевое трассирование	231
§ 80. Разбивочные работы при возведении земляного полотна дорог	239
§ 81. Разбивка верхнего строения дорог	242
Глава XXI. Геодезическое обеспечение строительства гидротехнических сооружений и мостов	243
§ 82. Геодезические изыскания строительства гидротехнических сооружений	243
§ 83. Геодезическое обеспечение строительства гидротехнических сооружений	248
§ 84. Изыскания для строительства мостовых переходов	250
§ 85. Геодезическое обеспечение строительства мостовых переходов ..	252
§ 86. Геодезические работы при мелиоративном строительстве	255
Глава XXII. Геодезическое обеспечение строительства линий электропередачи, связи и магистральных трубопроводов ..	256
§ 87. Воздушные линии электропередачи и связи	256
§ 88. Магистральные трубопроводы	259
Глава XXIII. Геодезическая исполнительная документация	262
§ 89. Содержание и оформление	262
§ 90. Документация по инженерным сетям	263
§ 91. Документация по зданиям и сооружениям	272
Глава XXIV. Стандартизация и контроль качества строительства	277
§ 92. Нормативные документы	277
§ 93. Лицензирование геодезических работ	282
§ 94. Сертификация геодезических работ	283
§ 95. Контроль геометрических параметров сборных элементов	284
Глава XXV. Геодезическое обеспечение земельного кадастра	287
§ 96. Основные понятия о земельном кадастре	287
§ 97. Состав геодезических работ для кадастра	288
§ 98. Определение границ и площадей участков	290
§ 99. Вынос в натуру и определение границ землепользования	291
§ 100. Понятие о геоинформационных системах (ГИС)	292
§ 101. Геоинформационные системы в кадастре	294
Глава XXVI. Наблюдения за деформациями сооружений геодезическими методами	295

§ 102. Виды деформаций и причины их возникновения	295
§ 103. Задачи и организация наблюдений	297
§ 104. Точность и периодичность наблюдений	297
§ 105. Основные типы геодезических знаков и их размещение	298
§ 106. Наблюдения за осадками сооружений	300
§ 107. Наблюдения за горизонтальными смещениями сооружений	303
Глава XXVII. Охрана труда	306
§ 108. Основные требования техники безопасности	306
§ 109. Правила безопасности при геодезических работах	308
Заключение	311

Учебное издание

**Фельдман Вяллен Давидович
Михелев Давид Шаевич**

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ

**Редактор Л. А. Савина
Художественный редактор Ю. Э. Иванова
Художник В. Н. Хомяков
Технический редактор Л. А. Овчинникова
Корректор В. А. Жилкина**

ЛР № 010146 от 25.12.96. Изд. № НП-24. Подп. в печать 02.03.2001
Формат 60x88 $\frac{1}{16}$. Бумага газетная. Гарнитура Таймс
Печать офсетная. Объем: 19,60 усл. печ. л., 19,85 усл. кр.-отт.,
19,45 уч.-изд. л. Тираж 8000 экз. Заказ № 504

ГУП «Издательство «Высшая школа». 127994, Москва, ГСП-4,
Неглинная ул., д. 29/14

Факс: 200-03-01, 200-06-87
E-mail: V-Shkola@g23.relcom.ru, <http://www.v-shkola.ru>

Отпечатано с готовых диапозитивов в ГУП ИПК «Ульяновский
Дом печати». 432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

Фельдман В. Д., Михелев Д. Ш.
Ф 39 **Основы инженерной геодезии: Учеб. — 4-е изд., перераб.
и доп. — М.: Высшая школа. — 314 с.: ил.**

ISBN 5-06-003996-X

Даны сведения о геодезии, картографии, топографии. Описаны геодезические приборы, методы их проверки и юстировки. Изложены способы измерения, методы выполнения разбивочных работ, инженерно-геодезического обеспечения строительных и монтажных работ. Рассмотрены геодезические работы при строительстве зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций монолитных, кирпичных и зданий из других материалов, автомобильных и железных дорог, гидротехнических и линейных сооружений, тоннелей.

Четвертое издание (3-е — в 1999 г.) дополнено сведениями о геоинформационных системах в кадастре.

Для студентов и учащихся среднего и начального профессионального образования.

УДК 69.528.48
ББК 38.115

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ВЫСШАЯ ШКОЛА"

предлагает
книги для студентов
средних профессиональных
учебных заведений

Киселев М.И., Михелев Д.Ш. Основы геодезии.
Учебник. Объем 20 л.

Учебник написан в соответствии с требованиями образовательного стандарта.

Даны общие сведения по геодезии, картографии и топографии; геодезическим приборам, методам геодезических измерений, вычислений и оценки точности их результатов; инженерно-геодезическим работам, выполняемым при изыскании, проектировании и строительстве инженерных сооружений. Излагаются методы изысканий, производства разбивочных работ, исполнительных съемок. Даны разделы по геодезическому обеспечению кадастра, наблюдению за деформациями сооружений, сертификации, лицензированию, организации геодезических работ и технике безопасности при их проведении.

Калиш Г.Г. Основы вычислительной техники: Учебник. Объем 18 л.

Изложены информационные, логические и арифметические основы цифровых электронных вычислительных машин. Приведены методы анализа и синтеза устройств ЭВМ, их структурная организация. Кратко изложены архитектурные и структурные особенности современных персональных ЭВМ.

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ВЫСШАЯ ШКОЛА"

предлагает
книги для студентов
средних профессиональных
учебных заведений

Острейковский В. А. Информатика: Учебное пособие. Объем 25 л.

Согласно требованиям Государственного образовательного стандарта рассмотрены основные понятия информатики как естественнонаучной дисциплины; дана общая характеристика процесса сбора, обработки, хранения и передачи информации. Проанализировано аппаратное и программное обеспечение ЭВМ. Приведено описание структуры и функций персонального компьютера. Большое внимание уделено раскрытию основных видов информационных технологий и информатизации общества.

Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А., Теоретическая механика. Сопротивление материалов. Учебник. Объем 18 л.

В учебнике изложены с применением высшей математики основы теоретической механики и сопротивления материалов, а также даны элементарные сведения из теории механизмов и машин. Приведены подробно решенные примеры.

Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Детали машин. Учебник. Объем 17 л.

В учебнике изложены основы расчета и конструирования деталей машин и узлов общего назначения, а также основные принципы их проектирования. В приложении помещены программированные тренировочные карточки для закрепления умений и навыков в решении задач.

Издательство “ВЫСШАЯ ШКОЛА”

Адрес издательства: 127994, г. Москва, ул. Неглинная, 29/14
тел.: (095) 200-04-56 /справочный/
E-mail 9341.g23@g23.relcom.ru
<http://www.v-shkola.ru>

Отдел маркетинга: (095) 200-07-69, 200-59-39, 200-33-36
факс (095) 200-03-01

Отдел рекламы: (095) 200-33-70, факс (095) 200-06-87

Телефон магазина: (095) 200-30-14

Схема проезда



Проезд:

м. “Пушкинская”, далее троллейбусы
№ 15 и № 31 до остановки
“Трубная площадь” или
м. “Цветной бульвар”

МЫ БУДЕМ РАДЫ ВИДЕТЬ ВАС!