

Н.Н.Водчиц, А.М. Зеленский, Л.В. Образцов,  
Г.В.Фолитар, Р.Г.Фолитар

**Геодезические работы на  
строительной площадке**  
*/справочное пособие/*

Брест 2008

УДК 528.48:69(13)  
ББК 26.12

**Рецензент:**

Зам. директора по научной работе Полесского аграрно-экологического института  
НАН Беларуси, доктор географических наук **А.А.Волчек**

**Водчиц Н.Н., Зеленский А.М., Образцов Л.В., Фолитар Г.В., Фолитар Р.Г.**  
Геодезические работы на строительной площадке (справочное пособие). – Брест: изда-  
тельство БрГТУ, 2008.-34., илл. 35, табл. 6, библи. 12назв.

Рассмотрены устройство и выверка технических геодезических инструментов, приведены требования к точности выноса основных элементов проекта в натуру, детально рассмотрены способы и методы выноса проекта.

Пособие предназначено для студентов, изучающих инженерную геодезию, рабочих, бригадиров и мастеров строительных предприятий и организаций.

УДК 528.48:69(13)  
ББК 26.12

© Водчиц Н.Н., 2008  
© Зеленский А.М., 2008  
© Образцов Л.В., 2008  
© Фолитар Г.В., 2008  
© Фолитар Р.Г., 2008  
© Издательство БрГТУ, 2008

## ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

1.	Общие сведения.....	4
2.	<b>Геодезические инструменты.....</b>	<b>5</b>
2.1.	Теодолиты. Устройство теодолита Т30, 2Т30.....	5
2.2.	Вертикальный круг теодолита Т30, 2Т30.....	6
2.3.	Поверки теодолита.....	8
2.4.	Определение теодолитом магнитного азимута при помощи ориентир-буссоли... 12	
2.5.	Нивелир. Устройство нивелира Н-3 (Н-5).....	13
2.6.	Нивелир Н-ЗК и Н-ЗКЛ.....	14
2.7.	Поверки нивелиров Н-3, Н-ЗК (Н-ЗКЛ).....	15
3.	<b>Разбивочные работы на строительной площадке.....</b>	<b>18</b>
3.1.	Способы перенесения проекта на местность.....	18
3.2.	Вынос в натуру основных разбивочных элементов.....	19
3.2.1.	Построение на местности проектного горизонтального угла.....	19
3.2.2.	Построение проектного угла с повышенной точностью.....	20
3.2.3.	Построение прямого угла с помощью рулетки.....	21
3.2.4.	Построение на местности проектного отрезка.....	21
3.2.5.	Вынос в натуру точки с заданной проектной отметкой.....	23
3.2.6.	Построение на местности линий с заданными уклонами.....	23
3.2.7.	Построение плоскости заданного уклона.....	25
3.2.8.	Передача отметок на дно котлована и на монтажные горизонты.....	26
3.2.9.	Определение высоты сооружения.....	27
4.	<b>Разбивочные работы при строительстве сооружений.....</b>	<b>27</b>
4.1.	Вынос осей на монтажные горизонты.....	27
4.2.	Установка колонн в вертикальное положение.....	29
	Литература.....	31

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Строительство всех сооружений производится по разбивочным чертежам, которые разрабатываются в проекте.

Сам проект представляет собой комплекс документов:

- Чертеж, содержащий данные о расположении проектируемого сооружения на местности;
- Расчёты, сведения о топографических, геологических, климатических и других условиях в районе работ;
- Расчёты общей стоимости, сроки исполнения работ и другие документы.

Проект выполняется, как правило, в две стадии: разработка проектного задания и разбивочных чертежей.

На стадии проектного задания обосновывается целесообразность возведения проектируемого объекта, а также выбирается площадка для строительства будущего сооружения и принимается решение архитектурного плана, осуществляется расположение объекта на топографической карте (плане).

Рабочие чертежи разрабатывают по проектному заданию. На чертежах показывают размещение всех сооружений относительно друг друга, как в плане, так и по высоте.

В состав геодезических работ на строительной площадке входят:

- Создание разбивочной основы, т.е. построение планово-высотной сети для выноса проектов сооружений в натуру;
- Вынос основных осей сооружений на местность;
- Создание внутренней разбивочной сети сооружения на исходном и монтажном горизонтах;
- Геодезический контроль геометрических размеров сооружений и исполнительные съёмки.

Проект сооружения создаётся на топографических планах масштаба 1:500-1:2000 с сечением рельефа 0,5-1,0м.

В таблицах 1.1 и 1.2 приведены основные требования (допуски) при разбивочных работах.

Таблица 1.1 Требования к выносу точек по высоте

Условия и точность измерений	Высота монтажного горизонта, м			
	до 15	15-60	60-100	100-120
Неравенство плеч на станции, м, не более	5	5	5	5
Высота визирного луча над препятствием, м, не менее	0,2	0,2	0,2	0,3
Средняя квадратическая погрешность определения отметок на монтажном горизонте относительно исходного, мм	3	4	5	6
Средняя квадратическая погрешность передачи точек и осей по вертикали, мм	2	2,5	3	4

Таблица 1.2 Точность плановых разбивочных работ

Технологический процесс	Допустимые погрешности, см		
	продольная	поперечная	вертикальная
<b>Земляные работы:</b>			
Котлованы под сооружения	5	5	5
Водоотводные каналы	-	5	5
<b>Каменные работы:</b>			
Фундаменты и стены	-	2	2
Столбы и простенки	0,5	0,5	0,5
Отклонения стен и углов от вертикали:			
На один этаж высотой до 4м	-	0,7-2,0	-
На всё здание	-	2-3	-
<b>Свайные работы:</b>			
Сваи в кустах и шпунты, прикрываемые насадкой, (диаметр D)	1D	1D	-
Сваи в свайных полях	2D	2D	-
<b>Возведение деревянных конструкций:</b>			
Расстояния между осями конструкций	-	0,5	-
Рубленные стены и ряжи	2	2	2
Стропила и фермы	1	0,8	0,6

Рубленые стены и ряжи	2	2	2
Стропила и фермы	1	0,8	0,6

## 2. Геодезические инструменты

### 2.1. Теодолиты. Устройство теодолита Т30, 2Т30



- 1 – основание теодолита;
- 2 – закрепительный винт лимба;
- 3 – наводящий винт лимба;
- 4 – закрепительный винт алидады;
- 5 – наводящий винт алидады;
- 6 – закрепительный винт зрительной трубы;
- 7 – наводящий винт зрительной трубы;
- 8 – оптический микроскоп;
- 9 – оптический визир;
- 10 – кремальера;
- 11 – цилиндрический уровень на алидаде;
- 12 – исправительный винт уровня;
- 13 – вертикальный круг;
- 14 – подставка;
- 15 – подъемный винт;
- 16 – отверстие для центрирования;
- 17 – диоптрийное кольцо.

Рис 2.1. Общий вид теодолита Т30

Теодолит Т30, 2Т30 предназначен для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах, при разбивке плановых и высотных съёмочных сетей, для измерения расстояний с использованием нитяного дальномера зрительной трубы, определения магнитных азимутов по ориентир-буссоли, а также для нивелирования горизонтальным лучом с помощью уровня при трубе, а также для разбивки сооружений в плане.

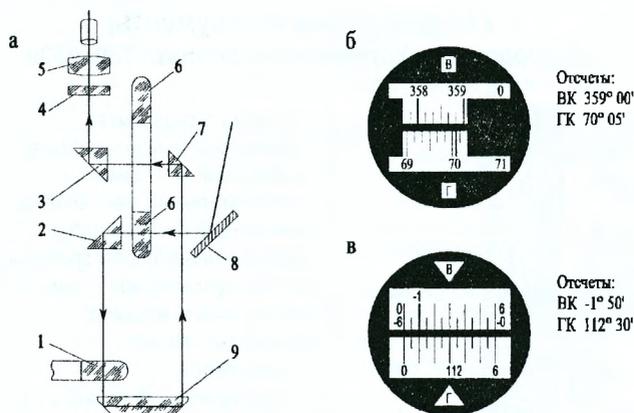
Основание 1 (рис. 2.1.), с которым скреплена подставка 14, служит дном футляра прибора. Это позволяет закрывать теодолит футляром, не снимая его со штатива. Теодолит приводится в рабочее положение (ось его вращения устанавливается в отвесное положение) подъемными винтами 15 подставки при помощи цилиндрического уровня 11.

При зрительной трубе имеется оптический визир 9 для грубого наведения зрительной трубы на точку. Закрепительным винтом 6 труба фиксируется в заданном направлении. Вращением диоптрийного кольца 17 добиваются чёткого изображения сетки нитей (установка трубы по глазу). Фокусировка трубы на предмет осуществляется вращением кремальеры 10. Горизонтальный круг (лимб) и алидада могут вращаться совместно и раздельно при помощи наводящих устройств 2,3 и 4,5. При закреплении винта 2 и откреплении винта 4 алидады ноль лимба остаётся неподвижным в процессе вращения верхней части теодолита и, наоборот, при закреплении винта 4 и откреплении винта 2 ноль лимба вращается вместе с верхней частью теодолита.

Зрительная труба теодолита может быть использована как оптический центрир. Для этого её устанавливают вертикально окуляром вверх и визируют на точку стояния через специальное отверстие 16 в основании прибора.

В качестве отсчётных устройств используются штриховые (теодолит Т30) и шкаловые (теодолит 2Т30) микроскопы. Горизонтальный и вертикальный круги теодолита Т30 разделены через 10' с цифровкой через 1°. Изображение отсчётного индекса и штрихов

обеих кругов передано в поле зрения микроскопа (рис. 2.2, б) посредством оптической схемы (рис. 2.2, а).



**Рис. 2.2. Отсчётные устройства теодолитов Т30, 2Т30:**

а - оптическая схема; б - поле зрения микроскопа теодолита Т30;  
в - то же теодолита 2Т30.

Луч света, отражаясь от зеркала подсветки, проходит через лимб вертикального круга 6 и попадает на призму 2. Посеребренная поверхность отражает луч и направляет его на лимб горизонтального круга 1. После двукратного отражения в призме 9 он проходит через призмы 7 и 3 и попадает на плоско-параллельную пластину 4, на которой нанесён один штрих у теодолита Т30 и двенадцать у теодолита 2Т30. При помощи этих штрихов производится отсчёт. Изображение штрихов лимба горизонтального круга на пластинке рассматривают через окуляр 5 отсчётного микроскопа на фоне штрихов пластин.

Поле зрения отсчётного микроскопа приведено на рисунке 2.2 б и 2.2 в. В поле зрения микроскопа изображение вертикального круга обозначено буквой В, горизонтального – буквой Г.

Теодолит 2Т30, являющийся модификацией теодолита Т30, отличается отсчётным устройством и наличием уровня при трубе. В отличие от теодолита Т30 на круги нанесены деления через 1° (каждый градус оцифрован), а в отсчётном устройстве вместо штрихового использован шкаловый микроскоп с ценой деления 5'.

## 2.2. Вертикальный круг теодолита Т30, 2Т30

Вертикальный круг теодолита предназначен для измерения вертикальных углов. **Вертикальный угол (угол наклона)**- угол между направлением визирной оси и её проекцией на горизонтальную плоскость. Лимб вертикального круга теодолита неподвижно скреплён с осью вращения зрительной трубы и вращается вместе с ней, а отсчётный индекс остаётся неподвижным при любом положении зрительной трубы. Отсчёт по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси называется **местом нуля (МО) вертикального круга**.

Вертикальный круг теодолита Т-30 скреплён со зрительной трубой по диаметру 90° - 270° и оцифрован против хода часовой стрелки от 0° до 360°. Из рисунка 2.3 следует, что

$$v = \text{КП} - \text{МО}, \quad (2.1)$$

$$v = \text{МО} - \text{КП} + 180^\circ, \quad (2.2)$$

решая (2.1) и (2.2) относительно  $v$  и  $МО$ , получим

$$v = \frac{КЛ - КП + 180^\circ}{2}, \quad (2.3)$$

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180^\circ}{2}. \quad (2.4)$$

Следовательно, для определения величины  $МО$  нужно на одну и ту же точку навести зрительную трубу при  $КП$  и  $КЛ$ , взять отсчёты по вертикальному кругу и вычислить  $МО$  по формуле (2.4).

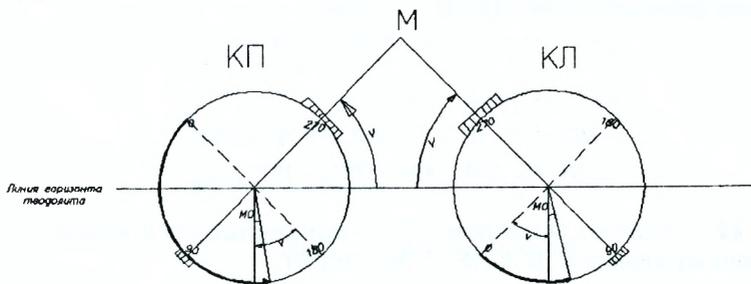


Рис. 2.3. Вертикальный круг теодолита Т-30

Вертикальный круг теодолита 2Т-30 разделен на четыре сектора диаметрами  $0^\circ-0^\circ$  и  $90^\circ-90^\circ$ , скреплён со зрительной трубой по диаметру  $90^\circ-90^\circ$  и оцифрован в обе стороны от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . Против хода часовой стрелки нанесены положительные деления, а по ходу часовой стрелки – отрицательные. Если допустить, что значение  $МО$  известно, то значение вертикального угла (рис. 2.4) можно вычислить по формулам (2.5) и (2.6)

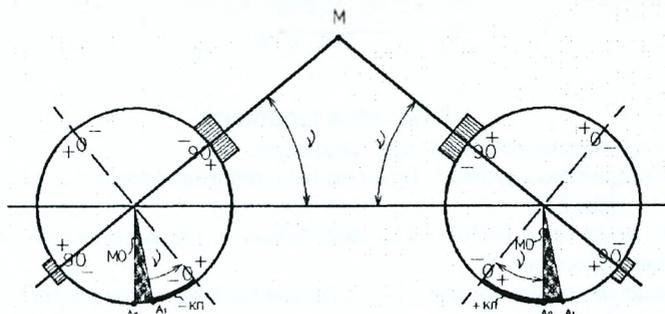
$$v = КП - МО, \quad (2.5)$$

$$v = МО - КП. \quad (2.6)$$

Решая (2.5) и (2.6) относительно  $v$  и  $МО$ , получим:

$$v = \frac{КЛ - КП}{2}, \quad (2.7)$$

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}. \quad (2.8)$$



$A_0$  – положение отсчётного индекса при  $МО=0$ ;

$A_1$  – положение отсчётного индекса при  $МО \neq 0$

Рис. 2.4. Вертикальный круг теодолита 2Т30

Анализируя формулы (2.3) и (2.7) можно сделать вывод: если угол измерен при двух положениях вертикального круга, то МО не влияет на правильность определения вертикального угла. При известной величине МО вертикальный угол можно вычислить по формулам (2.1),(2.2),(2.5) и (2.6). Для удобства вычисления углов наклона по этим формулам желательно, чтобы значение МО не превышало двойной точности отсчётного устройства, т.е. 1' для теодолитов Т30,2Т30.

**Пример 2.1.** Определить МО теодолита Т-30 и вертикальный угол  $v$ , если отсчёты по вертикальному кругу известны:  $КП = 175^{\circ}28'$ ;  $КЛ = 4^{\circ}36'$ .

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180^{\circ}}{2} = \frac{4^{\circ}36' + 175^{\circ}28' - 180^{\circ}}{2} = 2';$$

$$v = КП - МО = 4^{\circ}36' - 2' = 4^{\circ}34';$$

$$v = МО - КП + 180^{\circ} = 2' - 175^{\circ}28' + 180^{\circ} = 4^{\circ}34';$$

$$v = \frac{КЛ - КП + 180^{\circ}}{2} = \frac{4^{\circ}36' - 175^{\circ}28' + 180^{\circ}}{2} = 4^{\circ}34'.$$

**Пример 2.2.** Определить МО теодолита Т30 и вертикальный угол  $V$ , если отсчёты по вертикальному кругу известны :  $КЛ = 355^{\circ}53'$ ;  $КП = 184^{\circ}09'$ .

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180^{\circ}}{2} = \frac{355^{\circ}53' + 184^{\circ}09' - 180^{\circ}}{2} = \frac{360^{\circ}02'}{2} = 1';$$

$$V = КП - МО = 355^{\circ}53' - 1' = 355^{\circ}52' - 360^{\circ} = -4^{\circ}08';$$

$$V = МО - КП - 180^{\circ} = 1' - 184^{\circ}09' = -4^{\circ}08';$$

$$V = \frac{КЛ - КП + 180^{\circ}}{2} = \frac{355^{\circ}53' - 184^{\circ}09' + 180^{\circ}}{2} = \frac{355^{\circ}53' - 4^{\circ}09' - 360^{\circ}}{2} = -4^{\circ}08'$$

**Пример 2.3.** Определить МО для теодолита 2Т-30 и величину вертикального угла наклона  $v$ , если отсчёты по вертикальному кругу известны:  $КП = 5^{\circ}17'$ ;  $КЛ = -5^{\circ}19'$ .

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2} = \frac{-5^{\circ}19' + 5^{\circ}17'}{2} = -1';$$

$$v = КП - МО = -5^{\circ}19' - (-1') = -5^{\circ}18';$$

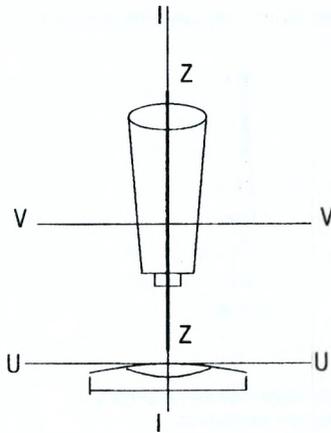
$$v = МО - КП = -1' - 5^{\circ}17' = -5^{\circ}18';$$

$$v = \frac{КЛ - КП}{2} = \frac{-5^{\circ}19' - 5^{\circ}17'}{2} = -5^{\circ}18'.$$

### 2.3. Поверки теодолита

К теодолиту предъявляются следующие требования:

1. Ось цилиндрического уровня  $U-U$  должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита  $I-I$  (рис 2.5);
2. Одна из нитей сетки должна быть параллельна, а другая перпендикулярна к оси вращения теодолита  $I-I$ ;
3. Ось вращения зрительной трубы  $V-V$  должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита  $I-I$ ;
4. Визирная ось трубы  $Z-Z$  должна быть перпендикулярна к оси вращения зрительной трубы  $V-V$ ;
5. Место нуля (МО) вертикального круга должно быть близким к нулю.



I – I – ось вращения теодолита;  
 V- V- ось вращения зрительной трубы;  
 U- U- ось цилиндрического уровня;  
 Z- Z- визирная ось зрительной трубы.

(оси Z-Z и I-I на рис. 2.5 совпадают).

Рис. 2.5. Схема осей теодолита

При невыполнении этих условий (проверок) работать теодолитом запрещается. Соблюдение указанных условий проверяется следующим образом.

**2.3.1. Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита ( $UU \perp II$ ).** Поворотом верхней части теодолита уровень устанавливается по направлению двух подъемных винтов и, вращая их, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают уровень на  $180^\circ$ . Если пузырек уровня остался на середине, то условие выполнено (допуск - 1 деление уровня). В противном случае, на половину отклонения перемещают пузырек уровня к нуль-пункту исправительными винтами 12 уровня (рис. 2.1), а на оставшуюся часть – подъемными. Далее проверку повторяют.

**2.3.2. Одна из нитей сетки должна быть параллельна, а другая перпендикулярна к оси вращения теодолита.** Наводят визирную ось трубы на точку и, работая наводящим винтом трубы, наклоняют трубу вверх и вниз. Если при этом нить не будет отклоняться от точки, то условие выполнено (рис. 2.6,а). В противном случае ослабляют винты крепления окулярного колена к трубе и поворотом окулярного колена добиваются правильного положения сетки. После выполнения юстировки винты закрепляют. Эту же проверку можно выполнить с использованием отвеса (рис. 2.6,б).

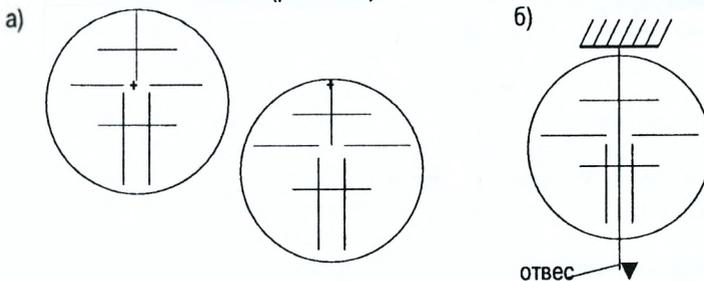
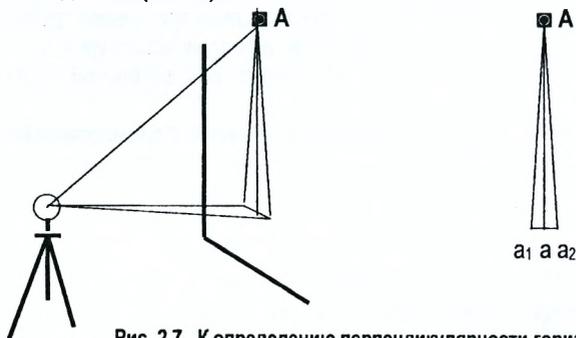


Рис. 2.6. Проверка сетки нитей

**2.3.3. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита ( $VV \perp II$ ).**



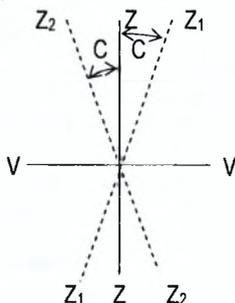
**Рис. 2.7. К определению перпендикулярности горизонтальной оси вращения трубы к оси вращения теодолита**

Устанавливают теодолит в 5-10 м от стены и наводят на какую-либо высоко расположенную точку А (рис. 2.7) при одном из положений вертикального круга, например, при «круге право». Наклоном зрительной трубы проектируют верхнюю точку в нижнюю часть стены (примерно на уровень инструмента), где помощник помечает карандашом проекцию пересечения сетки нитей (точка  $a_1$ ). Переводят зрительную трубу через зенит и аналогичные действия производят при другом положении вертикального круга, помечая точку  $a_2$ . Условие будет выполнено, если проекции верхней точки при КП и КЛ совпали. В случае несовпадения средняя точка из двух проекций (точка  $a$ ) будет соответствовать правильному расположению осей. В современных конструкциях теодолитов невыполнение условия может быть устранено только в мастерской или в заводских условиях.

**2.3.4. Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения зрительной трубы ( $ZZ \perp VV$ ).** Невыполнение этого условия приводит к погрешности в отсчете по лимбу теодолита, которая называется **коллимационной погрешностью С**.

Коллимационную погрешность выявляют путем визирования на одну и ту же точку при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ). При этом поступают следующим образом:

1. Приводят теодолит в рабочее положение.
2. Закрепляют лимб и, работая винтами алидады и зрительной трубы, наводят визирную ось на удаленную точку при одном положении вертикального круга и берут отсчет по горизонтальному кругу.



**Рис. 2.8. Коллимационная погрешность**

3. Наводят на ту же точку при другом положении вертикального круга и берут отсчет. Коллимационную погрешность вычисляют по формуле:

$$C=0,5*(КП - КП\pm 180^\circ), \quad (2.9)$$

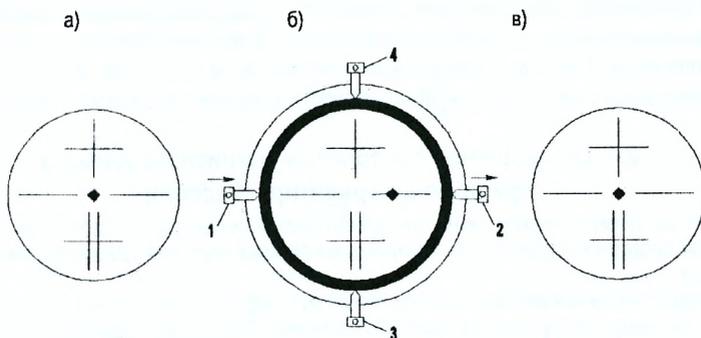
где КП и КП – отсчеты по горизонтальному кругу теодолита при соответствующем круге. Отсчеты записывают в журнал (табл. 1.1)

Правильность определения коллимационной погрешности проверяют повторными наблюдениями. Если  $|C| \leq 1'$ , то условие считается выполненным.

Таблица 2.1 Определение коллимационной погрешности

№№ станций	№№ точек визирования	Положение круга	Отсчёт по горизонт. кругу	2С с	Правильный отсчёт	Примечание
5	2	КП	27°21'	-6'	27°24'	До исправления
	2	КЛ	207°27'	-3'	207°24'	
5	6	КП	226°55'	-5'	226°52,5'	После исправления
	6	КЛ	46°50'	-2,5'	46°52,5'	
5	6	КП	46°52'	-1'		
	6	КЛ	226°53'	-0,5'		

Исправление коллимационной погрешности выполняют следующим образом (рис. 2.9).



а) – до установки правильного отсчета; б) - после установки правильного отсчета; в) - после исправления коллимационной погрешности

Рис. 2.9. Порядок исправления коллимационной погрешности

1. Наводящим винтом 5 алидады (рис. 2.1) устанавливают на лимбе правильный отсчет, вычисленный по формуле:

$$N=(КП+КЛ\pm 180^\circ)*0,5. \quad (2.10)$$

При этом верхняя часть теодолита повернется на угол С, вследствие чего изображение точки в поле зрения трубы сместится с пересечения нитей (рис. 2.9, б)

2. Действуя боковыми исправительными винтами 1 и 2 (рис. 2.9, б) сетки, последнюю перемещают до совмещения пересечений нитей с изображением точки (рис. 2.9, в)

3. После исправления поверку повторяют.

### 2.3.5. Место нуля вертикального круга (МО) должно быть близким к нулю.

Для определения МО на одну и ту же точку визируют при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ), берут отсчёты по вертикальному кругу и по формуле (2.4) для теодолита Т30 и (2.8) для теодолита 2Т30 находят значение МО. При  $МО > 1'$  вычисляют правиль-

ный отсчет по вертикальному кругу по формулам (2.1) и (2.2) для теодолита Т30, (2.5) и (2.6) для теодолита 2Т30 (при  $MO=0$ )

$$КЛ = v,$$

$$КП = 180^\circ - v \text{ для теодолита Т30 и}$$

$$КП = -v \text{ для теодолита 2Т30.}$$

Таблица 2.2.

Определение МО и вертикальных углов

Теодолит	№ стан-ций	№ точек ви-зирования	Круг	Отсчёт	МО v	Правильный отсчёт
1	2	3	4	5	6	7
Т30	1	6	КЛ	4° 38'	1'	4° 37'
		6	КП	175° 24'	4° 37'	175° 23'
		7	КЛ	3° 52'	1'	3° 51'
		7	КП	176° 10'	3° 53'	176° 09'
2Т30	2	8	КЛ	3° 19'	- 2' 30"	3° 21' 30"
		8	КП	-3° 24'	3° 21' 30"	- 3° 21' 30"
		9	КЛ	6° 41'	- 3' 00"	6° 44' 00"
		9	КП	-6° 47'	6° 44' 00"	- 6° 44' 00"

Далее вращением наводящего винта зрительной трубы устанавливают вычисленный отсчёт по вертикальному кругу, вследствие чего пересечение сетки сместится с точки в вертикальной плоскости. Работая вертикальными винтами сетки 3 и 4 (рис. 2.9, б), пересечение сетки совмещается с изображением точки. Результаты измерений заносят в таблицу 2.2.

#### 2.4. Определение теодолитом магнитного азимута при помощи ориентир – буссоли

Магнитные азимуты необходимы при ориентировании съёмок местности, выполняемых в условной системе координат, ориентировании прямых участков трассы автомобильных дорог и т.д.

Для определения магнитного азимута линии АВ (рис. 2.10) над точкой А устанавливают теодолит, приводят по уровню в рабочее положение. Положение теодолита устанавливают при круге «лево», в посадочный паз вставляют буссоль и крепят её к теодолиту специальным винтом.

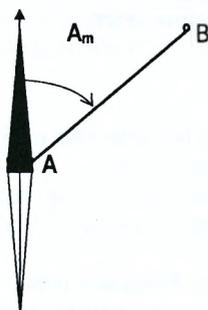


Рис. 2.10. Определение магнитного азимута

Работая винтами алидады 3 и 5 (рис. 2.1), отсчёт по горизонтальному кругу устанавливают равным  $0^\circ 00' 00''$ . Далее, работая винтами лимба 2 и 3, добиваются совпадения северного конца буссоли со штрихом шкалы и закрепляют винт лимба 3. Таким образом,  $0^\circ$  горизонтального круга будет ориентирован на магнитный полюс.

Винтами алидады наводят визирную ось теодолита на веху, устанавливают в точке В.

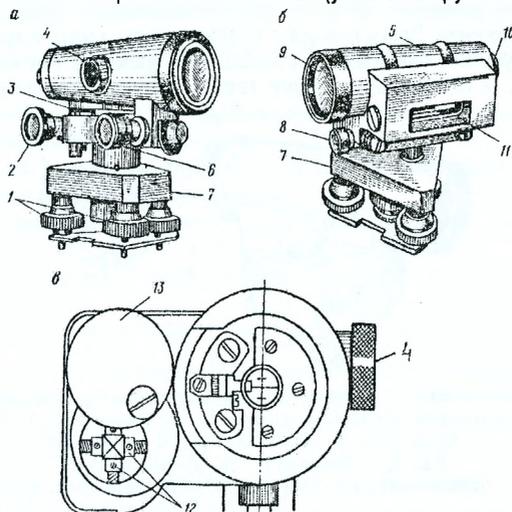
Отсчёт по горизонтальному кругу будет соответствовать магнитному азимуту линии АВ.

При выполнении этой работы следует помнить, что вблизи буссоли не должно быть металлических предметов (стальных или железных).

## 2.5 Нивелир. Устройство нивелира Н-3 (Н-5)

Нивелир Н - 3 (рис. 2.11) является наиболее распространённым инструментом на строительной площадке, он относится к точным нивелирам с цилиндрическим уровнем и элевационным винтом. Предназначен для нивелирования III – IV классов и технического при инженерно – геодезических изысканиях и в строительстве.

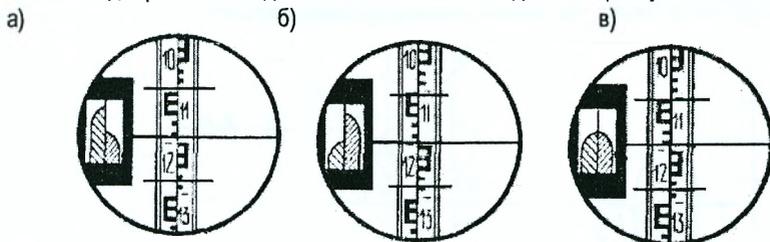
Цилиндрический уровень 11 и зрительная труба неподвижно скреплены между собой и имеют общий корпус. Перед началом наблюдений вращением диоптрийного кольца окуляра 10 добиваются четкого изображения сетки нитей (установка трубы по глазу).



1 - подъёмные винты; 2 – элевационный винт; 3 – круглый уровень; 4 – кремальера; 5 – корпус зрительной трубы; 6 – наводящий винт; 7 – подставка (трегер); 8 – закрепительный винт; 9 – объектив; 10 – окуляр; 11 – цилиндрический уровень; 12 – исправительные винты цилиндрического уровня; 13 – защитная крышка

Рис. 2.11. Нивелир Н – 3: а – вид со стороны круглого уровня; б – со стороны цилиндрического уровня; в – со стороны окуляра (без окуляра)

Подъёмными винтами 1 по круглому уровню 3 нивелир приводят в рабочее положение. После грубого наведения на рейку положение зрительной трубы фиксируют закрепительным винтом 8, вращением кремальеры 4 добиваются четкого изображения рейки, а вращением наводящего винта 6 добиваются точного наведения на рейку.



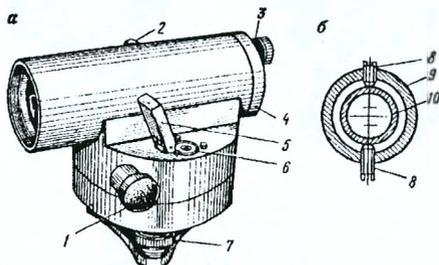
а) и б) – положение пузырька цилиндрического уровня вне нуля-пункта; в) – в нуля-пункте.

Рис. 2.12. Поле зрения трубы нивелира Н – 3

Элевационным винтом 2 цилиндрический уровень вместе с трубой может наклоняться на небольшой угол в вертикальной плоскости. Перед отсчётом по рейке вращением элевационного винта приводят пузырёк уровня в нуль-пункт, наблюдая при этом в окуляр зрительной трубы (рис. 2.12). После этого берут отсчёт по рейке по средней нити сетки. На рисунке 2.12 отсчёт равен 1190 мм.

## 2.6. Нивелир Н-3К и Н-3КЛ

Нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования (с компенсатором – буква «К») в определённом диапазоне автоматически устанавливают визирную ось нивелира в горизонтальное положение. Здесь отпадает необходимость иметь в конструкции элевационный винт, в результате значительно сокращается время на взятие отсчёта по рейке. Нивелир Н – 3К (рис. 2.13) предназначен для тех же видов работ, что и нивелир Н–3.



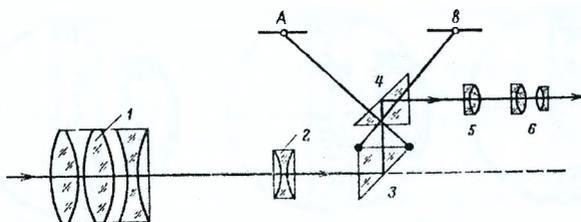
1 – винт бесконечной наводки; 2 – кремальера; 3 – гайка крепления предохранительного колпачка 4; 5 – зеркальце круглого уровня; 6 – круглый уровень; 7 – подъёмный винт; 8 – юстировочные винты сетки нитей; 9 – оправа окуляра; 10 – сетка нитей.

Рис. 2.13. Нивелир Н – 3К. а) –общий вид; б) – поперечный разрез окулярной части зрительной трубы

В рабочее положение нивелир устанавливают подъёмными винтами 7 по круглому уровню 6. У нивелира отсутствует закрепительный винт. При наведении на рейку труба ручной вращения и чётко фиксируется в нужном направлении. Зрительная труба нивелира – перископическая (рис. 2.14).

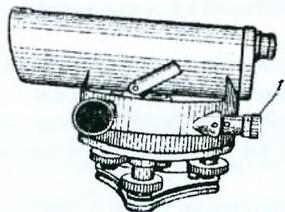
Нивелир имеет призмный компенсатор, состоящий из двух призм, одна из которых 3 подвешена на четырёх скрещенных нитях, другая 4 неподвижно скреплена с корпусом трубы. Нити закреплены на корпусе трубы. На рисунке 2.14 показаны две нити крепления в точках А и В. Компенсатор обеспечивает установку линии визирования в горизонтальное положение в пределах  $10'$ . Для обеспечения этого предела компенсатора служит круглый уровень 6 (рис. 2.13).

Нивелир Н – 3К может выпускаться в варианте с горизонтальным кругом (лимбом) под шифром Н – 3КЛ (рис. 2.5). Горизонтальный круг разделён через  $1^\circ$ . Наблюдая в окуляр 1, производят отсчёт по лимбу при помощи нониуса с точностью  $0,1^\circ$ .



1 – объектив; 2 – фокусирующая линза; 3,4 – компенсатор; 5 – сетка нитей; 6 – окуляр

Рис. 2.14. Оптическая схема зрительной трубы нивелира Н-3К



1 – окуляр для отсчётов по горизонтальному кругу (лимбу)  
 Рис. 2.15. Нивелир Н-ЗКЛ

## 2.7. Поверки нивелиров Н-3, Н-3К (Н-3КЛ)

У нивелиров различают следующие оси:

- Ось вращения нивелира I-I – воображаемая линия, вокруг которой нивелир вращается в горизонтальной плоскости;
- Визирная ось зрительной трубы Z-Z – воображаемая линия, проходящая через центр объектива и пересечение сетки нитей;
- Ось цилиндрического уровня U-U – воображаемая линия, касательная к нуль-пункту уровня;
- Ось круглого уровня K-K – перпендикуляр к плоскости, касательной к нуль-пункту круглого уровня.

При проверке должны быть соблюдены следующие условия:

- **Ось круглого уровня K-K должна быть параллельна оси вращения нивелира и.**

Проверку этого условия выполняют приведением пузырька круглого уровня в нуль-пункт при помощи подъемных винтов и поворотом нивелира на  $180^\circ$ . При этом пузырек не должен отклоняться более одного деления (рис. 2.16). Если отклонение не допустимое, выполняют юстировку исправительными винтами круглого уровня на половину отклонения пузырька. После исправления проверку повторяют.

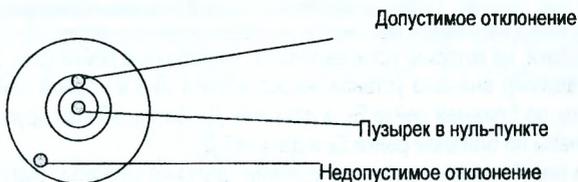


Рис. 2.16. Проверка круглого уровня



Рис. 2.17. Проверка сетки нитей

- Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

**1-ый способ.** Проверку этого условия выполняют при помощи рейки, установленной вертикально на расстоянии 20-30 м от нивелира, предварительно установленного по круглому уровню. Нивелируют сначала левым, а затем правым концом горизонтальной нити сетки и берут отсчеты  $a_1$  и  $a_2$  (рис. 2.17,а). Отсчеты не должны отличаться более чем на 2 мм. Выполнение этого условия гарантируется заводом-изготовителем.

**2-ой способ.** Нивелир приводится в рабочее положение. На расстоянии 20-30м от нивелира подвешивается отвес, визируют (рис. 2.17,б) вертикальную нить сетки на нить отвеса. Условие выполняется, если изображение вертикальной нити сетки совпадает с нитью отвеса.

- Ось цилиндрического уровня U-U нивелира Н-З должна быть параллельна визирной оси Z-Z. Визирная ось нивелира Н-ЗК должна быть горизонтальна (в пределах угла компенсации). Это условие называется **главным условием нивелира**.

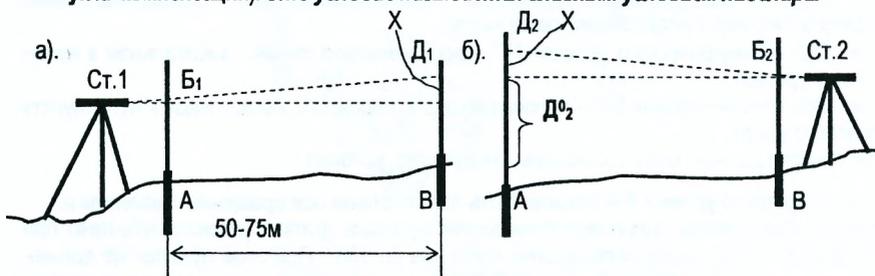


Рис. 2.18. Проверка главного условия нивелира (1-ый способ)

**1-ый способ.** Главное условие нивелира можно проверить двойным нивелированием. Для этого на ровной местности на расстоянии примерно 50 -75 м друг от друга забивают колышки, на которые устанавливают нивелирные рейки (рис. 2.18).

Нивелир вначале устанавливают вблизи (6-8 м) одной рейки (рис. 2.18, а) и берут отсчеты по ближней рейке  $B_1$ , и дальней  $D_1$ . Затем вблизи другой рейки (рис. 2.18, б) берут отсчеты по ближней рейке  $B_2$  и дальней  $D_2$ .

При несоблюдении главного условия дальние отсчеты будут содержать одинаковую погрешность  $X$ , которую вычисляют по формуле:

$$X = \frac{D_1 + D_2}{2} - \frac{B_1 + B_2}{2}. \quad (2.11)$$

Таблица 2.3

Проверка главного условия

№№ станций	№№ точек визирн.	Наименование отсчетов	Отсчеты по рейкам, мм		Контроль (разность нулей)
			Красная сторона	Черная сторона	
1	2	3	4	5	6
1	A	$B_1$	6409 (1)	1624 (2)	4785 (3)
	B	$D_1$	6065 (4)	1282 (5)	4783 (6)
2	B	$B_2$	6536 (7)	1754 (8)	4782 (9)
	A	$D_2$	6882 (10)	2098 (11)	4784 (12)

Величина  $X$  вычисляется по «красным» и «черным» отсчетам по формуле 2.11

$$X_{\text{ч}} = \frac{1282 + 2098}{2} - \frac{1624 + 1754}{2} = 1\text{мм};$$

$$X_{\text{к}} = \frac{6065 + 6882}{2} - \frac{6409 + 6536}{2} = 2\text{мм}; \quad X = \frac{X_{\text{к}} + X_{\text{ч}}}{2} = \frac{2+1}{2} \approx 2\text{ мм}.$$

Правильный отсчёт, свободный от  $X$ , вычисляется по формуле  $D_2^0 = D_2 - X$ . (2.12)

Результаты проверки главного условия оформляют в виде таблицы 2.3

Правильный отсчет  $D_2^0 = 2098 - 2 = 2096$

2-ой способ. На колышки  $A$  и  $B$  линии длиной 50-75 м устанавливают нивелирные рейки, а посередине между рейками – нивелир (рис. 2.19, а). После приведения нивелира в рабочее положение берутся отсчёты « $a_0$ » и « $b_0$ » по рейкам. Эти отсчёты будут исключены от влияния  $X$  – несоблюдения главного условия нивелира, следовательно, превышение

$$h_3 = a_0 - b_0 \quad (2.13)$$

будет свободно от влияния  $X$ .

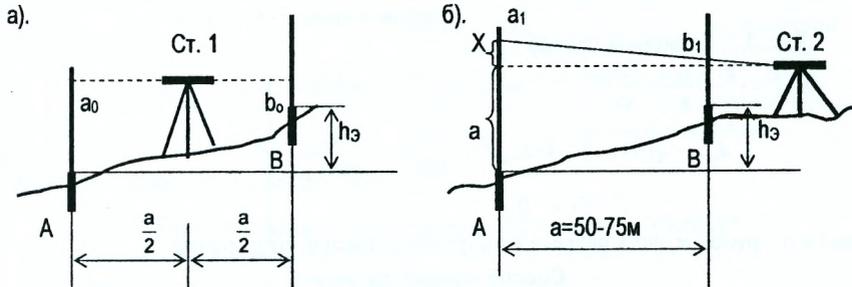


Рис. 2.19. Проверка главного условия нивелира (2 способ)

Затем нивелир устанавливают вблизи другой рейки (рис. 2.19, б), например, вблизи рейки  $B$ , и берут отсчёты по рейкам « $a_1$ » и « $b_1$ » и вычисляют превышение. Это превышение включает значение  $X$ , т.е.

$$h + X = a_1 - b_1, \quad (2.14)$$

следовательно, величину  $X$  можно подсчитать по формуле:

$$X = h - h_3, \quad (2.15)$$

а правильный отсчёт

$$a = a_1 - X. \quad (2.16)$$

Для расстояния  $AB$ , равного 75 м, погрешность  $X$  не должна превышать 4 мм.

Исправление несоблюдения главного условия выполняется в следующем порядке.

**Нивелир Н-3.** Эlevationным винтом совмещают горизонтальную среднюю нить сетки с правильным отсчетом (формулы 2.12 и 2.16), при этом пузырек цилиндрического уровня сместится с нуля-пункта. Вертикальными исправительными винтами 12 (рис. 2.11, в) цилиндрического уровня приводят пузырек в нуля-пункт. После исправления проверку повторяют.

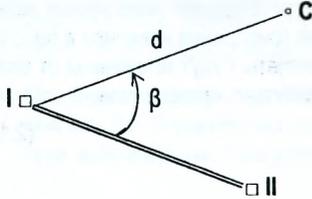
**Нивелир Н-3К.** При помощи исправительных винтов 8 (рис. 2.13) сетки её перемещают так, чтобы отсчёт по рейке стал равным правильному отсчёту, вычисленному по формулам (2.12) или (2.16). После исправления проверку повторяют.

### 3. Разбивочные работы на строительной площадке

#### 3.1. Способы перенесения проекта на местность.

##### Полярный способ

Этот способ удобно применять при выносе сооружений, имеющих криволинейное очертание, а так же отдельных точек сооружений в условиях закрытой местности и внутриквартальной застройке. Сущность полярного способа заключается в следующем. Пусть требуется вынести на местность точку **С**, координаты которой определены (графически или аналитически).



Вблизи этой точки расположены пункты разбивочной основы **I** и **II** (рис. 3.1), координаты которых известны. Для выноса точки **С** на местность необходимо знать величину угла  $\beta$  и длину отрезка  $d$ , которые можно получить из решения обратных геодезических задач по направлениям **I-С** и **I-II**.

Рис. 3.1. Полярный способ

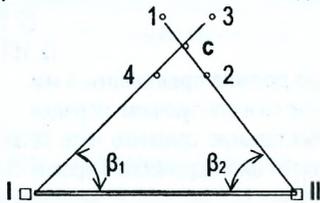
$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} r_{I-C} &= \frac{Y_C - Y_I}{X_C - X_I} = \frac{\Delta Y_{I-C}}{\Delta X_{I-C}}; & \operatorname{tg} r_{I-II} &= \frac{Y_{II} - Y_I}{X_{II} - X_I} = \frac{\Delta Y_{I-II}}{\Delta X_{I-II}}; \\ d_{I-C} &= \sqrt{(\Delta X_{I-C})^2 + (\Delta Y_{I-C})^2} = \frac{\Delta X_{I-C}}{\cos r_{I-C}} = \frac{\Delta Y_{I-C}}{\sin r_{I-C}}; \\ \beta &= \alpha_{I-II} - \alpha_{I-C}; \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

где  $g$  и  $\alpha$  – румбы и дирекционные углы соответствующих направлений.

##### Способ угловой засечки

Этот способ применяют в тех случаях, когда из-за различных препятствий длины линий измерить непосредственно невозможно, или когда выносимые точки и точки разбивочной сети расположены в различных вертикальных плоскостях. Такие условия часто возникают при строительстве мостовых переходов и автомобильных дорог.

Для выноса на местность точки **С** с известными координатами, от точек **I** и **II** разбивочной сети (рис. 3.2), после решения обратных геодезических задач по направлениям **I-С**, **II-С** и **I-II** по дирекционным углам вычисляют горизонтальные



углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , которые откладывают теодолитом от линии **I-II**. При этом направления **I-С** и **II-С** фиксируют кольшками 1, 2, 3, 4, по которым при помощи двух шнуров в пересечении их определяют и закрепляют положение точки **С**.

Рис. 3.2. Способ угловой засечки

##### Способ линейной засечки

Этот способ применяют тогда, когда расстояния до выносимой точки **С** (рис. 3.3) от пунктов разбивочной сети **I** и **II** не превышают длины мерного прибора, а углы между базовым направлением **I-II** и направлениями **I-С** и **II-С** находятся в пределах  $40^\circ - 140^\circ$ .

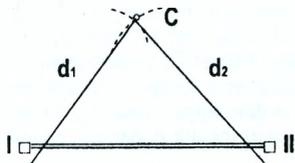


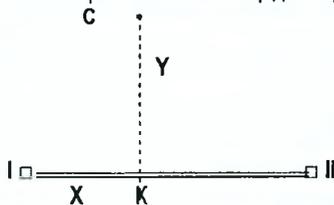
Рис. 3.3. Способ линейной засечки

Точку пересечения дуг, прочерченных лентами, отмечают колышком, который и будет выносимой точкой С.

Вычислив расстояния  $d_1$  и  $d_2$  по координатам точек I, II и С, берут два мерных прибора (рулетка, лента, трос), концы прикладывают и удерживают в точках I и II. Мерные приборы натягивают до образования треугольника I-II-С так, чтобы они пересекались между собой в точках отложения на них длин сторон  $d_1$  и  $d_2$ .

### Способ прямоугольных координат

Этот способ является самым распространенным при разбивке зданий и сооружений, особенно на строительных площадках промышленных предприятий.



Он удобен, когда в качестве разбивочной основы служит строительная сетка. В этом случае преимущество способа очень велико, так как для перенесения не требуется вычисления дирекционных углов и расстояний. На местности от пункта I в сторону пункта II откладывают величину X и получают точку К. В точке К строят прямой угол, откладывают величину Y и получают точку С (рис. 3.4).

Рис. 3.4. Способ прямоугольных координат

## 3.2. Вынос в натуру основных разбивочных элементов

При проектировании сооружений возникают следующие основные работы:

- Построение на местности проектных горизонтальных углов;
- Перенесение на местность проектной отметки;
- Построение на местности линии с проектным уклоном;
- Построение на местности проектной длины линии;
- Построение на местности плоскости с проектными уклонами.

Все построения производятся от разбивочной основы или направления, которое называется *базовым*.

Ниже рассмотрим более подробно каждый из этих важных видов работ.

### 3.2.1. Построение на местности проектного горизонтального угла

Перенесение проектных углов в натуру отличается от обычных способов измерения углов. Пусть требуется построить угол ВАС в точке А (рис. 3.5), где АВ - базовое направление, закреплённое на местности.

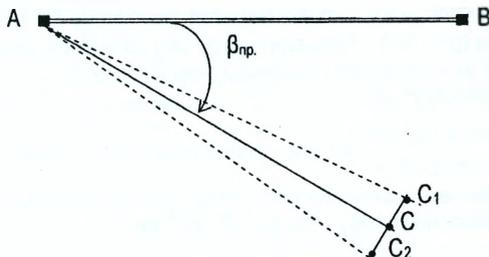


Рис. 3.5. Построение проектного угла с точностью теодолита

Теодолит устанавливают над точкой А (рис. 3.5), визируют на точку В и берут отсчет  $b$  по горизонтальному кругу. Предвычисляют отсчет  $C_1 = b + \beta_{пр}$  (если угол  $\beta_{пр}$  строят против часовой стрелки, то  $C_1 = b - \beta_{пр}$ ). Открыв алидаду, отсчет  $C_1$  устанавливают на горизонтальном круге и в направлении визирной оси фиксируют точку  $C_1$ . Аналогично строят угол  $\beta_{пр}$  при другом положении вертикального круга и фиксируют точку  $C_2$ . Отрезок  $C_1C_2$  делят пополам и закрепляют точку С. Контрольные измерения проводят одним полным приемом  $\Delta\beta = |\beta_{изм} - \beta_{пр}| \leq 2t$ . ( $t$ -точность теодолита).

### 3.2.2. Построение проектного угла с повышенной точностью

Вначале угол  $\beta_{пр}$  строят изложенным в 3.2.1 способом. Построенный угол измеряют  $n$  раз. Количество полных приёмов  $n$  подсчитывают по формуле

$$n = \frac{t^2}{m^2}, \quad (3.2)$$

где  $t$  – точность теодолита;

$m$  – заданная точность построения угла.

Далее находят среднее значение угла

$$\beta = \frac{\sum \beta_i}{n}, \quad (i=1,2,3,\dots,n)$$

и определяют угловую  $\delta_\beta$  и линейную  $\delta\ell_\beta$  поправки (рис. 3.6).

$$\delta_\beta = \beta_{пр} - \beta; \quad (3.3)$$

$$\delta\ell_\beta = D \cdot \frac{\delta_\beta}{\rho}, \quad (3.4)$$

где  $\rho = 206265''$  – число секунд в радиане;

$D$  – расстояние между точками А и С.

Точку С перемещают в соответствующую сторону на величину  $\delta\ell_\beta$  и фиксируют точку  $C_0$ .

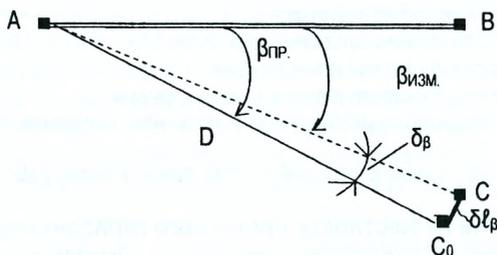


Рис. 3.6. Построение проектного угла с повышенной точностью

**Пример 3.1.** Требуется построить проектный угол  $\beta_{пр} = 65^\circ 09' 35''$  в точке М. Длина стороны  $MB$  равна  $D = 100$  м (рис. 3.6). Определить величину смещения точки В.

Угол  $\beta$ , определяемый из нескольких измерений, равен  $65^\circ 09' 25''$ .

Находим  $\delta_\beta = \beta_{пр} - \beta = 65^\circ 09' 35'' - 65^\circ 09' 25'' = 10''$  – угловая величина смещения,

$$\text{или } \delta\ell_\beta = D \cdot \frac{\delta_\beta}{\rho} = \frac{100000 \text{ м} \cdot 10''}{206265''} = 4,8 \text{ мм} \text{ – линейная величина смещения.}$$

Следовательно для получения значения угла с повышенной точностью необходимо точку  $B_1$  передвинуть по перпендикуляру к линии  $MB_1$  на 5 мм.

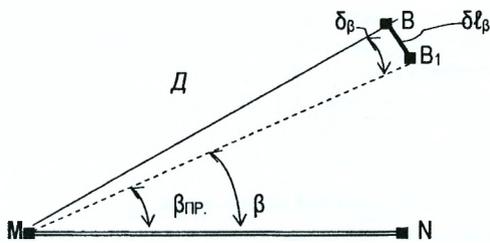


Рис. 3.7. Расчётная схема к примеру 3.1

**Пример 3.2.** Угол  $\beta$  должен быть построен с точностью  $m_\beta = 20''$  теодолитом Т30. Определить количество полных приёмов для обеспечения заданной точности построения. ( $t=30''$ ,  $m=20''$ ).

Количество полных приёмов определяется по формуле (3.2).

$$n = \frac{30^2}{20^2} = \frac{900}{400} = 2,25 \approx 3 \text{ приёма.}$$

### 3.2.3. Построение прямого угла с помощью рулетки

Построение прямого угла с помощью рулетки можно выполнить двумя способами.

В первом используется свойство «египетского треугольника» со сторонами, кратными 3:4:5. В первом построении прямого угла (рис. 3.8, а) задана и закреплена вершина угла и задано направление одной из сторон АВ. В направлении стороны АВ фиксируют отрезок АВ<sub>1</sub> длиной 4м. Далее отрезки В<sub>1</sub>С<sub>2</sub> длиной 5м и АС<sub>1</sub> длиной 3м перемещают до тех пор, пока точки С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> не совпадут. В случае совпадения точек С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> окончательно фиксируют точку С. Угол САВ<sub>1</sub> равен 90°.

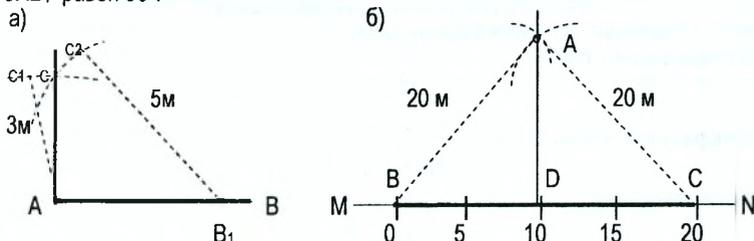


Рис. 3.8. Построение прямого угла при помощи рулетки

При построении прямого угла вторым способом (рис. 3.8, б) 20-метровую рулетку или ленту укладывают в створ линии MN, совмещают штрих 10м с вершиной угла D и по штрихам 0м и 20м отмечают положение точек В и С. В точке В удерживается нулевое деление рулетки, к делению 20 м прижимается гвоздь или шпилька и при натянутом состоянии полотна рулетки проводится на земле часть дуги.

Аналогичным образом из точки С проводится вторая часть дуги радиусом 20м. Пересечение дуг даст определяемую точку А. Углы ADB и ADC будут прямыми.

### 3.2.4. Построение на местности проектного отрезка

Проект создаётся на плане, следовательно, все длины линий являются горизонтальными проложениями. Естественная поверхность земли имеет различные уклоны. Поэтому при выносе проектной линии в натуру следует учитывать поправки, которые, в конечном счёте, приводят линию к натурному значению (рис. 3.9).

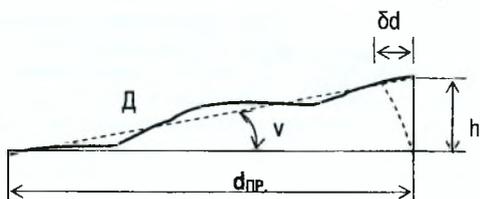


Рис. 3.9. Вынос проектной длины линии

При выносе проектной длины линии  $d_{пр.}$  необходимо отложить отрезок  $D$  соответствующей линии

$$D = d_{пр.} + \delta d, \quad (3.5)$$

где  $\delta d$  – общая поправка, включающая поправки за наклон линии к горизонту  $\delta d_h$ , за компарирование  $\delta d_k$  и за температурное влияние  $\delta d_t$ .

От начальной точки  $A$  в заданном направлении откладывают мерным прибором расстояние, равное проектной длине  $d_{пр.}$  и временно фиксируют точку  $B_1$  (рис. 3.10).

Определяют нивелированием превышение  $h$  между точками  $A$  и  $B_1$  или измеряют угол  $v$ , а также температуру  $t$  прибора (если измерить ее невозможно, измеряют температуру воздуха).

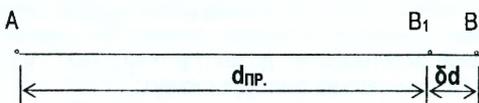


Рис. 3.10. Построение проектного отрезка

Вычисляют следующие поправки в длину линии:

а) за компарирование  $\delta d_k$

$$\delta d_k = \frac{d_{пр.}}{l} (l_t - l); \quad (3.6)$$

б) за температурное влияние  $\delta d_t$

$$\delta d_t = \alpha \cdot d_{пр.} \cdot (t - t_0); \quad (3.7)$$

в) за наклон линии  $\delta d_h$

$$\delta d_h = \frac{h^2}{2d_{пр.}}; \quad (3.8)$$

$$\delta d_v = 2d_{пр.} \cdot \sin^2 \frac{v}{2}, \quad (3.9)$$

где  $d_{пр.}$  – длина проектной линии;

$l$  – номинальная длина мерного прибора;

$l_t$  – фактическая длина мерного прибора;

$\alpha$  – коэффициент температурного расширения материала мерного прибора, (для стали  $\alpha = 0,0000125$ );

$t$  – температура при измерении линии;

$t_0$  – температура при компарировании;

$v$  – угол наклона;

$h$  – превышение.

Формула (3.8) применима в случае, если известно превышение между начальной и конечной точками, а формула (3.9) - в случае, когда известно значение угла наклона  $v$  линии к горизонту. Поправки  $\delta d_h$ ,  $\delta d_v$  вводятся со знаком «плюс»

Вычисляется общая поправка  $\delta d$ , которая откладывается в соответствующую сторону, где окончательно фиксируется точка В (рис. 3.10).

$$\delta d = \delta d_k + \delta d_t + \delta d_h. \quad (3.10)$$

### 3.2.5. Вынос в натуру точки с заданной проектной отметкой

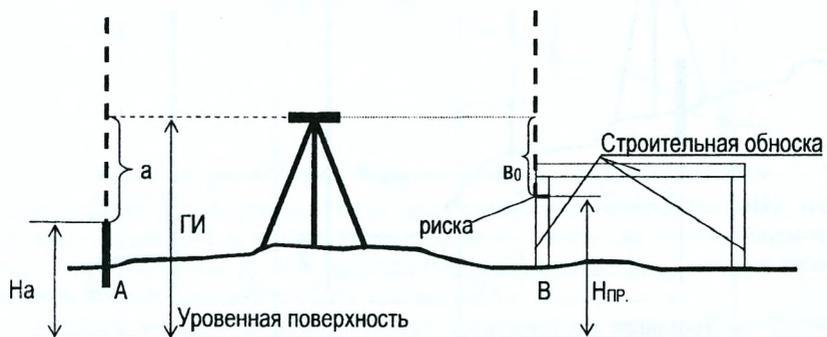


Рис. 3.11. Вынос точки с заданной проектной отметкой  $H_{пр}$ .

Для выноса проектной отметки в точке В вблизи её должна находиться точка А с известной отметкой  $H_a$ . Расстояние между точками А и В не должно превышать 200-250 м. Если точки с известной отметкой вблизи нет, то её определяют из специального нивелирного хода.

Нивелир устанавливают примерно посредине между точкой А и местом перенесения точки В (например обноской), берут отсчет «а» по чёрной стороне рейки, установленной на точку А (рис. 3.11).

Вычисляют горизонт инструмента по формуле (3.11)

$$ГИ = H_a + a. \quad (3.11)$$

Затем находят отсчет « $v_0$ », соответствующий проектной отметке  $H_{пр}$ .

$$v_0 = ГИ - H_{пр}. \quad (3.12)$$

Далее рейку устанавливают у стойки обноски и перемещают по вертикали до тех пор, пока горизонтальная нить сетки зрительной трубы не совпадет с отсчетом « $v_0$ ». В этот момент фиксируется отметка  $H_{пр}$ , прочерчивая по пятке рейки риску на обноске, которую в дальнейшем закрепляют гвоздем или шурупом.

Превышение между точками А и  $v_0$  ( $h_{пр} = H_{пр} - H_a$ ) определяют по чёрной и красной сторонам реек. Вычисленное среднее превышение не должно отличаться от проектного более, чем на  $\pm 5$  мм.

### 3.2.6. Построение на местности линий с заданными уклонами

При строительстве автомобильных дорог, трубопроводов всегда возникает задача построения на местности проектной линии с заданным (проектным) уклоном.

Допустим, имеем точку А с отметкой  $H_A$ . Требуется построить линию АВ длиной  $d$  с уклоном  $i_{пр}$  и на расстояниях  $d_1, d_2, d_3, \dots$  от начальной точки А закрепить промежуточные точки 1, 2, 3, ..... Проектная отметка конечной точки В находится по формуле

$$H_B = H_A + i \cdot d. \quad (3.13)$$

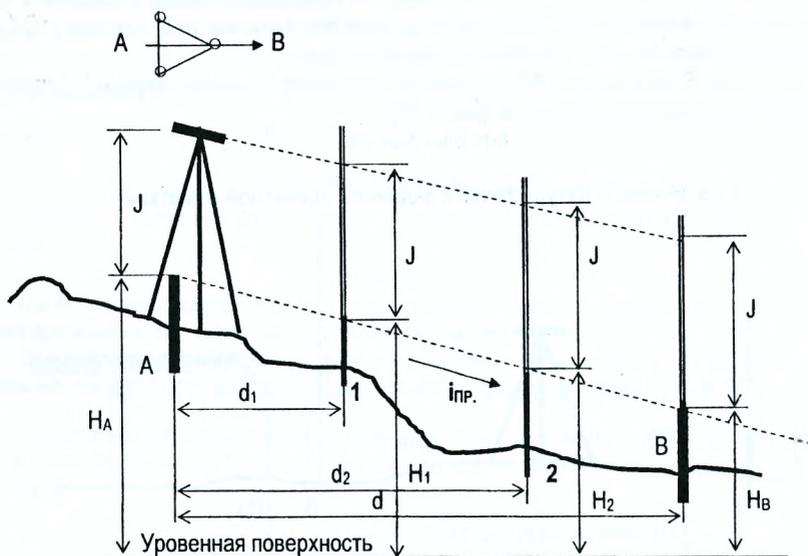


Рис. 3.12. Построение линии с заданным уклоном при помощи нивелира

Точка В с отметкой  $H_B$  выносится в натуру способом, рассмотренным выше (пункт 3.2.4). Промежуточные точки 1,2,3.....4 закрепляются при помощи наклонного луча нивелира, теодолита или визирок.

При построении линии заданного уклона нивелиром его устанавливают над точкой А так, чтобы один из подъёмных винтов располагался по направлению АВ, а два других были перпендикулярны ей (рис. 3.12). Измеряют высоту инструмента  $J$ . Выставив от ближайшего репера конечную точку В на проектную отметку  $H_B$  ( $H_B = H_A + i_{пр} \cdot d$ ), наклоняют зрительную трубу нивелира подъёмными винтами до тех пор, пока отсчёт по рейке на точке В не станет равным высоте инструмента  $J$ . При этом положении зрительной трубы рейку перемещают и попеременно устанавливают её на промежуточные точки 1,2,3.....4 между А и В таким образом, чтобы отсчёты по ним были те же, что и на А и В. Пятка рейки при этом будет фиксировать на местности линию с заданным уклоном.

При построении линии заданного уклона при помощи теодолита прибор устанавливают в рабочее положение при КЛ в точке А, измеряют высоту теодолита  $J$ . По заданному уклону  $i_{пр}$  определяют угол наклона  $v$  линии АВ.

$$i_{пр} = \operatorname{tg} v \quad \text{или} \quad v = \operatorname{arctg} i_{пр}$$

Подсчитывают отсчёт по вертикальному кругу теодолита при «круге лево».

$$КЛ = v + MO,$$

где  $MO$  - место нуля вертикального круга. Отсчёт устанавливают по вертикальному кругу теодолита. Ставят рейку в точке В на кол, который постепенно забивают так, чтобы отсчёт по рейке был равен высоте  $J$  теодолита. В характерных точках рельефа 1,2,3..... забивают колышки, чтобы отсчёты по рейке, поставленной на них, везде были равны высоте  $J$  теодолита (рис. 3.13).

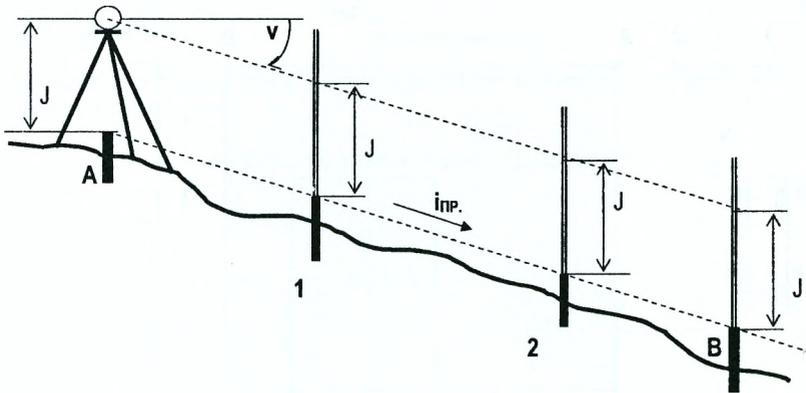


Рис. 3.13. Построение линии с заданным уклоном  $i_{пр}$  при помощи теодолита

Для разбивки промежуточных точек при помощи трех визирок поступают так, как изображено на рис. 3.14. В точках А и В устанавливают отвесно две визирки. Затем третья визирка последовательно устанавливается на колышки в точках С и Д, которые забивают так, чтобы верхняя грань визирок была на прямой АВ.

Примечание: **визирки** – столбики с планкой, прибитой горизонтально. Устанавливаемые в начале и конце хода – **опорные**, между опорными – **ходовые**.

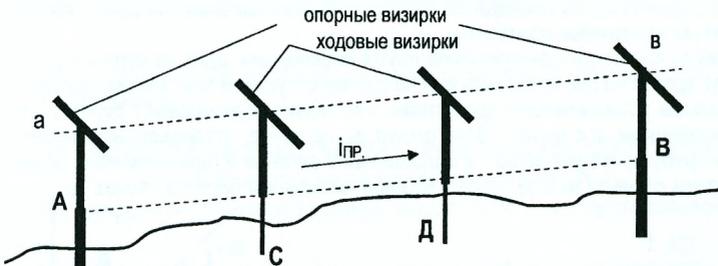


Рис. 3.14. Разбивка промежуточных точек при помощи визирок

### 3.2.7. Построение плоскости заданного уклона

Для построения плоскости ABCD с заданным уклоном (рис. 3.15) поступают следующим образом:

- строят точки А, В, С, Д на местности по их проектным отметкам;

$$H_B = H_A + i_{пр} \cdot d_1; \quad H_C = H_B + i_{поп} \cdot d_2; \quad H_D = H_A + i_{поп} \cdot d_2; \quad (3.14)$$

где  $i_{пр}$  и  $i_{поп}$  – уклоны соответственно продольный и поперечный.

- устанавливают нивелир над точкой А и измеряют его высоту J с помощью нивелирной рейки;

- нивелир устанавливают так, чтобы его два подъемных винта располагались параллельно линии АВ, а третий - перпендикулярно АВ;

- действуя тремя подъемными винтами, добиваются такого положения, когда отсчеты по рейкам, установленным в точках А, В, С, Д, будут одинаковыми. Следовательно, наклонная плоскость, проходящая через визирную ось трубы, будет параллельна заданной плоскости ABCD.

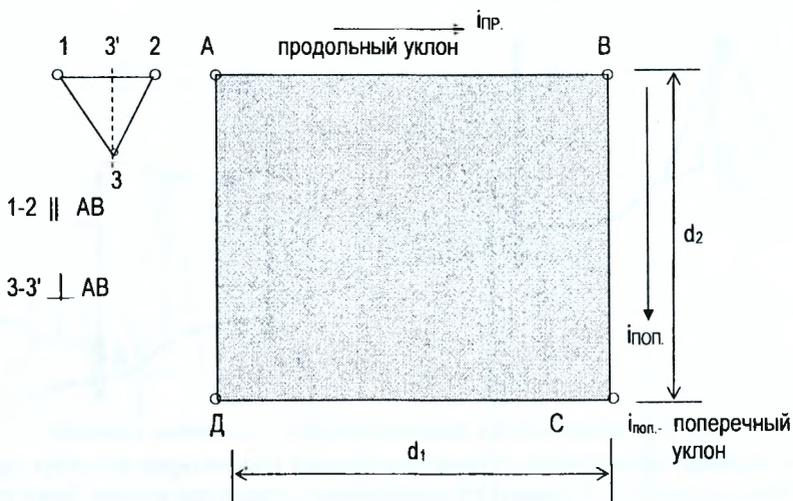


Рис. 3.15. Построение плоскости заданного наклона

Перемещая рейку в пределах А,В,С,Д и по линиям, закрепляют точки через определённый интервал так, чтобы отсчеты по рейке, устанавливаемой на этих точках, были соответственно равны отсчетам в точках А,В,С,Д.

### 3.2.8. Передача отметок на дно котлована и на монтажные горизонты

В практике строительства приходится передавать отметки вниз на дно глубокого котлована и вверх на монтажные горизонты.

Наблюдения лучше вести одновременно двумя нивелирами, один из которых установлен на поверхности, другой на дне котлована или на соответствующем монтажном горизонте.

Над котлованом устанавливают кронштейн, к которому подвешивают рулетку с миллиметровыми делениями и с грузом. Взяв отсчет  $a_1$ , по рейке, установленной на репере А, поворачивают трубу по направлению к подвешенной рулетке и одновременно обоими нивелирами делают отсчеты  $b_1$  и  $a_2$ . Далее вторым нивелиром берётся отсчёт  $b_2$ .

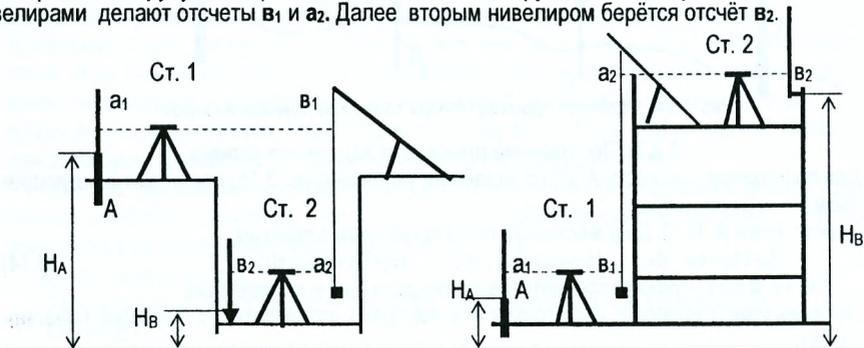


Рис. 3.16. Передача отметок на дно глубокого котлована и монтажный горизонт

Отметка точки В вычисляется по формуле

$$H_B = H_A + a_1 - (b_1 - a_2) - b_2 \quad (3.15)$$

Для того, чтобы отметка  $H_B$  была равной проектной, отсчет по рейке, установленной в точке В, должен быть

$$v_2 = H_A + a_1 - (b_1 - a_2) - H_B \quad (3.16)$$

Вычислив отсчет, временный знак перемещают по вертикали до тех пор, пока по рейке не получится отсчет, равный  $v_2$ .

### 3.2.9. Определение высоты сооружения

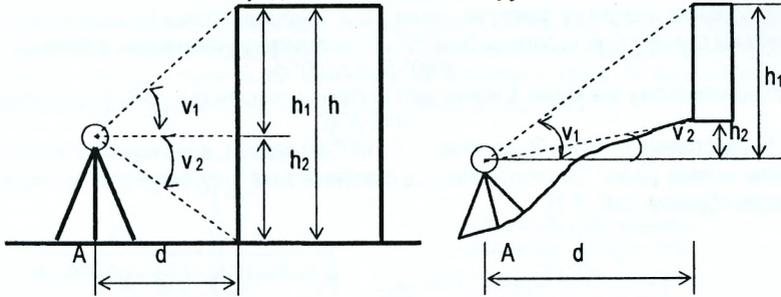


Рис. 3.17. Определение высоты сооружения

Для определения высоты сооружения в точке А, расположенной не ближе 1/3 высоты сооружения, устанавливают теодолит и измеряют при двух положениях круга вертикальные углы  $v_1$  и  $v_2$ , визируя на верхнюю и нижнюю точки сооружения, измеряют горизонтальное расстояние  $AB=d$ . Высоту сооружения определяют по формуле:

$$h = h_1 + h_2 = d \operatorname{tg} v_1 - d \operatorname{tg} v_2 \quad (3.17)$$

или

$$h = d (\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2). \quad (3.18)$$

Если линия местности АВ наклонна, то нужно измерить ее наклон и вычислить горизонтальное проложение d.

## 4. РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СООРУЖЕНИЙ

### 4.1. Вынос осей на монтажные горизонты

В практике применяют следующие методы выноса осей с исходного горизонта на монтажный.

1. При наличии знака  $O_1$  (рис. 4.1) и осевой риски  $O_2$  теодолит устанавливают над точкой  $O_1$  (центрируют и по уровню приводят в рабочее положение).

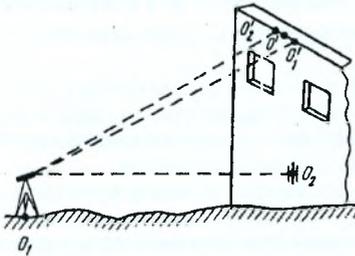


Рис. 4.1. Схема выноса оси на монтажный горизонт от створного знака  $O_1$  и осевой риски на цоколе  $O_2$

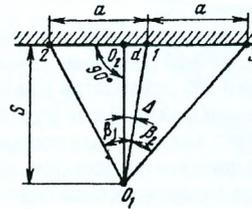


Рис. 4.2. Схема восстановления оси от створного осевого знака

Далее визируют ось зрительной трубы, наводят на осевую точку  $O_2$  и проецируют ее в точку  $O'_2$ , переводят трубу через зенит и уже при другом положении круга фиксируют точку  $O'_2$ . За окончательное положение принимают точку  $O_2'$ , которая находится посередине между точками  $O'_1$  и  $O'_2$ .

2. В случае, когда на цоколе здания риски нет, то поступают следующим образом. На стенке отмечают точку 1 (рис. 4.2), расположенную примерно в створе оси  $O_1O_2$  от этой точки откладывают равные отрезки  $a_1$ , фиксируют точки 2 и 3. Измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . В идеальном случае эти углы должны быть  $90^\circ$ . В противном случае находят уклонения  $\Delta = 90^\circ - \beta_1$  и  $\Delta = 90^\circ - \beta_2$

По абсолютному значению  $\Delta$  вычисляя величину смещения  $d$  точки 1 по формуле:

$$d = S \cdot \Delta' / \rho', \quad (4.1)$$

где  $S$  - расстояние от точки  $O_1$  до точки 1;  $\rho' = (180^\circ / \pi)$  - радиан, выраженный в минутах.

Если осевая риска  $O_1$  сохранилась, а створный знак отсутствует, то поступают следующим образом (рис. 4.3).

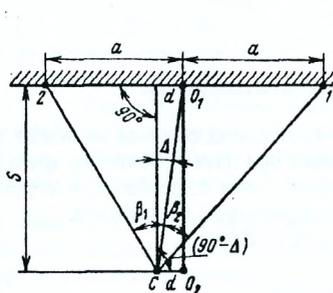


Рис. 4.3. Схема выноса оси от осевой риски на цоколе

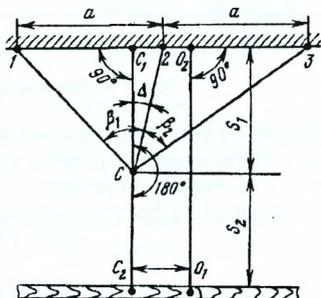


Рис. 4.4. Схема восстановления оси от осевой риски на обноске

Теодолит устанавливают в произвольной точке  $C$ , расположенной примерно перпендикулярно к стене и в створе оси  $O_1O_2$ . Как и в предыдущем случае определяют точки 1 и 3. Измеряют углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , вычисляют по формуле (4.1) смещение теодолита.

4. При отсутствии створного знака и риски на стене, но сохраняются лишь риски на обноске (точке  $O_1$ , рис. 4.4). То поступают так: между обносочной и стеной устанавливают теодолит приблизительно в створе оси  $O_1O_2$ . На стене намечают точку 2, от которой откладывают равные отрезки вправо и влево, измеряют углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  и вычисляют значение угла  $\Delta$ . Теодолитом строят этот угол от направления  $C_2$  влево или вправо в зависимости от значения  $\Delta$ .

5. В случае, когда створный знак, риска на стене и обноске не сохранились, то по размерам разбивочного чертежа положение точки определяют с помощью рулетки, измеряя расстояние от точек здания. По результатам измерений определяют среднее положение искомой точки, которую отмечают риской. Далее восстанавливают ось третьим способом.

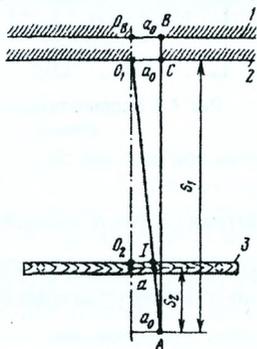
6. При отсутствии створных осевых знаков оси выносят с помощью теодолита от осевых рисок на цоколе и обноске (рис. 4.5, 4.6).

При выносе теодолит устанавливают за обносочной примерно перпендикулярно к цоколю сооружения. Здесь возникают два случая выноса (рис. 4.5 и 4.6). В первом случае в произвольно выбранной точке  $A$  вблизи створа  $O_1O_2$  устанавливают теодолит и определяют расстояние  $S_1$  и  $S_2$  от теодолита до точек  $O_1$  и  $O_2$  с точностью  $\pm 5$  см;

Визирную ось зрительной трубы наводят на точку (риск)  $O_1$  (рис. 4.5), которая находится на цоколе здания, и поворотом трубы проецируют ее на обноску, положение визирной оси отмечают рискной 1. Для исключения влияния коллимационной погрешности эту операцию выполняют при двух положениях вертикального круга. За окончательную метку принимают среднее значение из двух наблюдений. Далее рулеткой по обноске измеряют расстояние  $a$  (отрезок  $O_2 1$ ) с точностью  $\pm 1$  мм и вычисляют смещение  $a_0$  точки A по формуле:

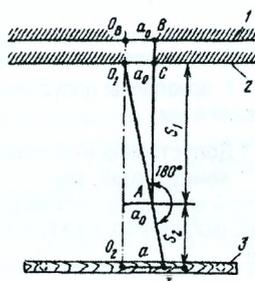
$$a_0 = a \cdot S_1 / (S_1 - S_2) \quad (4.2)$$

Затем, отложив от точки  $O_1$  отрезок  $a_0$ , помечают точку C, на которую наводят визирную ось трубы и поворотом трубы в вертикальной плоскости отмечают на монтажном горизонте точку B. Последнюю операцию также выполняют при двух положениях круга. От средней метки B откладывают отрезок  $a_0$  и окончательно закрепляют вынесенную точку  $O_B$ .



1-верхний ярус; 2-цоколь; 3-обноска

Рис. 4.5. Схема выноса оси при установке теодолита за обноской



1-верхний ярус; 2-цоколь; 3-обноска

Рис. 4.6. Схема выноса оси при установке теодолита между обноской и цоколем

Во втором случае (рис. 4.6) теодолит устанавливают над точкой A, расположенной между обноской и цоколем и измеряют расстояние  $S_1$  и  $S_2$  соответственно от точки A до цоколя и обратно. Визирную ось зрительной трубы наводят на точку  $O_1$  и, повернув трубу через зенит, фиксируют положение визирной оси на обноске (точка 1). Такую операцию делают при двух положениях вертикального круга. Зафиксировав средние положение точки 1, измеряют отрезок  $a$  по обноске и вычисляют смещение  $a_0$  точки A относительно оси  $O_1 O_2$  по формуле:

$$a_0 = a \cdot S_1 / (S_1 + S_2) \quad (4.3)$$

Дальнейшее действие выполняют так же, как в первом случае.

## 4.2. Установка колонн в вертикальное положение

При установке колонн каждая колонна монтируется независимо. Если колонна прямоугольного сечения, то внизу колонны и сверху наносят вертикальные риски (установочные риски). Разметку рисков можно выполнить при помощи рулетки или металлического метра. Колонны устанавливают на заранее установленные стаканы по осевым рискам. Вначале их устанавливают по отвесу или рейке с уровнем. Точную установку выполняют двумя теодолитами (рис. 4.7). Теодолит устанавливают на расстоянии от колонны примерно равном ее высоте. Визирную ось наводят сначала на нижнюю риску и поворотом трубы в вертикальной плоскости проецируют ее вверх. При несовпадении верхней и нижней рисков, колонну по команде наблюдателя наклоняют до совмещения риски с вертикальной нитью зрительной трубы. Положение колонны проверяют при двух положениях вертикального круга.

После установки всех колонн выполняют исполнительную съемку, т.е. определяют фактические расстояния между осями. Все данные наносят на исполнительный чертёж (рис. 4.8).

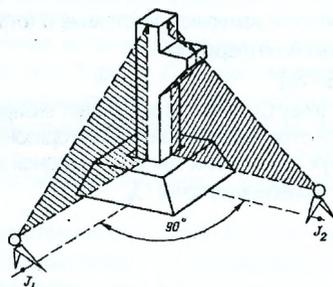


Рис. 4.7. Схема установки колонн в вертикальное положение

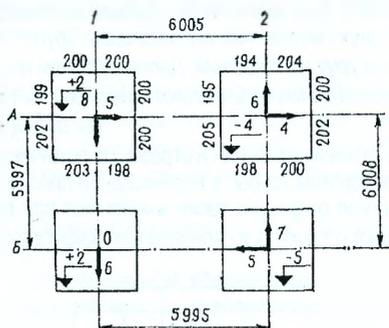


Рис. 4.8. Исполнительный чертёж колонн

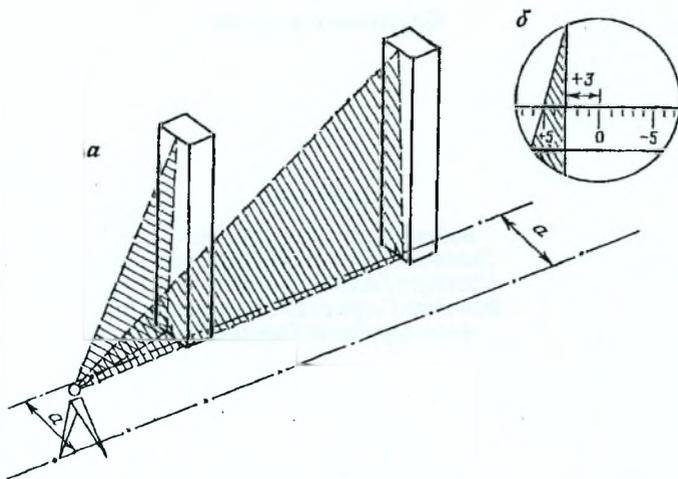
В таблице 4.1. приведены допустимые отклонения при монтаже сборных железобетонных конструкций в мм.

Таблица 4.1 Допустимые отклонения при монтаже сборных железобетонных конструкций, мм.

Смещение осей или граней панелей стен и объемных блоков в нижнем сечении относительно разбивочных осей или геометрических осей ниже установленных конструкций	5
Отклонение осей колонны одноэтажных зданий при высоте $H$ , м: до 10 ..... свыше 10 .....	10 0,001H, но не более 35 мм
Смещение осей колонн многоэтажных зданий и сооружений в верхнем сечении относительно разбивочных осей для колонн высотой $H$ , м: до 4,5 ..... свыше 4,5 .....	10 15
Смещение осей ригелей, прогонов, балок, ферм по нижнему поясу относительно геометрических осей опорных конструкций.....	5
Отклонение между осями балок, ферм перекрытий в уровне верхних поясов.....	20
Отклонение плоскостей стеновых панелей в верхнем сечении от вертикали (на высоту этажа или яруса).....	5
Разность отметок верха опорных площадок смежных колонн и верха панелей стен...	10
Разность отметок опорных площадок, а также верха стеновых панелей каждого яруса или этажа в пределах выверенного участка при контактной установке ( $n$ – порядковый номер яруса)... при установке по маякам.....	12+2n10
Разность отметок лицевых поверхностей двух смежных плит перекрытий в стыке...	5
Смещение в плане плит покрытий или перекрытий вдоль опорных сторон плит относительно их проектного положения на опорных поверхностях.....	20

Отклонение отметок опорных площадок консолей колонн определяют по результатам геометрического нивелирования горизонтальных монтажных рисков, а в случае их отсутствия колонны нивелируют с помощью Г-образных нивелирных реек.

Для определения наклона колонн разбивают вспомогательную ось, параллельную оси колонн. Для этого от оси откладывают по перпендикуляру отрезки  $a$  - в начале и в конце оси (рис 4.9).



**Рис. 4.9. Схема определения наклона колонн**

От оси методом бокового нивелирования определяют величины отклонения от вертикальной плоскости верхних и нижних монтажных рисок. При боковом нивелировании необходимо решать задачу удерживания рейки в верхней части колонны.

Для упрощения крен (наклон) колонн определяют путем проектирования верхней риски вниз (рис 4.9 а). Для этого используют линейку, оцифрованную в обе стороны от нуля. Ноль совмещают с нижней риской колонны, линейную величину наклона отсчитывают непосредственно по линейке (рис 4.9 б).

### Литература

1. Асташенков Г.Г. Геодезические работы при эксплуатации крупного монтажного оборудования. – М.: Недра, 1986, с.151
2. Геодезические работы в строительстве (В.Н.Ганьшин, Б.И. Коськов и др.)- М.: Стройиздат, 1984, с.447
3. Геодезические работы в строительстве. ТКП 45-1.03-26-2006 (02250). Правила проведения Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2006.
4. Жуков Б.Н. Руководство по геодезическому контролю сооружений и оборудования промышленных предприятий.- Новосибирск; СГГА, 2004. - с.376
5. Жуков Б.Н. Геодезический контроль сооружения и образования промышленных предприятий.- Новосибирск; СГГА, 2003, с.356
6. Зеленский А.М., Фолитар Г.В. Инженерная геодезия (курс лекций).- Брест: БрГТУ, 2006. - с.147
7. Зеленский А.М., Фолитар Г.В. Инженерная геодезия (курс лекций).- Брест: БрГТУ, 2007. - с.184
8. Зеленский А.М., Нуйкина Ю.В., Фолитар Г.В. Инженерная геодезия в автомобильном строительстве (курс лекций).- Брест: БрГТУ, 2007. - с.148
9. Инструкция по нивелированию.- М.: Недра 1990.
10. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ.- М.: Недра, 1981. - с.483
11. Нестерёнок М.Е., Нестерёнок В.Ф., Поздняк А.Е. Геодезия.- Минск: Университетское, 2001. - с.312
12. Лысов Г.Ф. Геодезические работы на строительной площадке: Справочное пособие.- М.:Недра, 1988. - с.96.

Справочное издание

Составители:

*Водчиц Николай Николаевич  
Зеленский Алексей Михайлович  
Образцов Леонид Владимирович  
Фолитар Георгий Владимирович  
Фолитар Роман Георгиевич*

**Геодезические работы на  
строительной площадке**  
*/справочное пособие/*

Ответственный за выпуск: **Фолитар Г.В.**

Редактор: **Строкач Т.В.**

Компьютерная верстка: **Боровикова Е.А.**

Корректор: **Никитчик Е.В.**

---

Подписано к печати 4.02.2008 г. Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 1,86.

Уч.-изд.л. 2,0. Формат 60x84 1/16. Тираж 100 экз. Заказ № 138.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.