

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»  
Брасовский промышленно-экономический техникум

**Опутин К.В.**

# **ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ**

Учебное пособие

Брянская область 2015

УДК 372.862  
ББК 74.57  
О 60

Опутин, К.В. **Основы геодезии:** учебное пособие для обучающихся / К.В. Опутин. – Брянск: ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2015. – 55 с.

В учебном пособии дано описание принципов работы современных геодезических приборов и инструментов при изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Учебное пособие рекомендуется для студентов специальности 21.02.04 Землеустройство входящей в укрупненную группу 21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия при выполнении графических работ.

#### Рецензенты

Опутина В.В., преподаватель технических дисциплин (Брасовский филиала ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

Другова Г.Е., методист (Брасовский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

*Рекомендовано к изданию решением учебно-методическим советом филиала ФГБОУ ВО «Брянский аграрный университет» - Брасовский промышленно-экономический техникум от 25.05.2015 года, протокол № 5.*

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2015

©Опутин К.В., 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ.....	6
1.1 Поверки теодолитов.....	6
1.2 Поверки нивелиров.....	11
2.ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ НУЛЕВОМ ЦИКЛЕ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	16
2.1 Угломерные приборы.....	16
2.2.Приборы для измерения превышений и отметок.....	21
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ УЧАСТКА ПОД ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПЛОСКОСТЬ.....	27
3.1 Основные задачи вертикальной планировки.....	27
3.2 Нивелирование поверхности по квадратам, проектирование площадки	31
3.3 Техника безопасности при производстве геодезических работ на строительной площадке.....	36
4.НАЗНАЧЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ.....	42
5.СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТ-СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНОВОЙ И ВЫСОТНОЙ ОСНОВЫ.....	46
5.1 Полевые и камеральные работы.....	46
5.2.Проектирование методов измерений и способов построения проектных точек.....	55
6.СОСТАВЛЕНИЕ И РАСЧЕТЫ ПРОЕКТА КРАСНЫХ ЛИНИЙ.....	63
7.ВЫНЕСЕНИЕ В НАТУРУ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ КРАСНЫХ ЛИНИЙ, ОСЕЙ ПРОЕЗДОВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	65
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	70

## ВВЕДЕНИЕ

Первостепенной задачей проведения различного ряда измерений является создание геодезической основы для производства комплекса топографо-геодезических работ, выполняемых при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации различного вида сооружений, возводимых на земной поверхности.

Уровень развития научно-технического прогресса настоятельно требует существенных изменений как в технологическом процессе производства инженерно-геодезических работ, так и в качественном оснащении исполнителя работ современными измерительными приборами: высокоточными электронными тахеометрами и нивелирами, дальномерами, лазерными сканерами, современной электронной вычислительной техникой и пр.

На современных этапах строительства сооружений все процессы геодезических работ от выноса проекта в натуру, разбивочных работ на строительных площадках и весь последующий процесс строительства до его постоянно контролироваться.

Инженерно-геодезическое обеспечение проектно-изыскательских работ, строительство, эксплуатация, наблюдение за осадкой и деформацией сооружений, исполнительная съемка — все эти виды работ нашли достаточно широкое отражение в учебном пособии.

Качество строительства во многом определяет совершенство методов технологии строительных работ, неотъемлемой частью которых являются и геодезические работы.

С ростом и совершенствованием строительного производства возникает необходимость в повседневной и непрерывной проверке геодезическими методами правильности устанавливаемых в проектное положение конструктивных элементов, а для геодезического обслуживания строительного монтажа работ, необходимо ознакомиться с основами методики угловых и линейных измерений, а, также с геодезическими приборами и инструментами. Усвоение материала учебного пособия позволит студентам самостоятельно выполнять геодезические разбивочные работы на строительных площадках.

# 1. ПОВЕРКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

## 1.1. Поверки теодолитов

К основным поверкам теодолитов относится установление выполнения следующих условий.

Условие 1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Условие 2. Вертикальный штрих сетки нитей должен находиться в вертикальной (коллимационной) плоскости.

Коллимационная плоскость определяется плоскостью, образованной визирной осью зрительной трубы при ее вращении вокруг оси 2—2 (рис. 1).

Условие 3. Место нуля вертикального круга должно быть близким к нулю и постоянным.

Условие 4. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси ее вращения.

Условие 5. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Установление выполнения указанных выше условий называют поверкой.

Условие 1 проверяют в начале каждого рабочего дня, а также при необходимости и в течение рабочего дня. При использовании теодолита для ориентировки или при разбивочных работах на монтажных горизонтах — на каждой станции.

Условие 2 проверяют перед выполнением разбивочных работ, при створных измерениях, при выполнении ориентировок, перед измерениями в ходах съемочного обоснования и др.

Условие 3 проверяют перед измерениями углов наклона (тригонометрическое нивелирование), перед ориентировками, при визировании на близкие цели.

Условие 4 проверяют одновременно с проверкой условия 3 перед выполнением указанных выше работ.

Условие 5 проверяют периодически в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора, но не реже одного раза в 2 месяца, а также после известных наблюдателю механических воздействий, происшедших во время работы с теодолитом либо во время его транспортировки или хранения.

Перед поверками теодолит необходимо установить в рабочее положение. Поскольку измерение горизонтальных углов при указанных поверках не производится, то центрирование теодолита не выполняют.

Перед выполнением любой поверки (2, 3, 4 и 5) поверка условия 1 обязательна.

Первая поверка теодолита выполняется в следующей последовательности:

1. Установить ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга по направлению на два любых подъемных винта подставки (Рис 8). Вращением этих винтов в противоположные стороны привести пузырек уровня точно на середину.

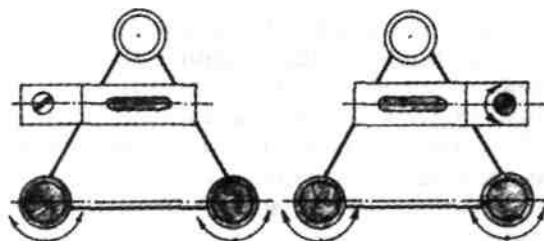


Рис. 1 Первая поверка теодолита

2. Повернуть колонку на  $180^\circ$  (это можно выполнить «на глаз» по симметрии частей колонки либо по отсчетам по шкале горизонтального круга).

Если пузырек уровня отклонился не более чем на два деления ампулы, то условие считают выполненным. В этом случае поверку следует проконтролировать по двум другим подъемным винтам подставки.

3. Если пузырек уровня отклонился более чем на два деления, то половину этого отклонения следует исправить подъемными винтами подставки, вращая их одновременно в противоположные стороны, а другую половину — юстировочными винтами уровня, перемещая его хвостовик вверх или вниз в зависимости от положения пузырька.

После выполнения юстировки поверку повторяют на других подъемных винтах.

Котировочные винты уровня находятся на одном из его концов. Ими зажат хвостовик уровня. Кроме того, многие уровни снабжены боковыми котировочными винтами. При выполнении юстировки необходимо слегка ослабить боковые котировочные винты, а затем отпустить один из юстировочных винтов и подкрутить второй. Этим обеспечивается жесткое положение хвостовика после выполнения каждого шага юстировки. После выполнения поверки и юстировки боковые винты уровня следует снова зажать.

Часто встречаются случаи, когда после выполнения п. 2 поверки пузырек полностью уходит в один из концов ампулы, т. е. ось уровня весьма заметно отклонена от горизонтального положения. В такой ситуации не регистрируется величина полного отклонения пузырька. Для оценки полного отклонения пузырька необходимо подъемными винтами привести пузырек уровня на середину, при этом следует стараться поворачивать оба винта на один и тот же угол и считать число  $n$  таких поворотов. После этого надо вернуть пузырек назад

на половину ( $l/2$ ) таких же оборотов подъемных винтов, а юстировочными винтами уровня привести пузырек на середину ампулы. Такие действия выполняют до тех пор, пока исправляемое положение пузырька уровня не достигнет регистрируемой по ампуле величины.

Для поверки условия 2 визируют верхний конец вертикальной нити сетки нитей на какую-либо точку и наводящим винтом зрительной трубы переводят изображение точки в нижнюю часть вертикальной нити. Если изображение точки при этом смещается не более чем на  $1/3$  ширины биссектора сетки нитей, то условие 2 считают выполненным. В противном случае ослабляют крепежные винты сетки и проворачивают ее до необходимого положения. После этого крепежные винты закручивают и повторяют поверку этого условия.

Вертикальность нити сетки можно проверить и по нити отвеса, подвешенного на расстоянии 5—10 м от теодолита. Перпендикулярность вертикальной и горизонтальной нитей сетки гарантирует предприятие-изготовитель.

Для выполнения третьей поверки на местности выбирают несколько (3 — 4) точек примерно на горизонте прибора и определяют по всем выбранным направлениям значения места нуля (МО) вертикального круга.

Если колебания МО превышают допустимую величину, а также само значение МО существенно больше нуля (в ту или другую сторону), то условие 3 считают не выполненным.

Значительные колебания МО говорят о неисправности теодолита либо системы вертикального круга. Исследование неисправности и ремонт производятся только в специализированной мастерской.

Если колебания МО допустимы, но величина МО больше нуля, то обычно выполняют исправление МО. Если значение МО большое, но стабильное, то, вообще говоря, можно пользоваться и этим значением. Но удобнее, когда оно близко к нулю, в этом случае угол наклона примерно равен отсчету по вертикальному кругу при КЛ.

Вычисляют значение угла наклона на какую-либо из выбранных точек. У теодолитов ТЗО наводящим винтом зрительной трубы устанавливают значение полученного угла наклона (при этом пузырек цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должен находиться в середине ампулы), а затем вертикальными юстировочными винтами сетки нитей перемещают изображение точки на горизонтальную нить сетки либо в ее центр.

У теодолитов Т10 устанавливают изображение точки в центр сетки нитей, а установочным винтом цилиндрического уровня алидады вертикального круга устанавливают отсчет, соответствующий измеренному углу наклона. В этом случае пузырек уровня алидады вертикального круга отклонится от среднего положения. Тогда юстировочными винтами уровня его необходимо вернуть

в центр ампулы. Поверку необходимо повторить по другой точке

Четвертую поверку выполняют визированием вертикальной нитью при двух положениях круга (КП и КЛ) на удаленную точку.

У теодолита Т10 поворот горизонтального круга на  $180^\circ$  осуществляется с помощью куркового зажима. Выполнить п.1 для той же точки и получить отсчеты  $КП_2$  и  $КЛ_2$ .

Значение коллимационной погрешности получают по формуле

$$c=0,5[(КП_1-КЛ_1\pm 180^\circ) + (КП_2-КЛ_2\pm 180^\circ)]. \quad (1)$$

Если значение коллимационной погрешности превышает допустимую величину (для ТЗО, Т15 —  $0,5'$ ), то выполняют юстировку.

Для этого вычисляют правильный отсчет  $a$  на точку

$$a = 0,5(КП_2 + КЛ_2\pm 180^\circ) \quad (2)$$

Наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают правильный отсчет на лимбе ГК. При этом изображение точки сместится вбок с центра сетки нитей (с вертикальной нити) на величину  $c$ . Боковыми юстировочными винтами сетки нитей совместить ее центр (или вертикальную нить) с изображением точки. Поверку необходимо повторить по другой точке.

Для выполнения пятого условия необходимо теодолит установить

недалеко от высокого объекта (например, стены здания). В верхней части стены выбрать какую-либо заметную точку так, чтобы визирование на нее производилось при наклоне визирной оси к горизонту примерно на  $30^\circ$ . При КП и КЛ визируют на точку и сносят ее изображение на стену примерно на уровень высоты прибора. В этом месте лучше закрепить лист бумаги. Положение спроецированной точки на листе бумаги отмечают и измеряют между полученными метками расстояние  $t$  (в мм).

## 1.2. Поверки нивелиров

В нивелирах проверяется выполнение следующих основных условий:

1. Ось установочного круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения нивелира либо ось установочного цилиндрического уровня должна быть параллельна плоскости горизонта.

2. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть параллельна плоскости горизонта.

3. Главное условие нивелира. Визирная ось зрительной трубы должна



быть горизонтальной.

Условие 1 проверяется перед каждой работой в одной смене либо перед циклом измерений.

Условие 2 проверяется в тех случаях, когда требуется работа по крайним частям горизонтальной нити (например, при разбивке горизонтальной плоскости). Кроме того, это условие дополнительно проверяется после выполнения поверки по условию 3. В любом случае периодичность поверки этого условия должна быть не реже одного раза в неделю.

Условие 3 проверяется в следующих случаях:

—перед каждым циклом измерений в начале рабочего дня;

—при необходимости измерений при неравных расстояниях от нивелира до реек;

—при обнаружении постоянных значительных расхождений в превышениях на станциях нивелирования из середины;

—после транспортировки прибора;

—после механических ударов по прибору, его падении и др., что было замечено в процессе выполнения работ.

При выполнении поверок нивелир должен быть установлен в рабочее положение.

Поверки необходимо выполнять в последовательности указанных выше условий: 1, 2, 3.

Для выполнения первого условия необходимо расположить круглый уровень по направлению на один из подъемных винтов подставки и тщательно вывести его пузырек на середину ампулы.

Повернуть корпус нивелира на  $180^\circ$ . Если пузырек уровня не вышел при этом за пределы двойного кольца сетки уровня, то условие считают выполненным.

Если отклонение пузырька от середины ампулы больше допустимого, то половину этого отклонения устраняют подъемными винтами подставки (в соответствии с направлением отклонения), а другую половину — юстировочными винтами уровня.

Поверку повторяют на другом винте подставки до тех пор, пока при любом положении корпуса нивелира пузырек уровня будет оставаться в допустимых пределах сетки ампулы.

Поверка установочного цилиндрического уровня выполняется так же, как и установочного уровня теодолита.

Для проверки второго условия необходимо привести последовательно крайний левый и крайний правый краг центральной горизонтальной нити сетки нитей на рейку с миллиметровыми делениями, установленную на расстоянии 4 — 5 м от нивелира, и взять по ней отсчеты. Если отсчеты отличаются, то необ-

ходимо ослабить закрепительные винты сетки и повернуть ее до необходимого положения, контролируя по отсчетам на рейке. Здесь в качестве визирной цели можно использовать и рейку с сантиметровыми делениями, которую следует установить в 20 — 25 м от нивелира.

Поскольку предприятие-изготовитель гарантирует перпендикулярность горизонтальной и вертикальной нитей сетки, то поверку 2 можно выполнить с использованием отвеса, на который следует навести вертикальную нить. Условие 2 выполнено при совпадении вертикальной нити сетки нитей зрительной трубы с ниткой отвеса. В противном случае сетку необходимо повернуть на необходимый угол. Для этого следует снять с сетки нитей защитный колпачок, ослабить соответствующие винты сетки и вручную повернуть сетку до соблюдения необходимого условия. После этого винты сетки последовательно в несколько приемов закрутить.

После юстировки сетки поверку следует повторить (целесообразно другим способом).

Поверка выполнения главного условия нивелира является самой ответственной так как визирная ось зрительной трубы нивелира должна быть параллельна оси цилиндрического уровня. Она должна выполняться с большой частотой, поскольку нарушение главного условия происходит даже при сравнительно незначительных механических воздействиях, а также при воздействии внешней температуры. Особенно это важно при выполнении высокоточных, точных и специальных работ повышенной точности, которые требуют выполнения данной поверки в начале каждого рабочего дня, а при необходимости и в течение рабочего дня.

Выбираются на местности на расстоянии 70 — 75 м друг от друга две точки А и В и закрепляют их деревянными колышками с гвоздями в их верхней части, либо металлическими штырями со сферической головкой, либо установить в этих точках специальные нивелирные башмаки.

Установить нивелир посередине между точками так, чтобы расстояния до них были одинаковыми (с разностью плеч не более 1 м). При поверке высокоточных и точных нивелиров целесообразно разность плеч выдерживать не более 0,2 м.

Это можно выполнить промером рулеткой или использовать для этого нитяный дальномер зрительной трубы нивелира. Число сантиметров между дальномерными нитями сетки нитей по рейке, установленной в точке А или В и видимой в зрительную трубу, соответствует числу метров от нивелира до рейки.

Определить превышение  $h_{B_0}$  точки В над точкой А по двум сторонам реек при двух горизонтах прибора.

Для изменения горизонта прибора (высоты визирного луча над поверхно-

стью земли) необходимо нивелир переставить на том же месте с изменением его высоты примерно на 5—10 см и снова установить его в рабочее положение.

Полученное превышение равно среднему превышению, определенному из двух горизонтов прибора.

Переместиться с нивелиром к точке А и установить его за ней (в 3 — 4 м от нее) примерно в створе на точку В (станция 2). Определить превышение  $h_B$  точки В над точкой А при двух горизонтах прибора.

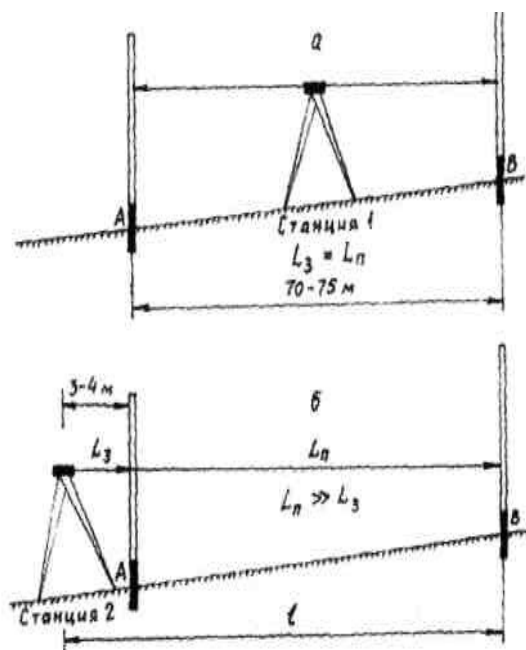


Рис. 2. Поверка главного условия нивелира

Сравнить полученные превышения. Превышение  $h_{B0}$ , полученное при нивелировании из середины, принимается по условию компенсации погрешностей в симметричной схеме измерения точным, не содержащим погрешностей. Если же ось цилиндрического уровня будет непараллельна визирной оси зрительной трубы нивелира, то в превышение  $L_B$  будет входить погрешность из-за невыполнения главного условия ( $Ah = h_B - h_{B0}$ ).

Если значение угла  $i$  допустимо, то главное условие нивелира считают выполненным. Для технических нивелиров  $<45''$ , для точных  $<15''$ , для высокоточных  $-10''$ .

При тех же условиях поверки для высокоточного нивелира  $AЛ = 4$  мм, для технического  $AЛ = 17$  мм.

Если полученное значение  $j$  (или  $AЛ$ ) превышает допустимое, то выполняют юстировку.

Для этого вычисляют правильный отсчет на т. В по черной стороне рейки,

соответствующий горизонтальному положению визирной оси зрительной трубы на последнем горизонте прибора. Элевационным винтом устанавливают по рейке В правильный отсчет . В это время пузырек уровня уйдет из среднего положения.

Юстировочными винтами цилиндрического уровня зрительной трубы привести его пузырек на середину.

Таким образом, для правильных измерений на строительной площадке необходимо выполнять поверки геодезических инструментов, они должны выполняться в обязательном порядке в том случае, если инструмент подвергся ударам или работа производится при большом перепаде температур.

## 2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ НУЛЕВОМ ЦИКЛЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

### 2.1. Угломерные приборы

Основными угломерными инструментами, применяемыми для геодезического обслуживания строительства, являются теодолиты. В настоящее время в нашей стране изготавливаются теодолиты следующих типов: Т-05, Т-1, Т-5, Т-10, Т-20 и Т-30. Особенно удобны на строительной площадке электронные тахеометры типа 3Та5, выпускаемые Уральским оптико-механическим заводом. Ниже рассматриваются марки теодолитов, которые с успехом могут применяться на строительной площадке для создания геодезического разбивочного обоснования, выноса в натуру основных осей и детальной разбивки их, геодезического контроля при монтаже конструкций и т. д. В табл. 1 приведены основные технические характеристики этих теодолитов.

Точный оптический теодолит Т-2 (рис.1) позволяет измерять горизонтальные и вертикальные углы со средней квадратической ошибкой не более  $\pm 2''$  одним полным приемом, а параллельные —  $\pm 0,3'' - 0,5''$ . При использовании горизонтального жезла типа Бала можно с помощью теодолита Т-2 измерять горизонтальные проложения с точностью от 1 : 2000 до 1 : 20 000 для расстояний соответственно от 200 до 30 м. Теодолит Т-2 позволяет производить измерение вертикальных углов с точностью, обеспечивающей определение превышений со средней квадратической ошибкой 5 мм на 10 м, что соответствует требованиям нивелирования IV класса.

Как следует из точностных данных, теодолит Т-2 может найти широкое применение при создании строительных геодезических сеток, специального разбивочного обоснования под отдельные крупногабаритные здания и сооружения (длиной более 500 м), для выверки прямолинейности прецизионного технологического оборудования в плане, для передачи проектных отметок на высокие и труднодоступные инженерные сооружения

Теодолит приспособлен для измерения углов в ходах полигонометрии по трехштативному способу. Изготавливается теодолит в двух вариантах — с электрическим освещением (для работы в закрытых помещениях и ночью) .

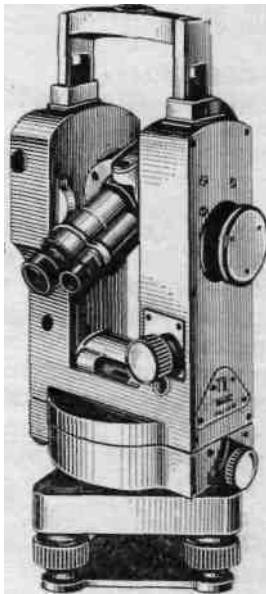


Рис. 1 Теодолит Т-2



Рис. 2 Теодолит Т-5

Теодолит Т-2 приспособлен для измерения расстояний с помощью дальномерных насадок (ДН-04, ДНР-06 и ДН-08).

Оптический шкаловой теодолит Т-5 (рис. 2) предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов в аналитических сетях и полигонометрии 1-го и 2-го разрядов со средней квадратической ошибкой  $\pm 5''$ . Теодолит можно использовать для проложения нивелирных ходов IV класса и технического нивелирования.

Теодолит Т-5 — неповторительный, но имеет устройство для перестановки горизонтального круга; вертикальная ось — цилиндрическая. Отсчеты по кругам сведены в один микроскоп, расположенный параллельно зрительной трубе теодолита. В поле зрения отсчетного микроскопа одновременно видно изображение штрихов обоих кругов.

Отличительной особенностью теодолита Т-5 является наличие оптического компенсатора, обеспечивающего автоматическую установку места нуля на вертикальном круге при наклоне подставки инструмента с точностью  $\pm 2''$ , что позволяет использовать теодолит Т-5 одновременно и как технический нивелир. Диапазон работы компенсатора  $\pm 3'$ .

Теодолит имеет высококачественную зрительную трубу с ортоскопическим окуляром, снабженную оптическими визирами, предназначенными для приближенного наведения трубы на визирную цель. Оптический отвес расположен внутри алидадной части инструмента.

Теодолит приспособлен для работы по трехштативному способу с дальномерными насадками ДН-04 (ДД-3), ДН-08 (ДНТ), ДНР-06 (ДНР-100), что дает значительный экономический эффект при проложении разбивочных высот-

ных и плановых ходов. Теодолит снабжен окулярной насадкой.

Оптический шкаловой теодолит Т-10 (рис. 3) предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов в аналитических сетях и полигонометрии 1-го и 2-го разрядов со средней квадратической ошибкой  $+10''$ . Теодолит можно использовать для выноса в натуру основных осей зданий и наблюдений за вертикальностью высотных сооружений. Он позволяет также измерять расстояния при помощи дальномерных насадок ДН-04, (ДД-3), ДНР-06 (ДАР-100) или ДН-08 (ДНТ), укрепленных на оправе объектива зрительной трубы. Теодолит приспособлен для работы по трехштативному способу.

Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам сведены в один микроскоп, расположенный параллельно зрительной трубе, так что в поле зрения отсчетного микроскопа видны одновременно штрихи обоих кругов.

Теодолитом Т-10 можно выполнять техническое нивелирование с помощью цилиндрического уровня, закрепленного на зрительной трубе теодолита параллельно визирной оси его. Теодолит снабжен оптическим отвесом, расположенным внутри алидадной части.

Повторительный оптический шкаловой теодолит Т-20 (рис. 4) предназначен для измерений горизонтальных и вертикальных углов в теодолитных и тахеометрических ходах, прокладываемых как на поверхности, так и под землей со средней квадратической ошибкой, не превышающей  $\pm 20''$ .

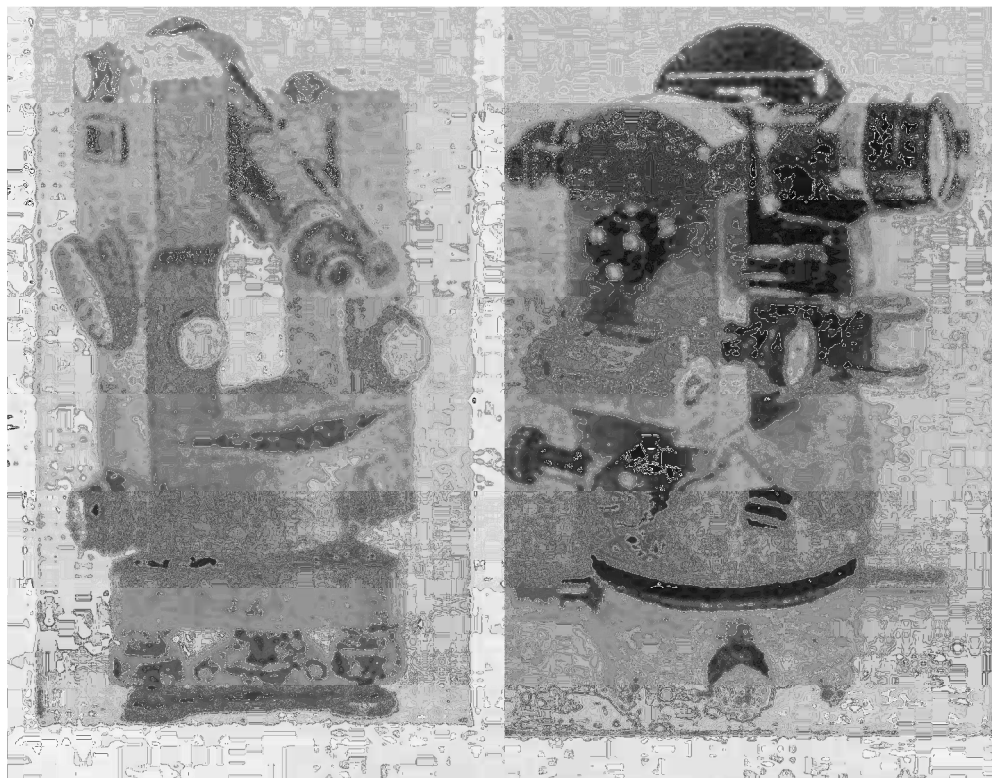


Рис. 3 Теодолит Т -10

Рис. 4 Теодолит Т-20

Особенно он удобен при съемке крутонаклонных участков местности (с углами наклона до  $65^\circ$ ).

Теодолит приспособлен для работы с дальномерной насадкой ДН-10, устанавливаемой на оправе зрительной трубы.

Наличие уровня с ценой деления  $30''$  на зрительной трубе теодолита позволяет производить им нивелирование горизонтальным лучом.

Горизонтальный и вертикальный круги теодолита изготовлены из оптического стекла.

Окуляр микроскопа расположен рядом с окуляром зрительной трубы, что облегчает работу с инструментом.

Двухканальная оптическая система обеспечивает независимое построение односторонних изображений обоих кругов в плоскости шкалы микроскопа.

Отсчетная система освещается через один иллюминатор с помощью поворотного зеркала. Грубая наводка зрительной трубы на точку визирования производится оптическим визиром. Сверху на визире имеется метка для центрирования теодолита над точкой. Переводить трубу через зенит можно как окулярным, так и объективным концами.

Малогобаритный оптический теодолит Т-30 (Рис.5) предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов в теодолитных и тахеометрических ходах и для разбивочных работ со средней квадратической ошибкой, не превышающей  $\pm 30''$ . Его можно использовать для нивелирования горизонтальным лучом.

Теодолит приспособлен для работы с оптической дальномерной насадкой ДН-10 (ДД-5), позволяющей измерять расстояния от 20 до 200 м с относительной средней квадратической ошибкой 1 : 1200.

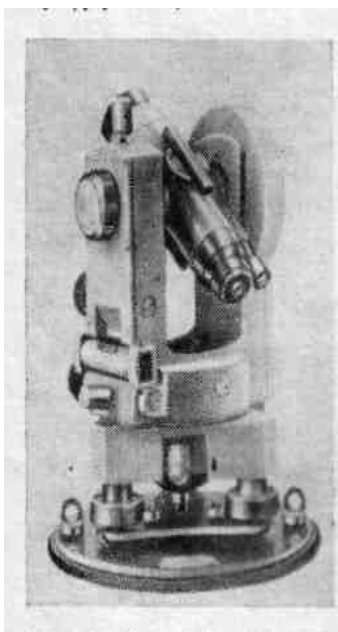


Рис. 5 Теодолит Т-30



Теодолит Т-30 относится к повторительным теодолитам, что позволяет при измерениях углов использовать как метод круговых приемов, так и способ повторений.

Основание теодолита является одновременно и основанием металлического футляра, что не только уменьшает массу комплекта, но и создает удобство при перенесении теодолита с точки на точку закрепленным на штативе и закрытым футляром.

Теодолит не имеет специального оптического отвеса, но для центрирования теодолита над точкой можно использовать зрительную трубу, которую устанавливают вертикально объективом вниз и визируют на точку через отверстие в вертикальной оси.

Отсчетный микроскоп расположен параллельно зрительной трубе. В поле зрения микроскопа видны одновременно штрихи горизонтального и вертикального кругов. Отсчет производят по неподвижному индексу.

Небольшая масса, малые габариты, удобство в работе, высокая производительность, широкий диапазон выполняемых геодезических работ — все это позволяет использовать новые теодолиты при решении многих задач инженерной геодезии на строительной площадке: создание разбивочного обоснования, разбивка трасс подземных и надземных коммуникаций, вынос в натуру осей зданий, нивелировка поверхности планировочного участка стройплощадки; выверка вертикальности высоких конструкций, передача разбивочных осей на монтажные горизонты.

## 2.2. Приборы для измерения превышений и отметок

Нивелирные геодезические инструменты в строительстве применяются для создания высотного обоснования, выноса в натуру проектных отметок, контроля высотного положения строительных конструкций, исполнительных высотных съемок и наблюдений за осадками зданий и сооружений.

В соответствии с ГОСТ 10528—69 отечественной приборостроительной промышленностью выпускаются новые нивелиры Н-3, НС-4 и НТ, которые предназначены для строительства. Из ранее выпускавшихся нивелиров прибору Н-3 соответствует НВ-1. Ниже рассматриваются нивелиры Н-3, НС-4 и НТ.

Точный глухой нивелир Н-3 с уровнем при трубе и элевационным винтом предназначается для нивелирования III и IV классов со средней квадратической ошибкой не более  $\pm 4$  мм на 1 км двойного хода при создании съемочного и разбивочного обоснования.

Наведение трубы на рейку производится от руки: грубое — по мушке, нанесенной на оправу зрительной трубы, и точное — по вертикальному штриху

сетки нитей.

Вместо подставки (трегера) нивелир имеет шаровую пяту, благодаря чему общее горизонтирование инструмента осуществляется по шаровой пяте штатива и круглому уровню, установленному на приборе. Для приближенного измерения горизонтальных углов нивелир снабжен горизонтальным кругом, отсчет, по которому берут по индексу, имеющемуся на алидаде.

Небольшая масса и компактность инструмента, а также наличие горизонтального круга обеспечивают широкое применение его в геодезических работах при строительстве зданий и сооружений, на изысканиях железных и шоссейных дорог.

Рассмотрим кратко некоторые зарубежные нивелиры, нашедшие широкое применение в отечественной геодезической практике.

Нивелир со стеклянным кругом Ni-VI (завод MOM, Венгрия) является инструментом для точных нивелировочных работ.

При средних условиях производства работ средняя квадратическая ошибка измерения на 1 км двойного нивелирного хода составляет  $\pm 2,5$  мм.

Цилиндрический уровень у нивелира Ni-VI расположен в прочной отливке кожуха зрительной трубы, защищенной от тепловых лучей и внешних механических воздействий, поэтому он долгое время сохраняет юстированное положение.

Концы пузырьков уровня видны в 2,5-кратном увеличении вдоль горизонтальной разделительной линии через призматическую систему и лупу, расположенную рядом с окуляром зрительной трубы.

Отсчитывание по горизонтальному кругу осуществляется с помощью микроскопа, расположенного рядом со зрительной трубой.

Стеклянный круг поворачивается регулировочным барабаном, расположенным на дне основания прибора, посредством зубчатой передачи. При измерениях направлений это очень удобно, так как круг можно установить на любое начальное значение.

Этот нивелир не имеет зажимного винта. Действие микрометренного винта обеспечивается фрикционным соединением, произвольно устанавливаемым наблюдателем.

Нивелир Ni-VI снабжается оптическим микрометром типа СК-322. С его помощью повышается точность нивелирования.

При применении оптического микрометра с плоскопараллельной пластинкой и нивелирной рейки с делением в  $1/2$  см средняя квадратическая ошибка измерения уменьшается до  $\pm 0,7—0,8$  мм. Широкое распространение получили нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования, в которых при незначительном наклоне зрительной трубы автоматически с помощью компенсаторов обеспечивается горизонтальное положение линии визирования. К таким

нивелирам относятся НС-4, выпускаемый отечественной промышленностью.

Автоматическая установка линии визирования в горизонтальное положение значительно облегчает работу исполнителя и избавляет от грубых просчетов, возможных при работе с обычными нивелирами. Нивелир НС-4 - точный нивелир с самоустанавливающейся линией визирования, предназначен для нивелирования IV класса со средней квадратической ошибкой, не превышающей 8 мм на 1 км одинарного хода, а также для технического нивелирования при изысканиях и строительстве.

Зрительная труба с внутренней фокусировкой дает обратное изображение. Все внешние оптические элементы трубы просветлены. Нивелир снабжен призмным компенсатором, расположенным в сходящемся пучке лучей и обеспечивающим автоматическую установку линии визирования в горизонтальное положение при углах наклона инструмента в любом направлении в пределах  $\pm 15'$ .

Демпфирование колебаний чувствительного элемента компенсатора обеспечивается поршневым воздушным демпфером в течение 1 сек.

Точное визирование на рейку осуществляется с помощью винта бесконечной наводки вращением одного из двух его маховичков, расположенных с обеих сторон инструмента.

Быстрая установка нивелира в рабочее положение производится по круглому уровню вращением подъемных винтов с увеличенным шагом резьбы.

Анализ результатов исследования показал, что нивелир НС-4 по точности работ не уступает нивелиру НВ-1. Экономия времени, затрачиваемого на установку НС-4 и производство отсчетов на станции в сравнении с нивелиром НВ-1, составляет 38%.

За рубежом нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования начали серийно изготавливаться с 1950 г. С тех пор в различных странах разработан ряд компенсаторов для нивелиров, многие из которых имеют весьма оригинальную систему компенсации. Для большинства иностранных авторедукционных нивелиров характерна высокая точность при прокладке высотных ходов, хорошее демпфирование колебаний, компактность. Поэтому они представляют определенный интерес.

Нивелир Koni-007 (Рис.6) относится к глухим нивелирам с самоустанавливающейся линией визирования.

От обычных глухих нивелиров Koni-007 отличается прежде всего цилиндрической формой (перескопическая зрительная труба). Кроме того, внутри корпуса зрительной трубы в нивелире помещен компенсатор с демпфером и оптический микрометр в виде наклоняющейся пентапризмы. Отсчетный барабан микрометра защищен от внешних воздействий кожухом.

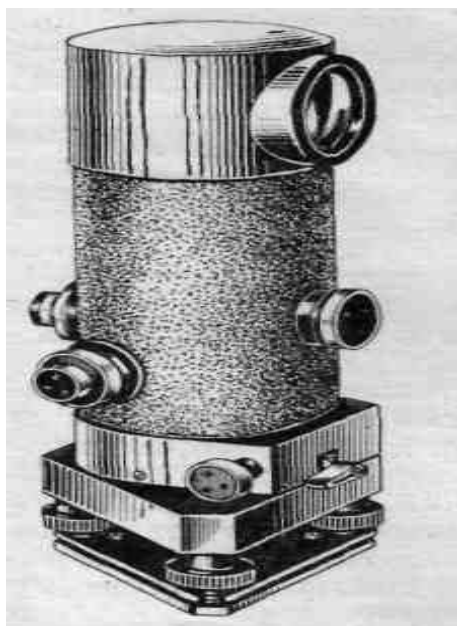


Рис. 6. Нивелир Koni-007

Имеется приспособление для выключения оптического микрометра. Нивелир снабжен горизонтальным стеклянным кругом, и отсчитывание по нему производится с помощью штрихового микроскопа.

При нивелировании с оптическим микрометром средняя квадратическая ошибка на 1 км двойного нивелирного хода при визирном луче до 50 ж и скорости ветра до 4 м/сек составляет  $\pm 1,5$  мм, а при нивелировании по программе III класса (длина визирного луча до 75 м) эта ошибка равна  $\pm 3$  мм.

На нивелирование, выполняемое на одной станции, при использовании Koni-007 затрачивается примерно на 15—20% времени меньше, чем при применении обычных нивелиров (с уровнями).

Нивелиры Koni-007 нашли широкое применение в различных отраслях строительства нашей страны и за рубежом. Надежность в работе и высокая точность результатов измерения при минимальных затратах труда (относительно уровневых нивелиров) открывают неограниченные перспективы применения нивелиров Koni-007.

Нивелиры с компенсаторами (Рис.7) не имеют цилиндрического уровня при зрительной трубе, а содержат только установочный (круглый или цилиндрический уровень), находящийся на корпусе прибора. Приведение визирной оси нивелира в рабочее положение производится автоматически при приведении в рабочее положение установочного уровня.

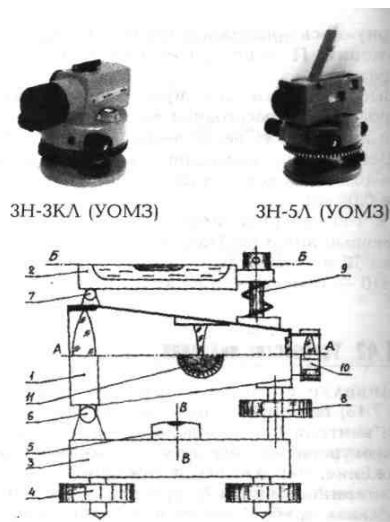


Рис. 7 Устройство нивелиров УОМЗ

Нивелиры с компенсаторами значительно облегчают работу при измерениях, поскольку при их использовании отпадает необходимость в приведения визирной оси в горизонтальное положение самим наблюдателем. Одним их недостатков нивелиров с компенсаторами является сложность работ в условиях вибрации почвы (грунта) от работы механизмов либо от проходящего рядом транспорта.

Нивелир с уровнем при зрительной трубе состоит из подставки 3 с тремя подъемными винтами 4, с помощью которых совместно с Круглым уровнем 5 нивелир устанавливают в рабочее положение; наводящего и зажимного устройств; элевационного винта 8, при вращении которого Мнительная труба может в небольших пределах поворачиваться в вертикальной плоскости в шарнире 6.

Зрительная труба 1 и цилиндрический уровень 2 жестко скреплены друг с другом. При юстировке положения оси Б-Б уровня эта ось может на небольшие углы поворачиваться относительно оси Зрительной трубы в шарнире 7 при вращении в ту или другую сторону юстировочного винта 9, расположенного в хвостовике уровня.

Фокусирование изображения предмета производится кремальерой 11, при вращении которой Перемещается отрицательный компонент объектива зрительной трубы (фокусирующая линза). Четкое изображение сетки нитей получают вращением окулярного колена 10.

В поле зрения трубы нивелира выведены специальной оптической системой противоположные концы пузырька цилиндрического контактного уровня.

Таким образом, на строительной площадке применяются как угломерные геодезические инструменты, так и приборы для определения отметок, удобнее пользоваться электронными тахеометрами и нивелирами с самоустанавливающейся линией визироваия.

### **3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ УЧАСТКА ПОД ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПЛОСКОСТЬ**

#### **3.1. Основные задачи вертикальной планировки**

Для любого использования земельных участков почти всегда требуется изменять их естественный рельеф. Например, для правильного устройства дороги ей нужно придать соответствующие продольный и поперечный уклоны; строительство зданий и сооружений связано с выравниванием площадки, устройством лотков для удаления поверхностных вод и т.д.

Рельеф территории населенного пункта должен удовлетворять инженерным, санитарным и архитектурным требованиям. Поскольку учет естественного рельефа при составлении проектов планировки и застройки населенных мест полностью этого не обеспечивает, архитектурно-планировочное решение приходится дополнять техническим решением изменения рельефа поверхности селитебной территории.

Такое приспособление естественного рельефа поверхности с учетом конкретных целей ее эксплуатации и составляет задачу вертикальной планировки, в состав этой задачи входит трансформация рельефа для регулирования стока атмосферных и талых вод, для транспортных целей (улицы, дороги, площади) и для технически правильной, экономически целесообразной и архитектурно-выразительной застройки.

Таким образом, вертикальная планировка территории населенного места означает изменение ее естественного рельефа для удовлетворения инженерных, транспортных нужд, требований благоустройства и застройки.

Вертикальная планировка тесно связана с горизонтальной планировкой, являясь ее продолжением — трансформацией рельефа территории.

Нередко вертикальная планировка подсказывает необходимость уточнения или изменения некоторых решений горизонтальной планировки (перемещение улиц, смещение зданий и др.). При решении задач горизонтальной планировки необходима хотя бы схематическая разработка основных вопросов вертикальной планировки. При таком согласованном решении сводятся до минимума ошибочные решения в планировке и по высоте.

Разработанный проект вертикальной планировки дает возможность правильно определить отметки заложения фундаментов зданий, проложить инженерные сооружения на соответствующих отметках по территории населенного места, уточнить трассы улиц и положение площадей.

Многие мероприятия в схемах вертикальной планировки только намечаются. При ее дальнейшей разработке каждое из этих мероприятий может разра-

батываться как самостоятельный проект по благоустройству территории. К таким мероприятиям можно отнести: ликвидацию оврагов, осушение заболоченных участков, спрямление русла реки и т. д.

Для осуществления вертикальной планировки проводятся земляные работы (срезка, подсыпка, устройство подпорных стенок, откосов, от-мосток, уплотнение грунта, перемещение земляных масс и др.), вызывающие значительные материальные затраты.

Чтобы уменьшить затраты по вертикальной планировке, необходимо соблюсти следующие основные условия: максимально приспособить вертикальную планировку к естественному рельефу; добиться в проекте вертикальной планировки минимальных объемов земляных работ, стремясь к получению нулевого баланса земляных работ. При невозможности достичь такого баланса лучше иметь небольшой излишек земли, чем недостаток ее. Излишек можно использовать на подсыпку площадок, отводимых для посадки зеленых насаждений, для устройства спортивных площадок, тогда как недостаток придется завозить извне, на что потребуются дополнительные затраты на транспортировку грунта.

В местах застройки не следует допускать подсыпки грунта более чем на 0,5 м, так как при малоэтажной застройке фундаменты зданий можно закладывать на глубину 0,75 м; если же подсыпка окажется больше этой величины, то подошвы фундаментов зданий будут опираться на насыпной грунт, что недопустимо.

При вертикальной планировке необходимо сводить до минимума всякие дополнительные затраты на устройство подпорных стенок, террас, специальных откосов, лестниц и т. д.

Известно несколько методов составления проектов вертикальной планировки: аналитический, графо-аналитический, полюсный, метод профилей, красных горизонталей и др. В практике проектирования вертикальной планировки сельских населенных мест преимущественно используют методы профилей и красных горизонталей.

Проекты вертикальной планировки улиц, проездов и дорог разрабатывают обоими методами, а вертикальную планировку прочих территорий населенного пункта (кварталы, площади и др.) — методом красных горизонталей.

Продольные профили составляют по осям улицы, а иногда по лоткам. На профиль наносят проектную линию с необходимым уклоном и затем вычисляют красные (проектные) ее отметки, рабочие и синие отметки так, как это принято при проектировании дорог.

Проектные уклоны должны быть больше минимальных и не превышать допустимых. Если уклон превышает допустимый, то проектируемый уклон следует смягчить путем срезки земли в одних местах и подсыпкой в других.

На продольный профиль наносят почвенно-геологический разрез, который дает возможность видеть расположение и определить уровень грунтовых вод. Геологический разрез составляют по данным шурфов и скважин; желательно, чтобы проектная линия вписывалась в окружающий рельеф местности.

Не рекомендуется проектировать профиль улиц с большими насыпями и глубокими выемками. Это удорожает работы по устройству дорог и может вызвать переустройство подземных сетей. При минимальном продольном уклоне или на горизонтальных участках дороги профиль лотков применяют пилообразный с устройством дождеприемных решеток ливневой канализации.

По профилям, используя их числовые данные, определяют объемы земляных работ по улицам, проездам и дорогам.

Более подробное проектирование рельефа улиц по всей их площади (а не только по осям) выполняется методом красных горизонталей. Красными, или проектными, называют горизонталю, изображающие будущий (проектный) рельеф планируемой территории.

Метод проектных горизонталей отличается от метода профилей большей наглядностью. Приемы нанесения проектных горизонталей на план сводятся к перемещению естественных горизонталей (черных) и изменению их начертания или к построению проектных горизонталей по расчету.

Прием перемещения горизонталей основан на том, что при сближении горизонталей, т. е. уменьшении заложений между ними, уклоны поверхности увеличиваются и, наоборот, при увеличении расстояний между горизонталями местность становится более полой.

Можно перемещать горизонталю, не изменяя расстояния между ними. Тогда участок будет подниматься или опускаться, но уклон его будет оставаться прежним.

Вертикальная планировка квартала на пересеченном рельефе может вызвать необходимость проектировать проектные плоскости в разных уровнях, т.е. террасирование. Уклоны террас направляют к улицам

При решении вопросов вертикальной планировки должна быть учтена при подсчете земляных работ и земля от выкопки фундаментов и инженерных коммуникаций с размещением ее на территории проектируемого квартала. Важным элементом внутриквартальной территории, особенно в условиях сельских населенных мест, являются хозяйственные двory. В этих условиях хозяйственные постройки проектируют стоящими отдельно. Дворы разгрузочные площадки нужны и при культурно-бытовых учреждениях (магазинах, бытовых мастерских, столовых и т.п.). В плане двор может быть размещен фронтально открытым к проезду или отгорожен зелеными насаждениями от улицы с одним въездом и выездом на улицу.



Ширину въезда во двор принимают не менее 3 м — такой размер необходим для свободного проезда автомашины. Минимальный размер двора—15X15 м. Вертикальная планировка хозяйственного двора в первую очередь должна обеспечить водоотвод с его территории. Водоотвод осуществляется в ближайший лоток внутриквартального проезда. Уклоны поверхности двора принимают от 0,5 до 5%. Уклон должен быть однообразным.

Плоскость двора сопрягают с двускатным проездом в водоотводящем лотке. Если двор примыкает к односкатному профилю проезда, поверхность двора целесообразно принимать тоже односкатной, общей с поверхностью проезда.

Внутриквартальные тротуары обслуживают пешеходов на небольших расстояниях. Ширину тротуара принимают в среднем 1,5 м из расчета двухполосного движения.

### 3.2. Нивелирование поверхности по квадратам, проектирование площадки

Работу при нивелировании поверхности начинают с рекогносцировки, т. е. изучения земельного участка в отношении рельефа, уточняют границы участка, намечают схему построения сетки квадратов. Строят сеть квадратов на участке. Стороны квадратов обычно колеблются от 10 до 100 м. Разбивку на квадраты производят с помощью угломерного инструмента — теодолита и ленты по принципу от общего к частному, т. е. строят сетку больших квадратов со стороной 100 м, а затем эти квадраты разбивают на более мелкие со сторонами 10, 20, 30 м, если это вызвано требованиями производства. В нашем примере сетка квадратов разбивается со стороной 20 метров.

Вершины квадратов закрепляют колышками со сторожками. При разбивке квадратов внутри них или на их сторонах отмечают характерные точки рельефа, т. е. плюсовые. Производят съемку контуров и зарисовывают их в абрис. В абрисе стрелками показывают скат и направление изменения рельефа.

Подготавливают журнал нивелирования поверхности в виде схемы сети квадратов.

Последовательность работы в полевых условиях зависит от размера стороны квадрата. При стороне квадрата, равной 20 м, инструмент устанавливают в середине площадки и берут отсчеты по рейкам, устанавливаемым на вершинах квадрата. На рис. 5 даны отсчеты взятые при постановке нивелира в середине площадки. Контроль определения превышений осуществляется по отсчетам, взятым по двусторонним рейкам, или путем изменения высоты инструмента. В том и другом случае отклонение допускается до  $\pm 5$  мм.

Зная отметку первой точки, вычисляем горизонт инструмента по формуле

:

$$\text{ГИ} = \text{H}_1 + a_1 \quad (3)$$

где ГИ – горизонт инструмента  
 $\text{H}_1$  – отметка первой точки  
 $a_1$  – отсчет по рейке в первой точке

Проектную отметку горизонтальной плоскости вычисляем по формуле

$$\text{H}_0 = (\sum \text{H}_1 + 2 \sum \text{H}_2 + 4 \sum \text{H}_4) : 4k \quad (4)$$

где  $\sum \text{H}_1$  – сумма отметок, входящих в один квадрат  
 $\sum \text{H}_2$  – сумма отметок, входящих в два квадрата  
 $\sum \text{H}_4$  – сумма отметок, входящих в четыре квадрата

$k$  – количество квадратов

$$\sum \text{H}_1 = 92,10 + 91,15 + 91,35 + 90,30 = 364,90$$

$$\sum \text{H}_2 = 91,95 + 91,73 + 91,45 + 92,18 + 90,44 + 91,84 + 90,41 + 91,55 + 91,25 = 913,57$$

$$\sum \text{H}_4 = 91,86 + 91,66 + 90,93 + 91,48 + 91,33 + 90,85 = 548,11$$

$$\text{H}_0 = 91,34$$

После вычисления проектной отметки площадки вычисляем рабочие отметки вершин квадратов и составляем картограмму земляных работ.

Для этого в каждой вершине квадрата из черной отметки вычитаем проектную отметку по формуле

$$\hat{h} = \text{H}_q - \text{H}_0 \quad (5)$$

где  $\hat{h}$  – рабочая отметка  
 $\text{H}_q$  – черная отметка вершины квадрата  
 $\text{H}_0$  – проектная отметка площадки

0784	0933	1153	1435	1432
92,10	91,95	91,73	91,45	91,15
0706	1023	1227	1955	2446
92,18	91,86	91,66	90,93	90,44
1044	1308	1552	2030	2472
91,84	91,48	91,33	90,85	90,41
1534	1334	1631	2115	2586
91,35	91,55	91,25	90,77	90,30

Рис. 10. Журнал нивелирования площадки

По данным картограммы земляных работ вычисляем объем земляных работ по формулам:

$$V_{\text{нас}} = \frac{-\sum_{\text{H}}}{\sum_{\text{H}}} \times \frac{P}{4} \qquad V_{\text{выемки}} = \frac{+\sum_{\text{H}}}{\sum_{\text{H}}} \times \frac{P}{4} \quad (6)$$

где  $-\sum_{\text{H}}$  – рабочие отметки со знаком минус

+0,74	+0,61	+0,39	+0,11	-0,19
+0,84	+0,52	+0,32	-0,41	-0,90
+0,50	+0,14	-0,01	-0,49	-0,93
+0,01	+0,11	-0,09	-0,57	-0,04

Рис. 11. Картограмма земляных работ

- $+\sum_{\text{H}}$  – рабочие отметки со знаком плюс
- $\sum_{\text{H}}$  – абсолютные значения рабочих отметок
- P – площадь квадрата

Все расчеты выполняем в следующей таблице.

Допустимое расхождение объемов выемки и насыпи 2% от общего объема земляных работ, что составляет 37 м<sup>2</sup>. По результатам вычислений разница между выемкой и насыпью составляет 7м<sup>3</sup>, что значительно меньше допустимого, это говорит о том, что вычисления сделаны правильно.

Таблица 1

## Вычисление объемов земляных работ

№	+ $\sum \hat{h}$	- $\sum \hat{h}$	$\sum \hat{h}$	$\frac{P}{4}$	Выемка М <sup>3</sup>	Насыпь М <sup>3</sup>
1	7,45	–	2,73	100	273	
2	3,39	–	1,84	100	184	–
3	0,67	0,17	1,23	100	54	14
4	0,01	2,25	1,61	100	1	140
5	4,00	–	2,00	100	200	–
6	0,98	0	0,99	100	99	–
7	0,10	0,83	1,23	100	8	67
8	–	7,45	2,73	100	–	273
9	0,58	–	0,76	100	76	–
10	0,12	0,01	0,45	100	27	2
11	–	1,35	1,16	100	–	116
12	–	9,18	3,03	100	–	303
Итого					922	915

### 3.3. Техника безопасности при производстве геодезических работ на строительной площадке

Инженерно-геодезические работы выполняют в различных условиях: на территориях городов и промышленных объектов, в лесных и труднодоступных местах, на участках железных и автомобильных дорог, возводимых зданиях и сооружениях и т.д. Для предупреждения несчастных случаев и травм в этих условиях все работы должны выполняться с соблюдением специальных правил и инструкций по технике безопасности. Для ознакомления всех без исключения работающих с этими правилами проводятся специальные инструктажи. Различают инструктаж вводный и на рабочем месте. Повторный инструктаж проводится через установленное время, при внедрении новой технологии, нового оборудования и введении новых правил по технике безопасности.

При выполнении геодезических работ на строительных площадках прежде всего соблюдаются общие правила техники безопасности строительства.

На строительных площадках устанавливают знаки безопасности и надписи около опасных зон, где действуют или могут возникнуть опасные производственные факторы, например «Зона работы крана», «Открытые проемы» и т.д.

К таким зонам относятся: пространство вблизи неизолированных токоведущих частей электроустановок; места передвижения машин, хранения вредных веществ; территория, над которой перемещают грузы грузоподъемными кранами, где работает оборудование с вращающимися рабочими органами и ведутся сварочные работы. Строящиеся здания и сооружения ограждают заборами или козырьками.

При сварочных и других работах, при которых возможно возгорание, соблюдают правила пожарной безопасности. Около мест, где ведутся такие работы, устанавливают средства для тушения пожара и вывешивают инструкции по их применению.

Строительную площадку и подходы 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 горят электрические сигнальные лампы.

Для подъема и спуска 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, то места, расположенные ниже нее, оборудуют защитными устройствами.

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 строительно-монтажных работ, к которым предъявляются дополнительные требования по безопасности труда, могут работать не более 3 ч. Работы должны выполняться под руководством и наблюдением мастера производственного обучения и работника строительно-монтажной организации, назначенных для руководства практикой. В остальных случаях учащиеся профессионально-технических и 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.

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 устанавливаются схемы размещения скрытых объектов: подземных коммуникаций и сооружений. При работе в городе необходимо знать правила дорожного движения; при работе на проезжих частях надо надевать демаскирующую (оранжевую) одежду и выставлять оградительные щиты. Проведение работ на улицах и площадях с интенсивным движением согласовывают с ГИБДД.

По проезжей части дороги разрешается ходить только у кромки тротуара навстречу движущемуся транспорту — в таком направлении и ведутся измерения в ходах. Запрещается оставлять геодезические приборы без надзора на проезжих частях улиц и дорог.

Высоту подвесных проводов линий электропередачи, электроподстанций определяют аналитическим путем, не касаясь проводов рейками, рулетками, вешками. 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.

При геодезических измерениях, выполняемых в процессе земляных, каменных, бетонных и монтажных работ, соблюдают правила безопасности, предписываемые для данных строительных работ.

На работы в пределах охранных зон кабелей, находящихся под напряжением, или действующего газопровода, необходимо разрешение соответствующего электро или газового хозяйства. При нивелирных работах вблизи стен не разрешается переходить по стенным перекрытиям. Рейку устанавливают на подмостах, высота которых должна быть ниже уровня кладки на 0,7 м. При необходимости делать разметку на внешних плоскостях стен работают с предохранительными поясами.

При бетонных работах во время электронагрева бетона нельзя касаться рулеткой арматуры, а также выполнять разбивочные и выверочные работы в зоне монтажа. При скорости ветра 15 м/с и более, гололедице, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ, прекращают все ра-

боты, в том числе и 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.

Съемка существующих подземных коммуникаций, как правило, связана с их обследованием. При обследовании снимают крышки колодцев и ставят около них 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, а при наличии светильного газа — вспыхивает и гаснет. От паров бензина пламя лампы удлиняется и окрашивается в синий свет, 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, бросать в колодец зажженную бумагу или опускать горящую свечу или фонарь.

Во время работы следят за открытыми люками, не допуская к ним посторонних людей. По окончании работы или при перерыве все люки колодцев плотно закрывают крышками. Инструменты, лампы и предметы опускают в колодец на веревке после подачи работающим в колодце условного сигнала. Колодец освещают шахтерской лампой. Работы ведут в рукавицах.

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 сигнальщики должны находиться 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 не разрешается. Переходы, промеры по дорогам ведут по бровкам, а не по полотну.

При измерениях стальной лентой или рулеткой через рельсы электрифицированных железных дорог полотно держат навесу. 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, то его на время прохождения поезда освобождают. При длине моста 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 безопасным 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 и 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 крыше здания, то работающие привязываются цепью верхолазного ремня к стропилам крыши.

К самостоятельным верхолазным работам согласно действующему законодательству Российской Федерации допускаются лица не моложе 18 лет. Они должны проходить специальный медицинский осмотр, а впервые приступающие в течение одного года должны работать 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 котлованы в соответствии с правилами погрузочно-разгрузочных работ.

Начиная с 1993 г. Госстроем России введены типовые инструкции по охране труда для работников строительных профессий (ТОЙ Р66—01; 02 и т.д.). Таких инструкций утверждено свыше 60. Государственной противопожарной службой МВД России утверждены Правила пожарной безопасности (ППБ), три части, свыше 10 выпусков. Издаются также Руководящие документы в строительстве (РДС).

Руководитель геодезических работ на объекте строительства обязан изучить эти нормы, провести инструктаж подчиненных работников и несет ответственность за их соблюдение.

Таким образом, для проектирования вертикальной планировки с нулевым балансом земляных работ строительная площадка разбивается на квадраты стороной 2 метра и нивелируется со взятием отсчетов по черной стороне рейки. Выполненные расчеты показывают, что расхождение в объемах выемки и насыпи получилось минимальное, поэтому затраты на эти работы будут так же минимальны.



#### 4. НАЗНАЧЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Разбивочные работы являются одним из основных видов инженерно-геодезической деятельности. Выполняют их для определения на местности планового и высотного положения характерных точек и плоскостей строящегося сооружения в соответствии с рабочими чертежами проекта.

Проект сооружения составляют на топографических планах крупных масштабов. Определяют расположение проектируемого сооружения относительно окружающих предметов и сторон света. Кроме того, топографический план определяет общегеодезическую систему координат, задающую положение характерных точек проектируемого сооружения относительно этой системы.

Разбивочные работы диаметрально противоположны съемочным. При съемке на основании натуральных измерений определяют координаты точек относительно пунктов опорной сети. Точность этих измерений зависит от масштаба съемки. При разбивке, наоборот, по координатам, указанным в проекте, находят на местности положение точек сооружения с заранее заданной точностью. При разбивочных работах углы, расстояния и превышения не измеряют, а откладывают на местности. В этом состоит основная особенность разбивочных работ.

Компоновка сооружения определяется его геометрией, которая, в свою очередь, задается осями. Относительно осей сооружения в рабочих чертежах указывают местоположение всех элементов сооружения.

В нормативных документах существует понятие разбивочной оси. На практике различают главные, основные, промежуточные, или детальные, оси.

Главными осями линейных сооружений (дорог, каналов, плотин, мостов и т. п.) служат продольные оси этих сооружений.

В промышленном и гражданском строительстве в качестве главных осей принимают оси симметрии зданий (рис. 1.).

Основные оси определяют форму и габаритные размеры зданий и сооружений.

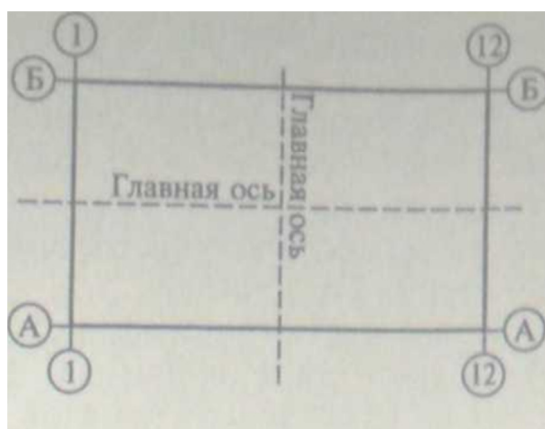


Рис. 1. Главные оси здания

Промежуточные, или детальные, оси – это оси отдельных элементов зданий, сооружений.

На строительных чертежах оси проводят штрихпунктирными линиями и обозначают цифрами или буквами в кружках. Для обозначения продольных осей служат арабские цифры, а для поперечных осей — прописные буквы русского алфавита, за исключением букв: З, И, О, Х, Ы, Ъ, Ь. Оси обозначают слева направо и снизу вверх.

Указанные в проекте сооружения координаты, углы, расстояния превышения называют проектными.

Высоты плоскостей и отдельных точек проекта задают от условной поверхности. В зданиях за условную поверхность (нулевую детку) принимают уровень «чистого пола» первого этажа. Высоты относительно нулевой отметки обозначают следующим образом: вверх — со знаком плюс, вниз — минус.

Для каждого сооружения условная поверхность соответствует определенной абсолютной отметке, которая указывается в проекте.

При проектировании зданий, сооружений и их элементов, строительных конструкций пользуются модульной системой координации размеров в строительстве (МКРС). Эта система предусматривает в основном применение прямоугольной модульной пространственной системы. Модуль — условная единица измерения, применяемая для координации размеров зданий и сооружений, строительных конструкций и т.п. Основной модуль, равный 10 мм, обозначается буквой М. Более крупные модули (мультимодули), обозначаемые 60М, 30М, ..., 3М, соответственно равны 6000, 3000, 1500, ..., 300 мм, а более мелкие — дробные модули (субмодули) равны 50, 20, ..., 1 мм.

Процесс разбивки сооружения определяется общим геодезическим правилом перехода от общего к частному. Разбивка главных и основных осей задает положение всего сооружения на местности, т.е. его размеры и ориентирование относительно сторон света и существующих контуров местности. Детальная разбивка определяет взаимное положение отдельных элементов и конструкции сооружения.

Разбивочные работы — это комплексный взаимосвязанный процесс, являющийся неотъемлемой частью строительного производства, поэтому организация и технология разбивочных работ целиком зависят от этапов строительства.

В подготовительный период на местности строят плановую высотную геодезическую разбивочную основу соответствующей точности, определяют координаты и отметки пунктов этой основы. Затем производится геодезическая подготовка проекта для перенесения его в натуру.

Непосредственную разбивку сооружений выполняют в три этапа. На пер-

вом этапе производят основные разбивочные работы. По данным привязки от пунктов геодезической основы находят на местности положение главных или основных разбивочных осей и закрепляют их.

На втором этапе, начиная с возведения фундаментов, проводят детальную строительную разбивку сооружений. От закрепленных точек главных и основных осей разбивают продольные и поперечные оси отдельных строительных элементов и частей сооружения, одновременно определяя уровень проектных высот.

Детальная разбивка производится значительно точнее, чем разбивка главных осей, поскольку она определяет взаимное расположение элементов сооружения, а разбивка главных осей — лишь общее положение сооружения и его ориентирование.

Если главные оси могут быть определены на местности со средней квадратической погрешностью 3...5 см, а иногда и грубее, то детальные оси разбивают со средней квадратической погрешностью 2...3 мм и точнее.

Третий этап заключается в разбивке технологических осей оборудования. На этом этапе требуется наибольшая точность (в отдельных случаях — доли миллиметра).

Требования к точности разбивочных работ зависят от многих факторов: вида, назначения, местоположения сооружения; размеров сооружения и взаимного расположения его частей; материала, из которого возводится сооружение; порядка и способа производства строительных работ; технологических особенностей эксплуатации и т.п.

Нормы точности на разбивочные работы задаются в проекте или нормативных документах: строительных нормах и правилах (СНиП), Государственном общесоюзном стандарте (ГОСТ), ведомственных инструкциях. Они могут быть указаны в явном виде, как это сделано в ГОСТ 21779—82 «Технологические допуски или по видам измерений (угловые, линейные, высотные)» - в СНиП 3.01.03—84 «Геодезические работы в строительстве».

## 5. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТ-СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНОВОЙ И ВЫСОТНОЙ ОСНОВЫ

### 5.1. Полевые и камеральные работы

Самый распространенный вид съемочного 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 пересечения образуются узловые точки, в которых могут сходиться несколько ходов. Длины теодолитных ходов, зависящие от масштаба съемки и условий снимаемой местности, приведены в таблице 1.

Длины линий в съемочных 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 — 1: 1000.

Таблица 1

Длины теодолитных ходов в зависимости от масштаба

Масштаб съемки	Допустимая длина теодолитного хода км.	
	застроенной	незастроенной
1:1000	1,2	1,8
1:2000	2,0	3,0
1:5000	4,0	6,0

Углы поворота на точках ходов измеряют теодолитами со средней квадратической погрешностью 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. Для передачи координат на точки теодолитных ходов производят привязку их к геодезическим пунктам более высокого класса. Привязка 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 числа пунктов государственной геодезической сети и удаленности их от точек теодолитного хода привязку производят разными способами. Например, пункты государственной геодезической сети II, III включа-

ют в теодолитный ход, измеряют примычные углы и линии.

Работу по измерению углов на станции выполняют в следующем порядке:

-установка теодолита в рабочее положение — центрирование инструмента, приведение его оси в отвесное положение (нивелирование инструмента), установка трубы для визирования;

-измерение горизонтальных углов (направлений);

-обработка журнала наблюдений и контроль измерений на станции.

Для измерения горизонтальных углов применяют преимущественно способ приемов при измерении одного угла и способ круговых приемов при измерении на станции углов между тремя и более направлениями.

Для измерения угла теодолит устанавливают в вершине угла и закрепив лимб наводят на заднюю точку. Закрепив алидаду, производят отсчет  $a_1$  по горизонтальному кругу.

Далее открепляют алидаду, визируют на переднюю точку и делают отсчет  $a_2$ . Величина измеряемого угла  $b = a_1 - a_2$

Такое измерение угла называется полуприемом. Для контроля и ослабления влияния инструментальных погрешностей угол горизонтальных углов измеряют при втором положении вертикального круга, сместив лимб на  $5... 10^\circ$  для оптических теодолитов, и приблизительно на  $90^\circ$  — для теодолитов с двумя отсчетными приспособлениями. Два таких измерения составляют прием.

Из результатов измерений в полуприемах вычисляют среднее значение измеряемого угла.

При измерении способом круговых приемов, установив теодолит над точкой, визируют последовательно на все направления по ходу часовой стрелки и производят отсчеты. Последнее наведение делают на начальное направление, чтобы убедиться в неподвижности лимба. Эти действия составляют первый полуприем.

Во втором полуприеме смещают лимб, переводят трубу через зенит и последовательно визируют на все направления против хода часовой стрелки.

При измерении вертикальных углов исходным (основным) направлением является горизонтальное. Отсчеты ведут по шкалам, нанесенным на вертикальный круг 2 теодолита (на вертикальном круге (см. рис. 1) показана подпись делений от 0 до  $360^\circ$ ).

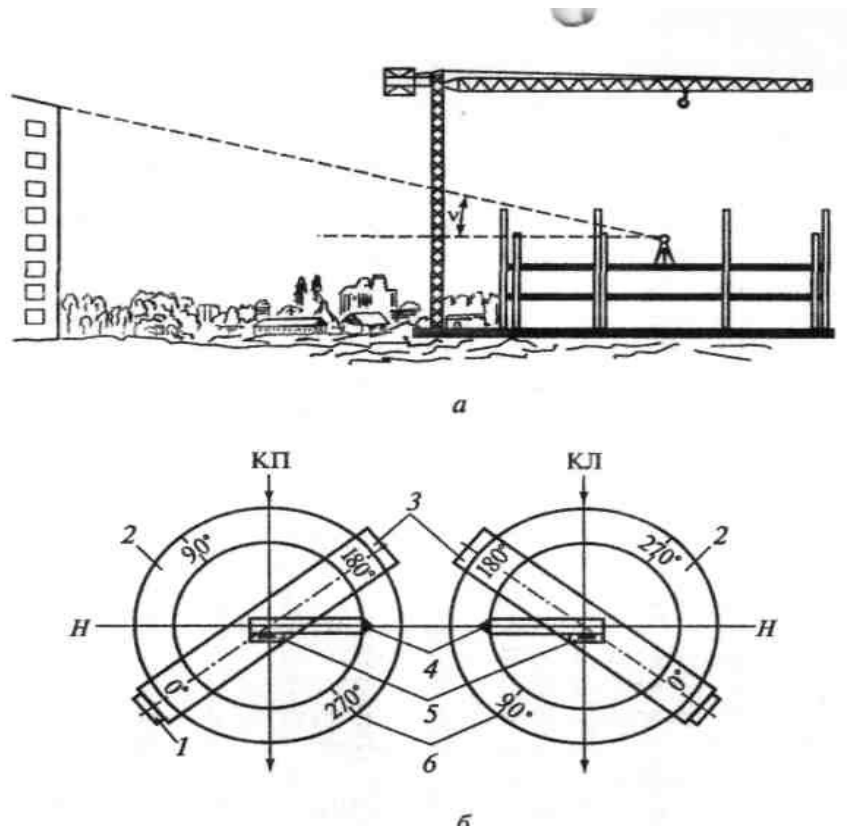


Рис. 1. Измерение вертикального угла при определении высоты сооружения  
 а — схема; б — положение оси визирования; 1 — окуляр;  
 2 — вертикальным круг; 3 — объектив; 4 — отсчетный индекс;  
 5 — уровень; б — оцифровка; *НН* - горизонтальная ось

Принято различать положительные и отрицательные углы наклона. 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.

У некоторых типов теодолитов подпись шкал на вертикальном круге иная, но во всех случаях с горизонтальным направлением визирной оси трубы совпадает целое число градусов:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ . У теодолитов ЗТЗ0 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 (МО). Место нуля — это отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизон-

тальному положению визирной оси и положению пузырька уровня при алидаде вертикального круга в нульпункте.

Место нуля определяют так: устанавливают теодолит, приводят его в рабочее положение, находят хорошо видимую точку и наводят на нее трубу при «круге лево». При наличии уровня при вертикальном круге приводят его пузырек в нуль-пункт и берут отсчет по вертикальному кругу. Трубу переворачивают через зенит, теодолит — на  $180^\circ$  и вновь, теперь уже при «круге право», 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 место нуля вычисляют по формуле:

$$MO = (П + Л + 180^\circ)/2 \quad (1)$$

При работе с теодолитом ЗТ5КП МО вычисляют по следующей формуле:

$$MO = (П + Л)/2 \quad (2)$$

где П и Л — отсчеты по вертикальному кругу теодолита при КП и КЛ соответственно.

При работе с другими теодолитами формулу для вычислений МО узнают из паспорта, прикладываемого к каждому теодолиту.

Место нуля может иметь любое значение. Важно, чтобы при измерении вертикальных углов оно оставалось постоянным. Для удобства вычислений желательно, чтобы МО было близким, а еще лучше равным нулю.

Место нуля исправляют так. После определения МО вращением трубы теодолита при КЛ 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 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  $90^\circ$ :  $z = 90^\circ - v$ .

При измерении зенитных расстояний вместо МО определяют место зенита (МЗ). Отсчеты по вертикальному кругу производят при положении пузырька уровня при вертикальном круге в нульпункте, 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 ЗТЗО), то перед отсчетом по вертикальному кругу приводится в нуль-пункт уровень при горизонтальном круге.

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

$$\text{ЗТЗО: } v = Л - \text{МО}, v = \text{МО} - \text{П} - 180^\circ, v = (Л - \text{П} - 180^\circ)/2; \quad (3)$$

$$\text{ЗТ5К, 2Т5П: } v = Л - \text{МО}, v = \text{МО} - \text{П}, v = (Л - \text{П})/2. \quad (4)$$

Если из уменьшаемого отсчета нельзя вычесть вычитаемое, то к отсчету, меньшему  $90^\circ$ , прибавляют  $360^\circ$ .

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

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 ведомости координат (Приложение А).

1. Из журнала в ведомость выписываем средние значения измеренных углов.

2. Подсчитываем сумму измеренных углов (графа 2) и теоретическую сумму углов  $\sum B_T$ .

Для замкнутого теодолитного хода сумму углов подсчитывают как сумму углов многоугольника:

$$\sum B_T = 180^\circ(\tilde{n} - 2) \quad (5)$$

где  $\tilde{n}$  — число углов.



Подсчитываем невязку  $f$  в сумме углов, равную разности суммы измеренных практически и теоретических углов.

В нашем примере сумма внутренних углов равна  $2340^{\circ} 02'$ , таким образом угловая невязка составляет  $+2$ . Определяем допустимую угловую невязку:

$$f_{в} = 1,5t \sqrt{n} = \pm 4 \quad (6)$$

где  $t$  — приборная точность измерения углов

$n$  — число измеряемых углов.

4. Так как невязка допустимая её распределяем поровну на все углы введением поправок.

Поправки вводим с обратным знаком в значения измеренных углов, получая исправленные углы (графа 3).

Как правило, поправки вводят с округлением до десятых долей минуты, или до целых минут если углы измерены с точностью до минут. Если невязку нельзя разделить поровну на все углы, то большую поправку вводят в углы, образованные короткими сторонами,

5. По исходному дирекционному углу, который равен  $30^{\circ} 40'$  вычисляют дирекционные углы остальных сторон теодолитного хода. Вычисление ведут по правилу: дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны ПЛЮС  $180^{\circ}$  и минус горизонтальный угол, лежащий справа по ходу. Если при вычислении уменьшаемый угол окажется меньше вычитаемого, то к уменьшаемому углу прибавляют "360". Если вычисленный дирекционный угол окажется больше  $360^{\circ}$ , то из него вычитают  $360^{\circ}$ .

6. Вычисляем значения румбов,

7. Вычисляем горизонтальные проложения длины линий и записывают их значения в ведомость координат.

8. В графе 5 подсчитываем длину (периметр) теодолитного хода

9. Используя калькулятор или специальные таблицы приращений координат, вычисляем  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

Вычисление приращений координат можно вести с помощью таблиц натуральных значений тригонометрических функций.

10. Подсчитываем алгебраическую сумму положительных и отрицательных значений приращений координат.

11. Из каталогов координат в графы 8 и 9 выписываем координаты  $x$  и  $y$  исходных пунктов и подсчитываем теоретические суммы приращений координат. С учетом знаков находим абсолютные невязки хода по осям.

12. Вычисляем относительную линейную невязку — сумма длин сторон

хода, выражаемая простой дробью с единицей в числителе. Для ее нахождения сумму длин сторон хода делят на абсолютную линейную невязку.

13. Если относительная невязка меньше  $1/2000$ , то невязки распределяют, вводя поправки в вычисленные значения приращений координат. поправки в вычисленные значения приращений координат, вводим с обратным невязкам знаком. Так как в нашем примере относительная невязка равна  $1/5400$ , распределяем поправки пропорционально длинам линий.

Исправленные значения приращений записывают в графах 6 и 7. Алгебраическая сумма координат по каждой оси должна быть равна нулю.

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

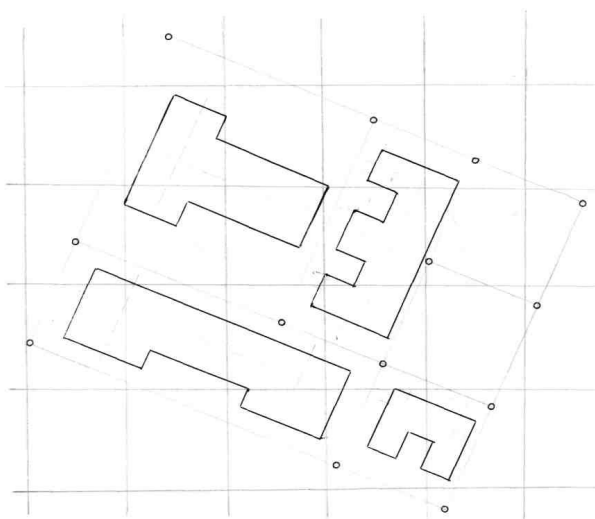
$$X_4 = x_3 + \Delta x \qquad Y_4 = y_3 + \Delta y \qquad (7)$$

где  $X_4, Y_4$  – координаты последующей точки  $\Delta x, \Delta y$  – приращения

После вычисления координат плано-высотной основы, приступаем к проектированию стойгенплана и строительной координатной сетки.

Строительную координатную сетку проектируем параллельно красной линии застройки квартала. Координаты точек А и В берем графически с плана.

$$X_a=5570,36 \quad Y_a=2003,70 \quad X_b=5491,68 \quad Y_b=2208,32$$



Вершины основных фигур сетки  
Вершины дополнительных фигур сетки  
Координатные оси геодезической сетки  
Координатные оси строительной сетки

Рис. 2. Строительный генеральный план

Направление линии АВ определяем решением обратной геодезической задачи по формулам :

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \operatorname{tg} \beta \quad (8)$$

где  $\Delta x$  и  $\Delta y$  – приращения координат  
 $\operatorname{tg} \beta$  – тангенс румба линии АВ

$$s = \Delta x / \cos \beta = \Delta y / \sin \beta \quad (9)$$

где  $s$  – длина линии АВ

Подставив значения в формулы получим:  $\operatorname{tg} \beta = 204,62 : 121,32 = 1,68661$  по таблицам находим угол - ЮВ:  $59^{\circ}20'$  и длину линии – 237,88.

Аналогично решаем задачи для линии АС – направление линии будет СВ:  $30^{\circ}40'$ , длина линии 210,30.

Таким образом определены направления основных осей проектной строительной координатной сетки, по этим данным выполняются разбивочные работы на площадке

## 5.2. Проектирование методов измерений и способов построения проектных точек

Перед выносом в натуру проекта инженерного сооружения необходимо выполнить специальную геодезическую подготовку, которая предусматривает его аналитический расчет, геодезическую привязку проекта, составление разбивочных чертежей и разработку проекта производства геодезических работ.

Для выноса сооружения в натуру имеются на местности геодезические пункты с известными координатами. В этой же системе получены координаты основных точек проектных сооружений, определяющих его геометрию. Координаты пунктов геодезической разбивочной основы определены по результатам измерений, проводимых при ее создании. Координаты точек, принадлежащих сооружению, определяли графически.

При этом использовались основные чертежи проекта, генеральный план, определяющий состав и местоположение сооружения; рабочие чертежи, на которых в крупных масштабах показаны планы, разрезы, профили всех частей сооружения с размерами и высотами деталей; план организации рельефа; планы и профили дорог, подземных коммуникаций.

Весь комплекс геодезической подготовки проекта состоит из аналитического расчета элементов проекта. По значениям проектных размеров и углов

находились в принятой системе проектные координаты основных точек сооружений, элементов планирования и благоустройства (осей проездов, коммуникаций, дорог и т.п.). Одновременно контролировалась правильность нанесения размеров на чертежах.

Различают три способа геодезической подготовки проекта: аналитический, графоаналитический и графический.

Чаще применяют графоаналитический способ, когда положение исходных точек определяют графически с топографического плана, а остальных точек, жестко связанных с исходными — аналитически.

Если проект сооружения не связан с существующими строениями, то иногда применяют графический способ проектирования, при котором все планировочные элементы определяются графически по топографическому плану. Расчет проекта производят по графическим координатам всех его главных точек, с использованием строительного генерального плана, или топокарты. Чтобы уменьшить, по возможности, влияние деформации планов, до определения графических координат измеряют действительные размеры квадратов координатной сетки. Для крупномасштабных планов они должны быть равны 100 мм.

Для выноса проекта в натуре независимо от способа проектирования все его геометрические элементы должны быть строго математически увязаны между собой и с имеющимися на площадке капитальными зданиями и сооружениями. Это необходимо для устранения влияния на точность разбивочных работ погрешностей в принятых для проектирования исходных данных (координатах, высотах, длинах линий), особенно взятых графически с плана.

При аналитическом расчете проекта решается ряд типовых геодезических задач. Наиболее распространенными являются прямая и обратная геодезические задачи, которые мы решали ранее.

При геодезической подготовке проекта выполняют его привязку. Привязкой проекта называют расчеты геодезических данных (разбивочных элементов), по которым выносят его в натуре от пунктов разбивочной геодезической основы или опорных капитальных строений. Разбивочными элементами служат расстояния, углы превышения, выбор и расчет которых зависят от принятого способа разбивки.

Результаты геодезической подготовки проекта отображают на разбивочных чертежах. Разбивочный чертеж является основным документом, по которому в натуре выполняются разбивочные работы (См. Разбивочный чертеж).

Его составляют в масштабах 1:500... 1:2000, а иногда и крупнее в зависимости от сложности сооружения или его элементов которые выносят в натуре. На разбивочном чертеже показывают контуры выносимых зданий и сооружений; их размеры и расположение осей; пункты разбивочной основы, от которых

производится разбивка; разбивочные элементы, значения которых подписывают прямо на чертеже. Иногда на разбивочном чертеже указывают значения координат исходных пунктов в принятой системе длины и дирекционные углы исходных сторон, отметки исходных реперов и другие данные, использовавшиеся для геодезической подготовки проекта. Эти данные могут служить и для контроля процессе разбивки и после ее завершения.

Для обеспечения точности и своевременности выполнения геодезических работ на строительной площадке составляют специальный проект. В проекте производства геодезических работ, который является составной частью общестроительного проекта рассматриваются: построение исходной разбивочной основы, организация и выполнение разбивочных работ, исполнительных съемок; применение соответствующих приборов для обеспечения требуемой точности измерений и другие вопросы, зависящие конкретного объекта и условий его строительства.

Построение в натуре проектного угла заключается в отыскании и закреплении на местности направления, образующего с исходным направлением угол, равный проектному.

Исходными данными для построения угла являются заданные в натуре вершина угла и исходное направление АВ, а также величина проектного угла или значения дирекционных углов исходного и проектного строительной координатной сетки.

Построение угла повторительным теодолитом производится следующим образом.

Теодолит центрируется над вершиной угла А. Нуль первого верньера совмещается с нулем лимба или устанавливается на лимбе отсчет, равный исходному дирекционному направлению. При закрепленной алидаде визирная ось теодолита наводится на точку В (или визирную цель, установленную над точкой В) и лимб закрепляется. Далее поворотом алидады по первому верньеру устанавливается отсчет, равный проектному значению угла, или проектному дирекционному направлению. По полученному направлению на требуемом расстоянии фиксируется точка С. Фиксация может быть произведена в виде риски карандашом или острым предметом на опорной поверхности знака, забивкой гвоздя в деревянные колья и т.п.

Для исключения влияния коллимационной ошибки указанные выше действия повторяются при другом положении вертикального круга и получают точку  $C_0$ . За окончательное значение принимается среднее направление ВС.

Положение точки С может быть получено одним из следующих способов.

Отрезок  $C_0C''_0$  делят пополам. Середина отрезка дает искомую точку С. При другом способе измеряется теодолитом угол. Вычисляется отсчет, соответ-

ствующий направлению по биссектрисе угла  $C''_0BC'_0$  и на этот отсчет устанавливается алидада. По направлению линии визирования фиксируется положение точки  $C$ .

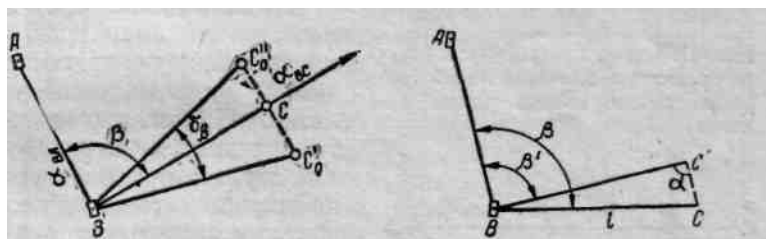


Рис.4. Схема построения проектного угла

С помощью теодолита многократно измеряют угол, построенный одним из описанных выше способов, и вычисляют разность между проектным и измеренным значениями. Определяется линейная величина поправки и откладывается отрезок  $d$  в требуемом направлении по перпендикуляру к  $BC$ ; перпендикуляр в точке  $C$  восстанавливают при помощи обычного чертежного треугольника. Закрепив в натуре точку  $C$ , для контроля измеряют угол при двух положениях вертикального круга теодолита.

Расхождения между проектным и измеренным значениями угла не должны превышать удвоенного значения средней квадратической ошибки измерения угла.

Построение в натуре проектных длин линий заключается в отложении на местности расстояний, длины горизонтальных проложений которых заданы проектом. Начальная точка отрезка линии и его направление в натуре закрепляются соответствующими знаками.

Построение проектных длин линий производится стальными рулетками длиной 10, 20, и 50 ж в зависимости от расстояний откладываемых отрезков.

Построение в натуре отрезка короче длины рулетки выполняется следующим образом (рулетка должна находиться в горизонтальной плоскости).

По всей длине отрезка в заданном направлении на ровной поверхности земли укладывается рулетка. При сильно изрытой местности перенесение отрезка производится на весу по штативам или высоким колям. От твердой точки рулетка растягивается по направлению линии с постоянным натяжением. Начальный штрих рулетки совмещается с точкой начала линии и фиксируется заданное проектом горизонтальное проложение. Для контроля рулетка сдвигается вдоль створа и производятся отсчеты по рулетке на обоих концах отложенного отрезка.

При откладывании нескольких отрезков по одному направлению нулевой штрих рулетки совмещается с твердой точкой и рулетка растягивается по направлению линии. По рулетке фиксируются точки на заданных проектных

расстояниях.

Для построения отрезка, превышающего длину рулетки, выравнивается участок земной поверхности в заданном направлении, которое предварительно провешивается (фиксируется створ заданного направления). Точки створа фиксируются на асфальте или бетоне мелом, карандашом или острым предметом. На земле точки створа фиксируются кольшками. Число длин рулетки (пролетов) откладывается способом фиксации. Контроль производится промером отложенного отрезка.

При построении проектных значений длин линий в измеренные их значения необходимо вводить поправки за наклон местности; за температуру; за провес рулетки; за компарирование .

Вынесение в натуру проектной отметки заключается в закреплении на местности точки с заданной отметкой и производится со знаков высотной геодезической основы.

При выполнении работы по вынесению в натуру применяются нивелиры всех типов и трехметровые двусторонние рейки с шашечными сантиметровыми делениями.

Применяется два способа вынесения отметок в натуру: способ горизонта инструмента и способ превышений.

Способ горизонта инструмента применяется для одновременного вынесения в натуру отметок значительного числа точек.

При вынесении в натуру отметок одной или двух точек применяется способ превышений.

При применении способа превышений работы выполняются в такой последовательности.

Нивелир устанавливается между знаком высотной геодезической основы и точкой А, на которую нужно вынести проектную отметку (рис.5). Расстояние от нивелира до репера и до точки А должно быть по возможности примерно одинаковым.

В точке А забивается кольшек, а если отметка выносится на стену или колонну, то прочерчивается карандашом или острым предметом (гвоздем) горизонтальная черта на уровне, примерно равном проектной отметке.

Предварительно вычисляется повышение проектной отметки над репером.

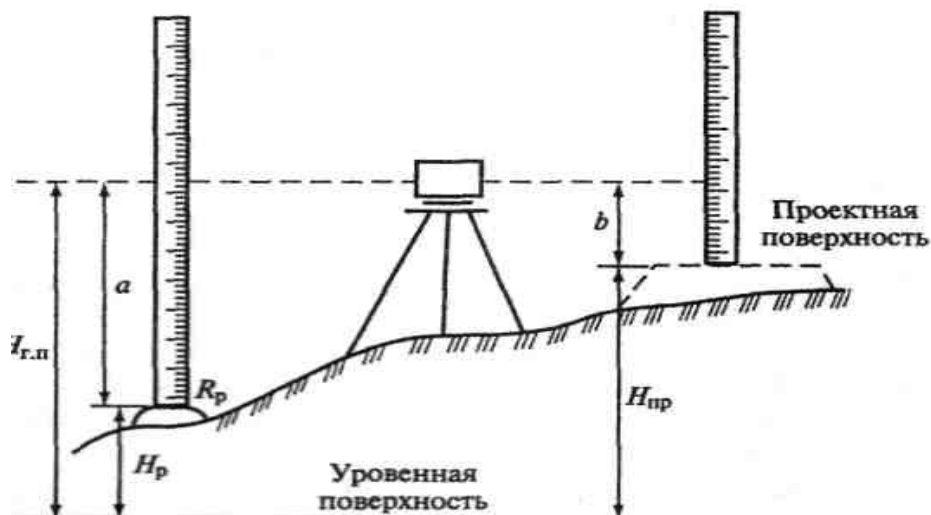


Рис.5. Схема построения в натуре проектной отметки

Таким образом, для обеспечения точности и своевременности выполнения геодезических работ на строительной площадке составляют специальный проект. В проекте производства геодезических работ, который является составной частью общестроительного проекта рассматриваются: построение исходной разбивочной основы организация и выполнение разбивочных работ, исполнительных съемок; применение соответствующих приборов для обеспечения требуемой точности измерений и другие вопросы, зависящие конкретного объекта и условий его строительства.

В результате выполненной работы подготовлены геодезические данные для разбивки на местности строительной координатной сетки, после её закрепления соответствующими знаками приступаем к разбивке осей запроектированных зданий.



## 6. СОСТАВЛЕНИЕ И РАСЧЕТЫ ПРОЕКТА КРАСНЫХ ЛИНИЙ

Красные линии состоят из прямых линий и сопряженных круговых кривых.

Проект красных линий составляют на топографическом плане в масштабах 1:500... 1:2000. К элементам, определяющим техническое содержание проекта, относят: длину красных линий между углами кварталов или границами микрорайонов, ширину проездов, величину углов между красными линиями, радиусы закругления и элементы кривых по красным линиям, размеры, определяющие формы площадей и скверов, и т.п.

Размеры геометрических элементов проекта должны быть согласованы на всей территории города и увязаны с существующей ситуацией и рельефом. Это достигается в результате графического отображения на топографическом плане и последующего аналитического расчета проекта красных линий.

Соответствующая архитектурно-планировочная служба при главном архитекторе города разрабатывает акт установления или изменения красных линий. Для его проработки используют топографические планы масштаба 1:5000 и мельче. Составляют чертеж на топографическом плане масштаба 1:2000, а отдельные узлы — на плане 1:500. На чертеже приводится расположение красных линий, указываются опорные здания, размеры геометрических элементов и другие данные, необходимые для аналитической подготовки и составления плана красных линий.

Аналитическая подготовка заключается в вычислении: координат углов кварталов и границ микрорайонов по красным линиям, точек излома красных линий и створных точек на длинных линиях, точек пересечения осей проездов, а также элементов и координат основных точек круговых кривых по красным линиям и единой городской системе координат.

Координаты точек красных линий вычисляют путем решения задач аналитической геометрии, используя значения углов между осями проездов и линейные размеры, указанные в чертеже красных линий. В результате получают координаты точек пересечения проездов, затем координаты характерных точек красных линий и других элементов, необходимых для построения плана и перенесения проекта красных линий в натуру.

По вычисленным координатам красные линии наносят на план масштаба 1:2000. План красных линий в масштабе 1:2000 является основным исходным документом, на который выписывают: номера поворотных и створных точек красных линий, значения их координат; дирекционные углы и меры линий; элементы кривых, ширину и номера проектируемых проездов; название проектируемых зон и других градостроительных элементов; номера дел аналитических расчетов, по которым произведена прокладка красных линий. Потребителю выдается план красных линий в масштабе, необходимом для проектирования (обычно 1:500... 1:2000).

## **7. ВЫНЕСЕНИЕ В НАТУРУ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ КРАСНЫХ ЛИНИЙ, ОСЕЙ ПРОЕЗДОВ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Красные линии и оси проездов переносят в натуру от пунктов существующего или специального создаваемого для этой цели геодезического обоснования города.

Погрешности выноса отдельных точек красных линий и осей проездов по отношению к точкам геодезического обоснования не должны превышать:

5 см — в районах многоэтажной застройки;

8 см — в районах малоэтажной застройки;

10 см — на незастроенных территориях.

Переносу проекта красных линий на местность предшествуют подготовительные работы.

В первую очередь проверяют и уточняют соответствие красных линий утвержденному плану планировки.

Проверяют и уточняют (путем обследования) пункты геодезического обоснования, от которых предполагается вынос красных линий. Если в районе предстоящих работ геодезическое обоснование отсутствует или имеющиеся пункты не обеспечивают вынос красных линий, то составляют и реализуют проект сгущения существующей геодезической основы в виде полигонометрических и теодолитных ходов или других соответствующих им по точности построений.

Составляют геодезический проект детальной разбивки красных линий и осей проездов в натуре. На этом этапе в зависимости от условий местности и расположения точек геодезического обоснования определяют способ разбивки. В основном применяют полярный способ и способы засечек. Наиболее распространен полярный способ.

Для выбранного способа вычисляют разбивочные элементы: длины полярных направлений и линейных засечек, дирекционные углы и углы между направлениями, используя в основном формулы обратной геодезической задачи.

По результатам вычислений составляют в произвольном масштабе рабочий разбивочный чертеж (рис. 15.1), на котором изображают схему разбивки и подписывают необходимые значения! разбивочных элементов и контрольные размеры.

Полевые измерения проводят с помощью теодолита и стальной компарированной рулетки. Углы откладывают при двух положениях вертикального круга. При отложении длины линии учитывают поправки за компарирование, температуру и наклон местности.

Вынос в натуру красной линии по круговой кривой осуществляют спосо-



быть проложен лишь вблизи вынесенных точек, то их положение определяют полярным способом с точек, с которых не производилась разбивка. Сравнение проектных и полученных из исполнительных ходов координат характеризует точность выноса. Грубые промахи могут быть обнаружены при оценивании положения вынесенных точек относительно ситуации на плане и в натуре.

После контрольных измерений составляют исполнительный чертеж перенесения в натуру красных линий, на котором показывают: пункты исходного обоснования, положение вынесенных точек красных линий, размеры между ними, привязки их к местным предметам.

Исходными документами для перенесения в натуру осей зданий и сооружений являются:

утвержденный к производству работ генеральный план строительного участка с привязкой осей проектируемого сооружения к красным линиям; разбивочный план осей; план первого этажа.

Проверка взаимного соответствия указанных документов является обязательным условием подготовки геодезических разбивочных работ по выносу в натуру осей зданий и сооружений.

Разбивки основных (главных) и детальных осей различаются по точности. Если погрешности положения контура здания по отношению к окружающей ситуации в основном определяются графической точностью проектирования и характеризуются средней квадратической величиной 10...20 см, то погрешности детальной разбивки определяются строительными допусками и в зависимости от класса точности характеризуются относительными средними квадратическими величинами 1:5000... 1:20000. Требования к точности детальной разбивки осей приводятся в СНиПах и ГОСТах.

Основные или главные оси выносят в натуру от пунктов городского геодезического обоснования. В качестве исходного обоснования используют пункты городской триангуляции и полигонометрии, от которых в районе предстоящих работ создают разбивочную основу.

При разбивке небольших зданий или сооружений массовой застройки разбивочной основой служат закрепленные в натуре красные линии или специально прокладываемые теодолитные ходы. При возведении крупноразмерных или сложных по конфигурации зданий развивают локальные разбивочные сети в виде строительной сетки, микро триангуляции, полигонометрии и т.п.

Проектное положение пунктов этих построений заранее определяется в зависимости от удобства последующих разбивок.

Положение здания на местности может быть определено двумя взаимно-перпендикулярными осями, которых вполне достаточно для того, чтобы на всех этапах строительства выполнять детальную разбивку. Однако для производства

земляных и свайных работ при выносе габаритных размеров здания выполняется разбивка всех его основных осей.

Вынесенные в натуру оси закрепляют постоянными и временными знаками.

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

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

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

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

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

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поклад Г.Г. Геодезия.- М.: Академический Проект, 2013г.
2. Практикум по геодезии / Под ред. Г.Г. Поклада.- М.: Академический Проект, 2012г.
3. Юнусов А.Г. Геодезия.- М.: Академический Проект, 2011г.
4. Золотова Е.В. Геодезия с основами кадастра.- М.: Академический Проект, 2012г.
5. Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение.- М.: Академический Проект, 2011г.
6. Берлянт А.М. Картография.- М.: КДУ, 2011г.
7. Давыдов В.Д. Картография /Под ред. Ю.И. Беспалова.- СПб.: Проспект Науки, 2011г.
8. Чекалин С.И. Основы картографии, топографии и инженерной геодезии.- М.: Академический Проект, 2013г.
9. Колосова Н.Н. Картография с основами топографии.- М.: Дрофа, 2010г.

Учебное издание

Опутин К.В.

## **Основы геодезии**

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 03.07.2015 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,13. Тираж 100 экз. Изд. № 3065.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ