

Введение

Геодезия (от греч. *землеразделение*) – наука об измерениях на земной поверхности, проводимых для определения формы и размеров Земли, изображения земной поверхности в виде планов, карт и профилей; создания различных инженерных сооружений. По измерениям земной поверхности получают планы и карты, а по планам и картам составляется генеральный план и разбивочный чертёж.

Задачи геодезии решаются на основе измерений, при помощи геодезических приборов (теодолит, нивелир, мерная лента, лазерные рулетки, тахеометр...) и математической обработки результатов измерений. Решение современных задач связаны с обеспечением и улучшением строительства зданий и сооружений, дорог, линий связи, линий электропередач.

Значение геодезии в строительстве.

1. На основе генерального плана составляется разбивочный чертёж;
2. Геодезические задачи являются составной частью строительно-монтажных работ;
3. Геодезические планы и чертежи являются исходным материалом для проектирования;
4. На всех стадиях строительных работ производятся геодезические работы;
5. В процессе эксплуатации производятся наблюдения за осадкой зданий и сооружений.

В процессе своего развития геодезия разделилась на несколько самостоятельных научных дисциплин:

1. *Высшую геодезию*, которая изучает вид и размеры земли, а так же методы определения геодезических координат отдельных точек земной поверхности. Создаёт государственную геодезическую основу.
2. *Космическую геодезию*, изучающую геометрическое соотношение между точками земной поверхности с помощью искусственных спутников Земли.
3. *Топография*. Рассматривает способы изучения земной поверхности для изображения её сравнительно не больших участков на планах и картах.
4. *Инженерная геодезия*. Решает геодезические задачи, связанные со строительством гражданских и инженерных сооружений.

Понятие о форме и размерах Земли.

- *Физическая поверхность земли*, состоящая из суши и водной поверхности, имеет сложную форму. Суша представляет собой сочетание низменностей возвышенностей, высоты которых над уровнем моря достигают 8...9 км. 29% - твёрдая оболочка Земли (суша), 71% - покрыто водой.

Физическая поверхность Земли не совпадает с поверхностью ни с одной математической фигуры и представляет собой неправильную форму, которая называется *геоидом* (землеподобным).

- За *математическую поверхность* Земли принимают *уровенную поверхность*, которая представляет собой поверхность воды океанов в её спокойном состоянии, мысленно продолженную под материи.

Поверхность воды под действием силы тяжести образует *уровенную поверхность*, перпендикулярную в каждой точке *отвесной линии*.

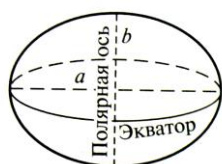
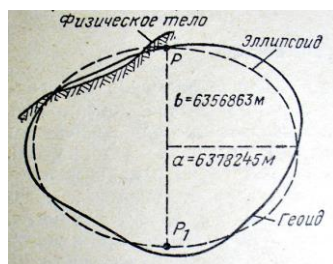


Рис. 1.1. Земной эллипсоид



Сначала Землю принимали за шар, но более точные измерения показали, что математическая форма земли – эллипсоид. Он вращается вокруг своей малой оси.

В 1946 году проф. Ф. Н. Красовский вычислил размеры земного эллипсоида: Большая полуось $a = 6\,378\,245$ м, малая

полуось $b = 6\,356\,863$ м и сжатие

$$\alpha = (a - b)/a = 1 : 298,3.$$

Полярное сжатие обозначается - полуось a/b

Такой эллипсоид называется *референц - эллипсоид Красовского*.

Его поверхность отклоняется от уровенной на величину не более 150 м.

РАЗДЕЛ 1. Топографические карты, планы и чертежи.

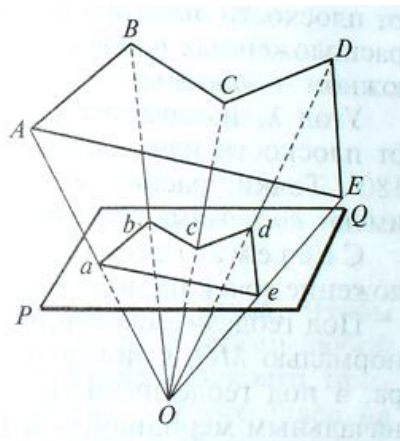
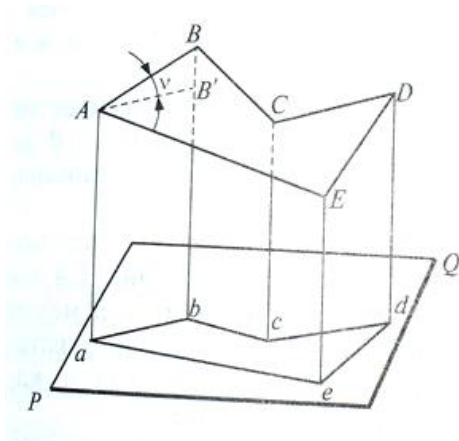
Тема 1.1 Масштабы топографических планов. Картографические условные знаки.

ИЗБРАЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПЛОСКОСТИ. ПЛАН И КАРТА.

Поверхность Земли изображается на плоскости в виде плана и карт.

При составлении плана, сферическую поверхность Земли проектируют на горизонтальную плоскость, и полученное изображение уменьшают до требуемого размера (в определённом масштабе).

В геодезии применяют метод ортогональной проекции.



Планом местности называется уменьшенное изображение участка земной поверхности, полученное на плоскости с учетом сохранением подобия фигур. Точки местности переносят на горизонтальную плоскость по отвесным линиям параллельно друг другу и перпендикулярно горизонтальной плоскости.

Картой называется уменьшенное изображение участка земной поверхности, полученное с учётом кривизны Земли.

Масштабный ряд топографических планов включает планы масштабов от 1:200 до 1:5000. В масштабный ряд топографических карт входят карты масштаба от 1:10000 до 1:1000 000. Карты более мелкого масштаба называются *географическими*.

Архитектурное проектирование и строительство объектов гражданского и промышленного характера проводятся, как правило, на планах, называемых *топографическими*.

В практике изыскательских, проектных и строительных работ часто используется еще один вид графического чертежа местности — *продольный профиль линии местности*.

Профилем местности называется уменьшенное изображение вертикального разреза Земной поверхности по заданному направлению.

МАСШТАБЫ

Масштабом называется отношение длины линии на плане (профиле) к соответствующей проекции этой линии на местности. Следовательно, масштаб представляет собой правильную дробь.

Виды масштабов:

1. Численный. (В числителе дроби всегда единица, а в знаменатель выражает степень уменьшения линии на местности по сравнению с планом или картой.) 1:500, 1:1000, 1:25000.
2. Линейный. Представляет собой шкалу с делениями, соответствующими данному числовому масштабу. Для построения линейного масштаба на прямой несколько раз откладывают один и тот же отрезок, называемый основанием масштаба.
3. Поперечный. Его используют для более точного построения плана или определения длин отрезков. (Обычно за основание такого масштаба принимают отрезок АВ=2 см)

Обычно считают, что 0,1 мм – наименьшее расстояние, различаемое непосредственно глазом человека. **Точностью масштаба** называют горизонтальное расстояние на местности, соответствующее в данном масштабе 0,1 мм плана.

Определить точность масштаба:

1:25000	1:500
1 см = 250 м	1 см = 5 м
1 мм = 25 м	1 мм = 0,5 м
0,1 мм = 2,5 м	0,1 мм = 0,05 м

Для более точных работ по карте в масштабе 1:500 применять линейный масштаб нельзя, а необходимо пользоваться поперечным масштабом, который даёт высокую точность.

Масштаб плана 1:500 в 1 см = 5 м, основание масштаба: 2 см = 10 м.

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ

Для обозначения на планах и картах различных объектов местности применяют специально разработанные **условные знаки**. Их очертания напоминают вид изображаемых элементов местности. Условные знаки для топографических планов и карт являются едиными для всей России.

Условные знаки принято делить на контурные (масштабные), внемасштабные и пояснительные.

Масштабными называют условные знаки, служащие для изображения объектов местности с соблюдением масштаба карты или плана. Они дают возможность определить не только местоположение предмета, но и его размеры (луг, лес, озеро болото).

Внемасштабными называют условные знаки, служащие для обозначения объектов, размеры которых не отображаются в данном масштабе карты или плана. Предметы, обозначаемые такими условными знаками, занимают на плане или карте больше места, чем это следовало бы по масштабу (камень, родники, фабрики и т.д.; линейные знаки – дороги, туннели, трамвайные пути и т.д.)

Пояснительными условными знаками восполняют недостатки масштабных и внемасштабных условных знаков. Пояснительными знаками отличают породу деревьев, леса в его контуре, направление и скорость течения рек (указывается стрелкой (→), в разрыве которой пишут скорость течения река в м/с). По видам и размерам шрифтов в подписях населённых пунктов можно узнать не только название, но и тип населённого

пункта, количество домов или жителей. По шрифтам так же можно определить характеристики рек (судоходная, не судоходная, сплавная).

Тема 1.2 Рельеф местности.

РЕЛЬЕФ МЕСТНОСТИ

Рельефом местности называется совокупность всех неровностей земной поверхности. Рельеф местности изображается различными способами: перспективным изображением, штриховкой, отмывкой, горизонталями.

Горизонталь – это кривая замкнутая линия на плане или карте, соединяющая точки с одинаковыми отметками. Горизонтали проводят при определённой высоте сечения рельефа.

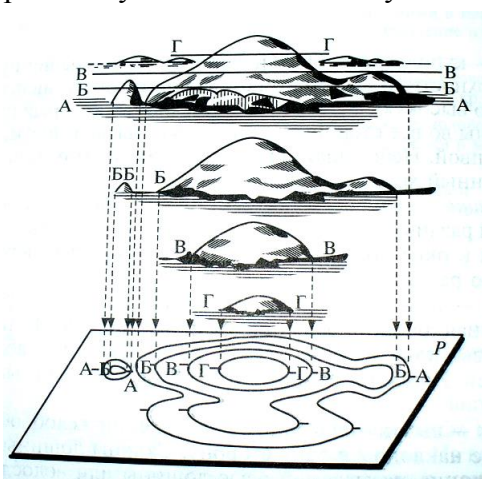
Высота сечения рельефа (h) (превышение) – это разность высот (отметок) двух соседних горизонталей (расстояние между горизонталями по высоте). Она всегда одинакова для каждой карты или плана.

Заложение (d) – это кратчайшее расстояние между горизонталями на плане или карте (расстояние между двумя смежными горизонталями на плоскости). Расстояния между горизонталями в плане характеризует крутизну ската – чем меньше расстояние (заложение), тем круче скат. Измеряется линейкой в соответствующем масштабе карты или плана.

Для большей наглядности направления понижения скатов показывается чёрточками – **бергштрихами**. Для указания высот горизонталей их отметки подписывают в разрывах горизонталей, располагая верх цифр по направлению верха ската. Для выразительности рельефа, как правило, пятая, а иногда десятая горизонтали утолщаются.

Часто для уточнения форм рельефа применяют дополнительные горизонтали, которые изображаются штрихпунктирными линиями и называются **полугоризонталями**. Их проводят, если расстояние между горизонталями на плане превышает 2 см.

В зависимости от характера рельефа местность подразделяют на горную, холмистую и равнинную. Выделяют следующие формы рельефа:



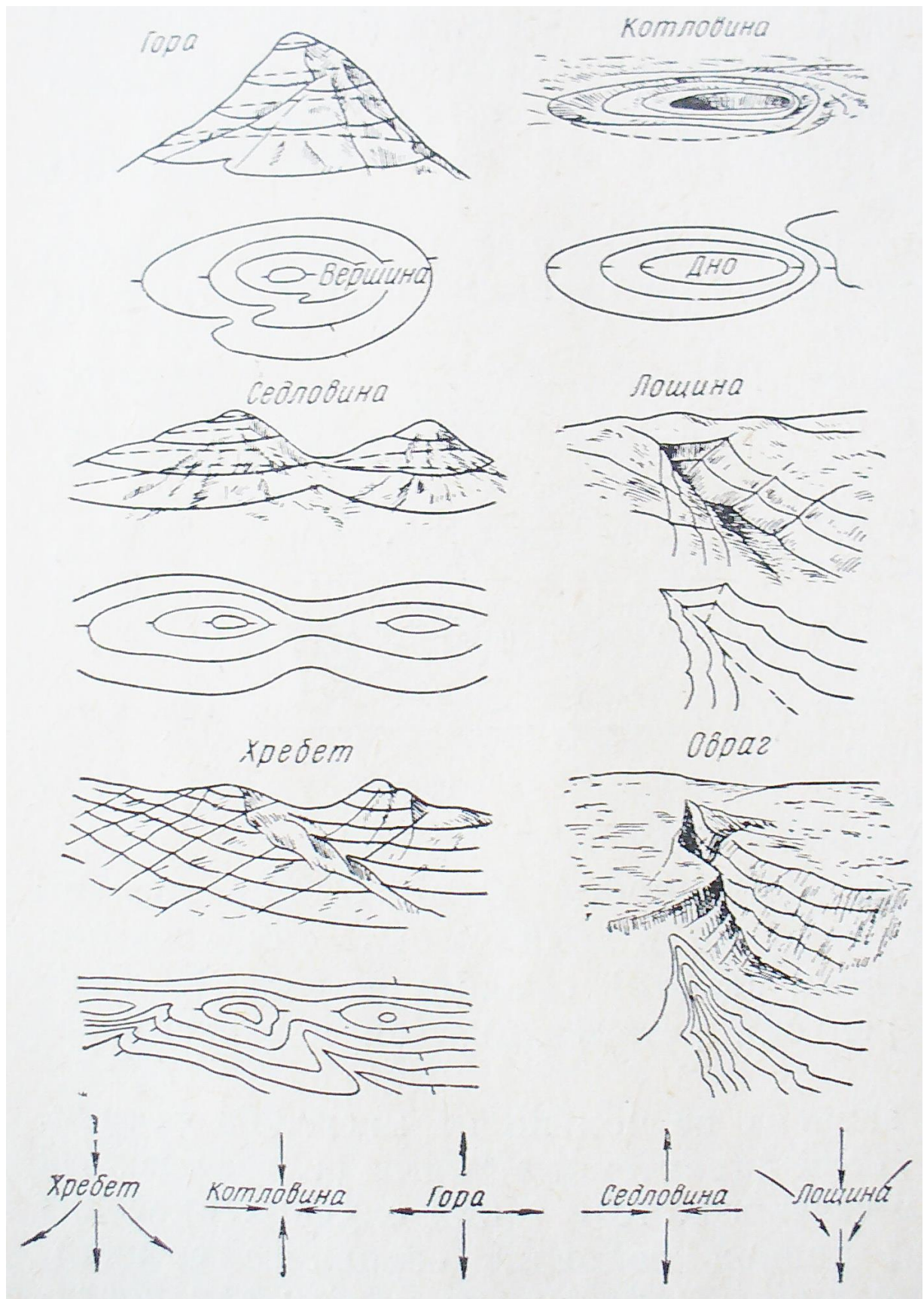
Гора – куполообразная или коническая возвышенность земной поверхности. В ней выделяют: *вершину*, представляющую собой самую высокую часть; *скаты* или *склоны*, которые расходятся от вершины во все стороны; основание возвышенности, называемое *подошвой*. Небольшая гора называется *холмом* или *сопкой*, а искусственный холм – *курганом*.

Котловина – чашеобразное замкнутое со всех сторон углубление. В ней различают: *дно* – самую низкую часть; *щеки* – боковые покатости и *окраину* – то место, где котловина переходит в окружающую равнину.

Хребет – возвышенность, вытянутая в одном направлении и образованная двумя противоположными скатами. Линия встречи скатов называется *осью хребта*, *водоразделом* или *водораздельной линией*. Наиболее низкие места водоразделов называются *перевалами*.

Лощина – вытянутое в одном направлении желобообразное углубление с наклоном в одну сторону. Склоны лощины пересекаются по линии, называемой *осью лощины* или *водосливной линией*. Широкая лощина с пологим дном называется *долиной*, а узкая с крутыми склонами – *балкой*; в горной местности узкая лощина называется *ущельем*.

Седловина – понижение между двумя соседними горными вершинами или возвышенностями.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТКИ ТОЧКИ

Высота точки, отсчитанная от уровня Балтийского моря, мысленно продолженного под территорией суши, до поверхности земли, на которой она находится (по кратчайшему расстоянию), называется абсолютной высотой точки. Числовое значение абсолютной высоты точки называется абсолютной отметкой точки.

1. Если точка лежит на горизонтали, то её отметка равна отметке этой же горизонтали.

$$H_A = 310\text{м.}$$

2. Если точка лежит строго между горизонталями, то её отметка равна

$$H_B = H_{\text{мл. гор.}} + 1/2h; \quad H_B = 309,5\text{м.}$$

3. Если точка находится ближе к старшей или младшей горизонталям, то её отметка будет равна

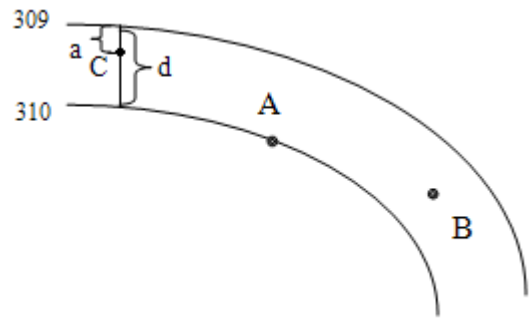
$$H_C = H_{\text{мл. гор.}} + h \cdot a/d$$

Где: $H_{\text{мл. гор.}}$ – отметка горизонтали с меньшим числовым значением;

h – это высота сечения рельефа (в данном примере $h = 1\text{м}$);

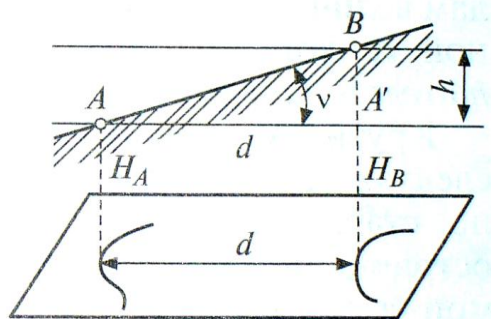
d – заложение – это кратчайшее расстояние между горизонталями на плане или карте (расстояние между двумя смежными горизонталями на плоскости);

a – это расстояние от младшей горизонтали до точка (измеряется линейкой на карте).



УКЛОН ЛИНИИ. ГРАФИК ЗАЛОЖЕНИЙ

Уклоном линии (i) – называют отношение превышения h к её заложению d . Уклон i является мерой кривизны ската.



Линия местности АВ, называемая *скатом*, наклону под углом к горизонту AA' . Тогда:

$$i = h/d = \text{tg } v$$

Уклон линии есть тангенс угла наклона её к горизонту.

Уклоны линий выражают в процентах (%) или промилле (‰).

ПРИМЕР. Если $h = 1\text{м}$ и $d = 20\text{м}$ по формуле $i = h/d$ получим $i = 1/20 = 0,05$. Полученный уклон соответственно будет $I = 5\% = 50\text{‰}$.

Из этой формулы следует, что при данной высоте сечения h кривизна ската тем больше, чем меньше заложение d .

Пусть имеются две точки А и В, горизонтальное расстояние между которыми равно d , а отметки их равны H_A и H_B . Тогда согласно формуле $i = h/d = \text{tg } v$ уклон линии АВ

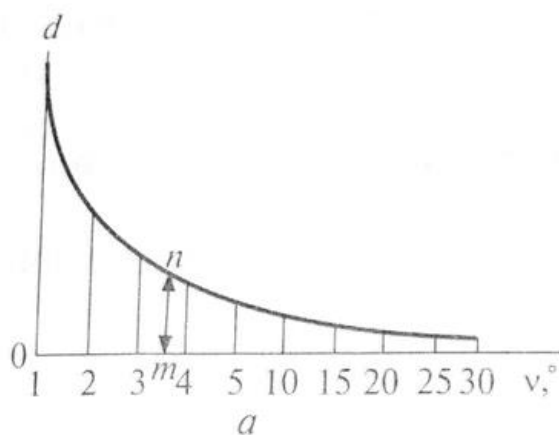
$$i_{AB} = (H_B - H_A)/d,$$

а уклон линии ВА

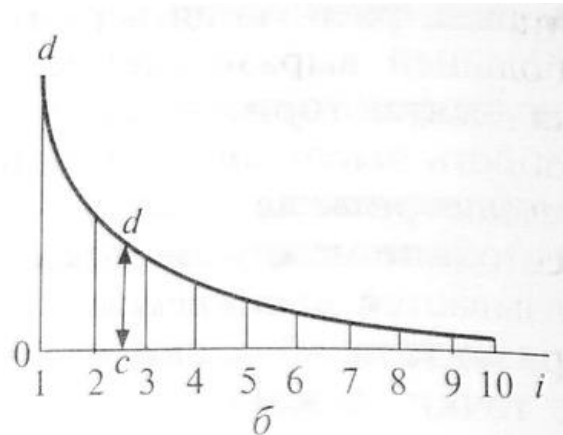
$$i_{BA} = (H_A - H_B)/d.$$

Абсолютные значения i_{AB} и i_{BA} равны, но противоположны по знаку.

Обычно кривизну ската и уклоны определяют графически. Для этого на планах строят графики заложений, где d определяется по формуле: $d = h/i$ или $d = h \cdot \text{ctg} \alpha$.



По углам наклона.

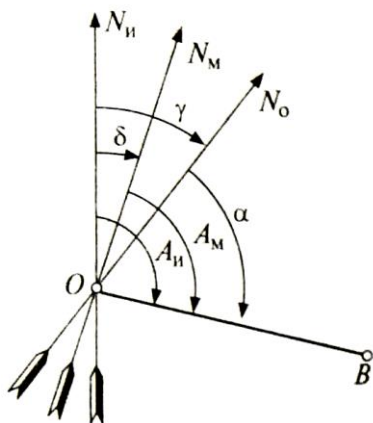


По уклонам.

Тема 1.3 Ориентирование направлений.

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ НА МЕСТНОСТИ

**Сближение меридианов. Склонение магнитной стрелки.
Азимуты. Дирекционные углы. Румбы.**



Ориентированием линии называется определение ее направления на местности относительно некоторого направления, принятого за начальное. За начальные принимают направления истинного $N_{И}$, магнитного $N_{М}$ меридианов и направление N_0 , параллельное осевому меридиану зоны или оси x : зональной системы прямоугольных координат.

Направление истинного меридиана в данной точке определяется с помощью астрономических наблюдений, магнитного — с помощью магнитной стрелки, которая под действием земного магнетизма устанавливается в направлении магнитного меридиана.

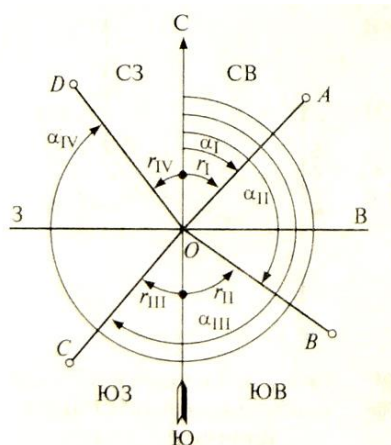
Угол γ , отсчитываемый от северного направления истинного меридиана $N_{И}$ до параллели осевому меридиану N_0 , называется *зональным сближением меридианов*. Если параллель осевого меридиана располагается восточнее истинного меридиана, то сближение называется восточным, и перед величиной γ ставят знак плюс. Если сближение меридианов западное, то величине γ приписывается знак минус.

Угол δ , отсчитываемый от северного направления истинного меридиана $N_{И}$ до магнитного меридиана $N_{М}$, называется *склонением магнитной стрелки*. Если магнитный меридиан располагается восточнее истинного меридиана, то склонение называется восточным, и перед величиной δ ставят знак плюс. Западному склонению приписывается знак минус.

Для ориентирования линий на местности служат азимуты, дирекционные углы и румбы.

Азимут линии называется угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии. Азимуты могут иметь значения от 0° до 360° . Азимут называют *истинным* $A_{и}$, если его измеряют от истинного меридиана $N_{и}$ и магнитным $A_{м}$, если его отсчитывают от магнитного меридиана $N_{м}$.

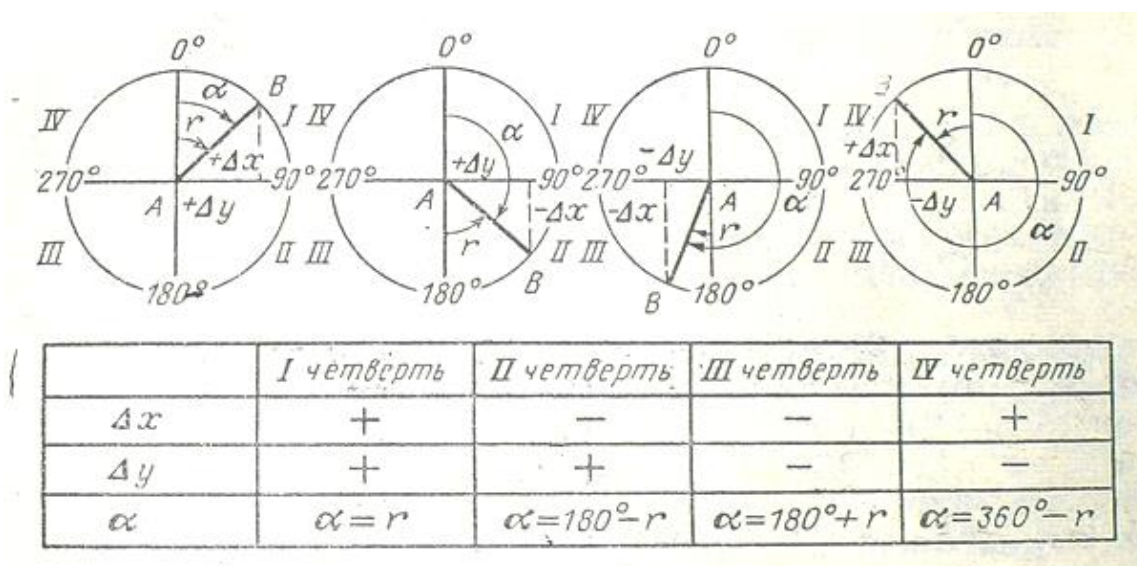
Дирекционный угол α называется горизонтальный угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления осевого меридиана зоны или от линии, ему параллельной, до ориентируемой линии. Дирекционные углы могут принимать значения от 0° до 360° .



Румбы. Румбом r называется горизонтальный угол (острый), отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления меридиана до ориентируемой линии.

Следовательно, румбы могут принимать значения только от 0° до 90° . Для того чтобы определить румбом направление данной линии относительно меридиана, необходимо кроме его числового значения указать название четверти, в которой эта линия находится. Румбы, как и азимуты, бывают истинные ($r_{и}$) и магнитные ($r_{м}$).

Зависимость между дирекционными углами и румбами



Ориентирование на местности с помощью карты

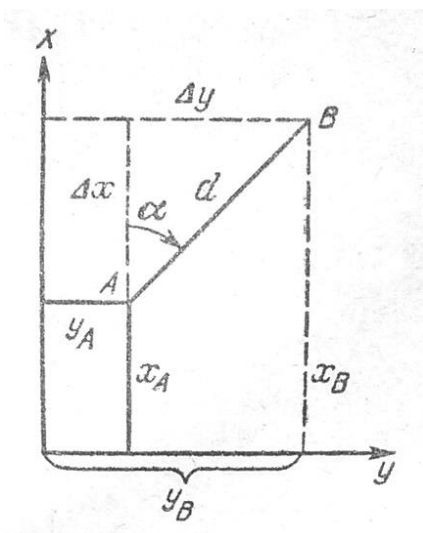
Ориентировать карту на местности — это значит расположить ее в горизонтальной плоскости таким образом, чтобы линии карты стали параллельны соответствующим линиям местности. Ориентировать карту можно по местным предметам, с помощью буссоли (по магнитному меридиану) и, в исключительных случаях, по истинному меридиану, направление которого должно быть определено предварительно. Для ориентирования карты по местным предметам необходимо вначале опознать на карте точку, в которой расположился наблюдатель. Затем наметить направление, имеющееся на местности, и повернуть карту так, чтобы эти направления совпали. Для этой цели обычно применяют визирную линейку. При ориентировании карты по магнитному меридиану необходимо учитывать соответственно магнитное склонение и сближение меридианов.

Если карта ориентирована правильно, то все точки местности должны находиться в направлениях, соответствующих точкам на карте.

Тема 1.4 Определение прямоугольных координат. Прямая и обратная геодезические задачи.

ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Прямая геодезическая задача



В прямой геодезической задаче рассматривается передача координат с одной точки на другую. Пусть AB — линия на местности, для которой известны: d — горизонтальное проложение, α — дирекционный угол, x_A, y_A — координаты точки A .

Требуется найти координаты второй точки x_B, y_B . Согласно рисунка

$$x_B - x_A = \Delta x; \quad y_B - y_A = \Delta y.$$

Разности Δx и Δy координат точек последующей и предыдущей называют *приращениями координат*. Из прямоугольного треугольника ABC имеем

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha; \quad \Delta y = d \cdot \sin \alpha$$

Знаки приращений Δx и Δy зависят от знаков $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$.

Приращение	Знаки приращений Δx и Δy для четверти, в которую направлена линия			
	I (СВ)	II (ЮВ)	III (ЮЗ)	IV (СЗ)
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-
	$r = \alpha$	$r = 180^\circ - \alpha$	$r = \alpha - 180^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$

С помощью румбов Δx и Δy можно вычислить по следующим формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos r; \quad \Delta y = d \cdot \sin r.$$

Тогда искомые координаты точки B будут равны

$$x_B = x_A + \Delta x; \quad y_B = y_A + \Delta y.$$

ПРИМЕР. Дано: $x_A = 20\,845$; $y_A = 32\,665$; $\alpha = 320^\circ 20'$; $d = 42,3$ м.

Прежде всего найдем румб по дирекционному углу четвертой четверти

$$r = 360^\circ - \alpha = 360^\circ - 320^\circ 20' = 39^\circ 40'$$

Вычислим для данного румба $\sin 39^\circ 40' = -0,63832$ и $\cos 39^\circ 40' = 0,76977$.

Далее произведем действия с числами

$$\Delta x = 42,3 \cos 39^\circ 40' = 42,3 \cdot 0,76977 = 32,56 \text{ м};$$

$$\Delta y = 42,3 \sin 39^\circ 40' = 42,3 \cdot (-0,63832) = -27,00 \text{ м}$$

По формулам $x_B = x_A + \Delta x$ и $y_B = y_A + \Delta y$ получим

$$x_B = 20\,845 + 32,56 = 20\,877,56; \quad y_B = 32\,665 + (-27,00) = 32\,638,00.$$

Обратная геодезическая задача

Под обратной геодезической задачей понимается определение по известным координатам двух точек A и B дирекционного угла α направления этой линии и расстояния между точками (горизонтального проложения) d .

Даны координаты x_A, y_A и x_B, y_B . Требуется определить дирекционный угол α и горизонтальное проложение d .

Решение задачи начинается с нахождения приращений координат

$$x_B - x_A = \Delta x; \quad y_B - y_A = \Delta y.$$

Отнеся данное решение к первой четверти (где $\alpha = r$ и Δx и Δy имеют знак +), получим, что обе разности координат будут иметь знаки плюс. Определение румба выполняется по формуле

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

Румб в градусной мере находят в таблице натуральных значений тригонометрических величин по значению тангенса или с помощью калькулятора, взяв $\arctg$ полученного числа. В первой четверти дирекционный угол будет равен румбу.

Горизонтальное проложение между точками A, B определяется по формулам

$$d = \Delta x / \cos r = \Delta y / \sin r.$$

ПРИМЕР. Дано: $x_A = 20\,845$; $y_A = 32\,665$; $x_B = 20\,795$; $y_B = 32\,625$.

Находим приращения координат

$$\Delta x = x_B - x_A = 20\,795 - 20\,845 = -50 \text{ м};$$

$$\Delta y = y_B - y_A = 32\,625 - 32\,665 = -40 \text{ м}.$$

По формуле $\text{tgr} = \Delta y / \Delta x$ получим $\text{tgr} = -40 / -50 = 0,80000$.

Из таблиц натуральных значений тригонометрических величин (или с помощью калькулятора, взяв $\arctg$ числа) находим румб $r = 38^\circ 39' 40''$.

Так как Δx и Δy получились в примере отрицательными, то линия AB направлена на ЮЗ, и формула для вычисления дирекционного угла в третьей четверти будет $\alpha = 180^\circ + r$. Тогда $\alpha = 180^\circ + 38^\circ 39' 40'' = 218^\circ 39' 40''$.

Горизонтальное проложение между точками A, B найдем по формуле

$$d = \Delta x / \cos r = \Delta y / \sin r \text{ дважды.}$$

Выбрав из таблиц по дирекционному углу III четверти ($218^\circ 39' 40''$) величины $\sin 38^\circ 39' 40'' = -0,62471$ и $\cos 38^\circ 39' 40'' = -0,78085$, окончательно получим

$$d = (-40) / (-0,62471) = 64,3 \text{ м}; \quad d' = (-50) / (-0,78085) = 64,3 \text{ м}.$$

РАЗДЕЛ 2. Геодезические измерения.

Тема 2.1 Сущность измерений.

В решении задач геодезии важнейшая роль отводится различного рода измерениям. Измерить величину – значит определить ее числовое значение в принятых единицах.

Геодезические измерения позволяют определить относительное расположение точек земной поверхности.

Геодезические измерения бывают:

1. Линейные, в результате которых получают наклонные и горизонтальные расстояния между заданными точками. Для этой цели применяют мерные ленты, рулетки, проволоки, оптические и лазерные дальномеры.
2. Угловые, определяющие величины горизонтальных и вертикальных углов. Для выполнения таких измерений применяют угломерные инструменты: теодолиты, буссоли, эклиметры.
3. Высотные, в результате которых, получают разности высот отдельных точек. Для производства этих измерений применяют нивелиры, тахеометры и т.д.

Полученные в процессе измерений данные заносят в специальные журналы.

При этом процесс измерений в большинстве случаев сопровождается составлением на местности схематических чертежей, которые называются абрисами.

Перечисленные выше виды измерений составляют содержание полевых геодезических работ.

Значительное место в геодезии занимают также камеральные работы, заключающиеся в математической обработке полученных результатов полевых измерений, а также в построении чертежа (плана, карты, профиля) с соблюдением установленных условных знаков.

При производстве геодезических измерений применяются меры длины, площади, веса, температуры, времени и т.д.

Единица меры – значение физической величины, принятой за основание сравнения для количественной оценки величин того же рода.

В стране с 1 января 1963 г. введен в действие ГОСТ 9867-61 «Международная система единиц» (сокращенно СИ). За единицу измерения углов принят градус, получаемый путем деления прямого угла на 90 равных частей. При этом $1^\circ = 60'$; $1' = 60''$. Единицей измерения длины является метр.

Измерением называется процесс сравнения некоторой физической величины с другой одноименной величиной, принятой за единицу измерения.

Измерения бывают непосредственные и косвенные.

Непосредственными называют такие измерения, когда определяемую величину получают в результате непосредственного сравнения с единицей измерения (пример, определение длины стола обычной линейкой).

Косвенными называют такие измерения, при которых определяемую величину получают, как функцию других непосредственно измеренных величин (например, длина окружности $S=2\pi r$, где измерен радиус данной окружности).

Всякое измерение производят при наличии следующих пяти факторов:

1. объект измерения;
2. субъект измерения - наблюдатель;
3. мерный прибор;
4. метод измерений – совокупность правил и действий при измерениях;
5. внешняя среда, в которой производят измерение.

В зависимости от условий измерения могут быть равноточными и неравноточными.

Если в процессе измерений соблюдаются все пять факторов, то такие измерения называют равноточными.

При неодинаковых условиях, т. е. когда не выполнено хотя бы одно из пяти требований (например, наблюдатели были разной квалификации), производимые измерения будут неравноточными.

Тема 2.2 Линейные измерения

Виды измерителей. Измерение линий на местности — самый распространенный вид геодезических измерений. Линии измеряют на горизонтальной, наклонной и вертикальной плоскостях. Их производят непосредственно — металлическими и деревянными метрами, рулетками, землемерными лентами и специальными проволоками, а также косвенно — электронными, нитяными и другими дальномерами.

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

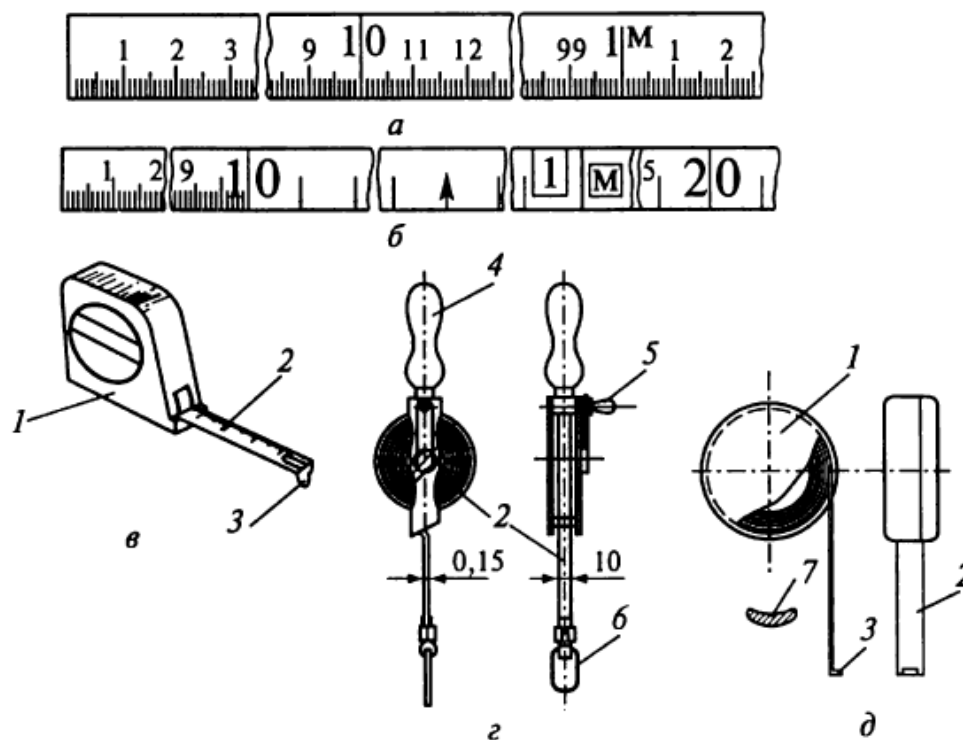


Рис. 6.1. Стальные рулетки:

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

Рулетки выпускают стальные (рис. 6.1) и тесемочные длиной 1, 2, 5, 10, 20, 30, 50 и 100 м, шириной 10... 12 мм, толщиной 0,15...0,30 мм. На полотне рулетки наносят штрихи — деления через 1 мм по всей длине или только на первом дециметре.

В последнем случае все остальное полотно размечают сантиметровыми штрихами. Цифры подписывают у каждого дециметрового деления.

Проволоками измеряют расстояния, равные длине между штрихами (24 м). Расстояния, не кратные 24 м, измеряют инварными рулетками. Стальные рулетки выпускают либо в футляре (см. рис. 6.1, в), либо с полотном, намотанным на крестовину (вилку) (см. рис. 6.1, г). Для измерений коротких отрезков металлические рулетки делают изогнутыми по ширине — желобковыми. Тесемочные рулетки состоят из плотного полотна с металлическими, обычно медными, прожилками. Полотно тесемочной рулетки покрыто краской и имеет деления через 1 см. Тесемочными рулетками пользуются, когда не требуется высокая точность измерений. Тесемочные рулетки свертывают в пластмассовый корпус.

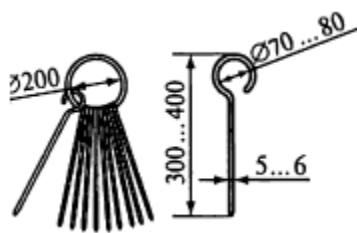


Рис.6.4. Шпильки.

В комплекты землемерных лент входят наборы (6... 11 шт.)

шпилек — металлических стержней с заостренными концами и кольцами ручками (рис. 6.4). Для переноски шпильки надевают на проволоочное кольцо.

Для транспортировки и хранения ленты наматывают на металлическое кольцо — **станок** (рис 6.2,б).

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

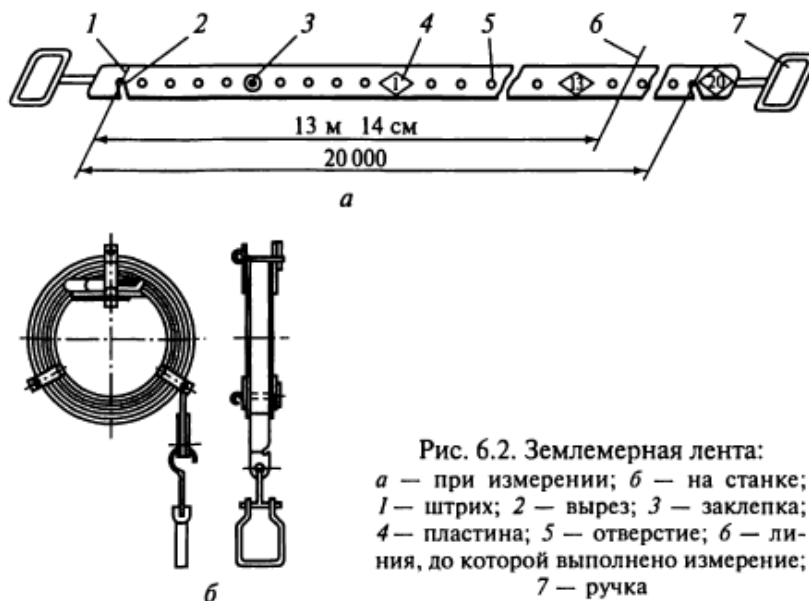


Рис. 6.2. Землемерная лента:
а — при измерении; б — на станке;
1 — штрих; 2 — вырез; 3 — заклепка;
4 — пластина; 5 — отверстие; 6 — линия, до которой выполнено измерение;
7 — ручка

Компарирование.

До начала работы мерные приборы сравнивают с эталонами — **компарировать**. За эталоны принимают отрезки линий на местности или в лаборатории, длины которых известны с высокой точностью. Длина L - мерного прибора ленты или рулетки определяется уравнением, которое в общем виде можно записать следующим образом:

$$L = L_0 + L_{\Delta k} + L_t$$

где L_0 - номинальная длина ленты при нормальной температуре (в Российской Федерации +20 °C); $L_{\Delta k}$ — поправка, обусловленная компарированием; L_t — поправка из-за температуры.

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

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

Чтобы избежать грубых погрешностей при измерении, линию измеряют вторично, при этом, за начало измерений принимают последнюю точку, называется такой тип измерений «прямо» и «обратно». За окончательное значение принимают среднее арифметическое от измерений «прямо» и «обратно». Измерения считают выполненными правильно, если расхождение результатов измерений «прямо» и «обратно» не превышают:

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

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

1:1000 — при неблагоприятных условиях измерений (например, болотистая, кочковатая заросшая местность, снег и т.п.).

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

Для приведения наклонно измеренного расстояния к горизонтальному в результат измерений вводят поправку из-за наклона линии к горизонту.

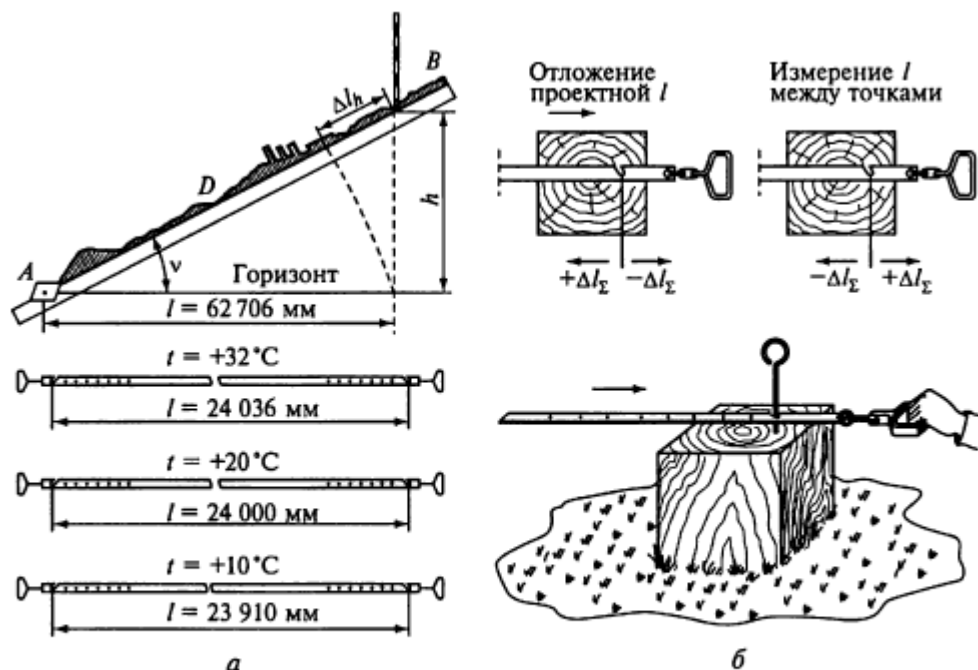


Рис. 6.7. Определение и учет поправок на горизонтальной плоскости: *а* — определение поправки из-за наклона линии; *б* — отложение длины с учетом знаков

Из рисунка ясно, что для получения проекции L измерений на местности линии длиной D необходимо знать угол v или превышение h точки B над горизонтальной линией. Из решения прямоугольного треугольника:

$$L = D \cos v.$$

Горизонтальные проложения обычно вычисляют по специальным таблицам или на ЭВМ. Если известно превышение h , то поправку вычисляют по формуле.

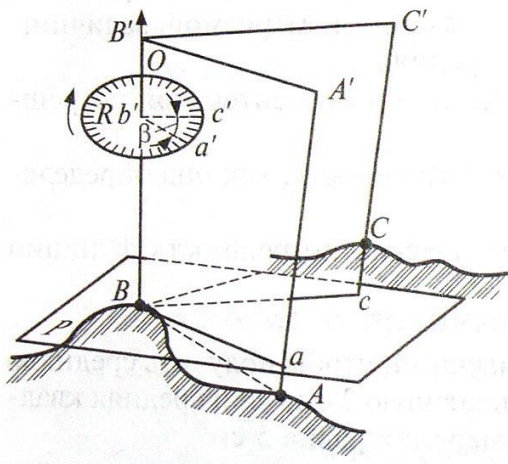
$$\Delta l_h = -\frac{h^2}{2l}.$$

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

Тема 2.3 Угловые измерения.

УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Принцип измерения горизонтального угла заключается в следующем. Пусть на местности имеются три точки A , B и C (см. рис), расположенные на разных высотах. Необходимо измерить горизонтальный угол при вершине B между направлениями BA и BC . Этот угол определяется проекцией abC угла ABC на горизонтальную плоскость P . Проекция abC служит мерой двугранного угла, образованного вертикальными плоскостями $AA'B'B$ и $CC'B'B$.



Расположим над вершиной измеряемого угла параллельно горизонтальной плоскости градуированный круг R , центр которого совместим с произвольной точкой отвесной линии BB' . Тогда угол β между радиусами $b'a'$ и $b'c'$ — сечениями круга вертикальными плоскостями $AA'B'B$ и $CC'B'B$ — выразит измеряемый горизонтальный угол. Если деления на круге подписаны по ходу часовой стрелки, a' и c' — отсчеты по градуированной окружности круга, тогда

$$\beta = a' - c'.$$

Рассмотренная геометрическая схема измерения горизонтального угла осуществляется в угломерном инструменте, называемом *теодолитом*.

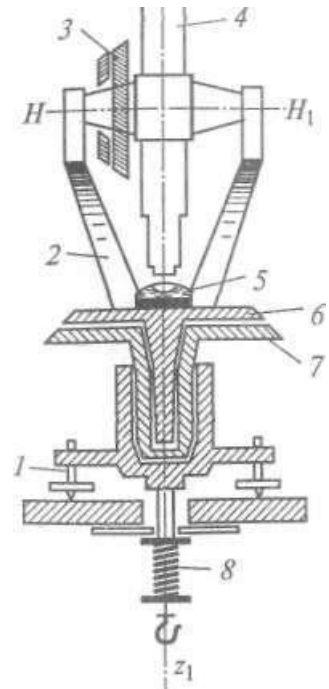
Теодолит — это геодезический прибор служащий для измерения горизонтальных и вертикальных углов, расстояний по дальномеру и определения направления магнитного меридиана по стрелке буссоли.

Теодолит имеет металлический или стеклянный круг, называемый лимбом 7, по скошенному краю которого нанесены деления от 0 до 360°. Счет делений идет по ходу часовой стрелки. Центр лимба устанавливается на отвесной линии, проходящей через вершину B измеряемого угла. На плоскость лимба проектируются стороны BA и BC измеряемого угла.

При измерении угла лимб неподвижен и горизонтален. Над лимбом помещена вращающаяся вокруг отвесной линии верхняя часть теодолита, содержащая алидаду 6 и зрительную трубу 4. При вращении зрительной трубы вокруг горизонтально устанавливаемой на подставках.

Схема устройства теодолита:

1 — подъемный винт; 2 — подставка; 3 — вертикальный круг; 4 — зрительная труба; 5 — цилиндрический уровень; 6 — алидада; 7 — лимб; 8 — становой винт



Основная ось теодолита устанавливается в отвесное положение (а плоскость лимба — в горизонтальное) по цилиндрическому уровню 5 с помощью трех подъемных винтов 1. Зрительная труба может быть повернута на 180° вокруг горизонтальной оси, т.е. переведена через зенит. На одном из концов оси вращения трубы укреплен вертикальный круг 3, который наглухо соединен с осью и вращается вместе с ней. Вертикальный круг принципиально устроен так же, как и горизонтальный; он служит для измерения вертикальных углов (углов наклона или зенитных расстояний¹). Вертикальный круг может располагаться справа или слева от зрительной трубы, если смотреть со стороны окуляра.

Первое положение называется «круг право» (КП), второе — «круг лево» (КЛ). В комплект теодолита входят буссоль, штатив и отвес. Буссоль служит для измерения магнитных азимутов и румбов. Штатив представляет собой треногу с металлической головкой. Теодолит крепится к головке штатива с помощью станowego винта 8. Отвес служит для центрирования инструмента над точкой, т. е. для установления центра лимба над вершиной измеряемого угла. Вращающиеся части теодолита снабжены зажимными видами для закрепления их в неподвижное состояние и микрометренными (наводящими) для медленного и плавного вращения.

Для измерения горизонтального угла при неподвижном лимбе вращением алидады последовательно наводят зрительную трубу на точки A и C местности (см. рис. 5.1). При этом коллимационная плоскость последовательно проходит через стороны BA и BC измеряемого

угла, т.е. совмещается с плоскостями $B'C'SB$ и $B'A'AB$.

В обоих случаях с помощью отсчетного приспособления производятся отсчеты по лимбу. Разность отсчетов дает значение измеряемого угла β .

Зрительная труба.

В современных геодезических инструментах применяют зрительные трубы с внутренней фокусировкой (рис. а). Оптическая схема такой трубы показана на рис. б. При производстве работ обычно визируют на предметы, значительно удаленные от инструмента.

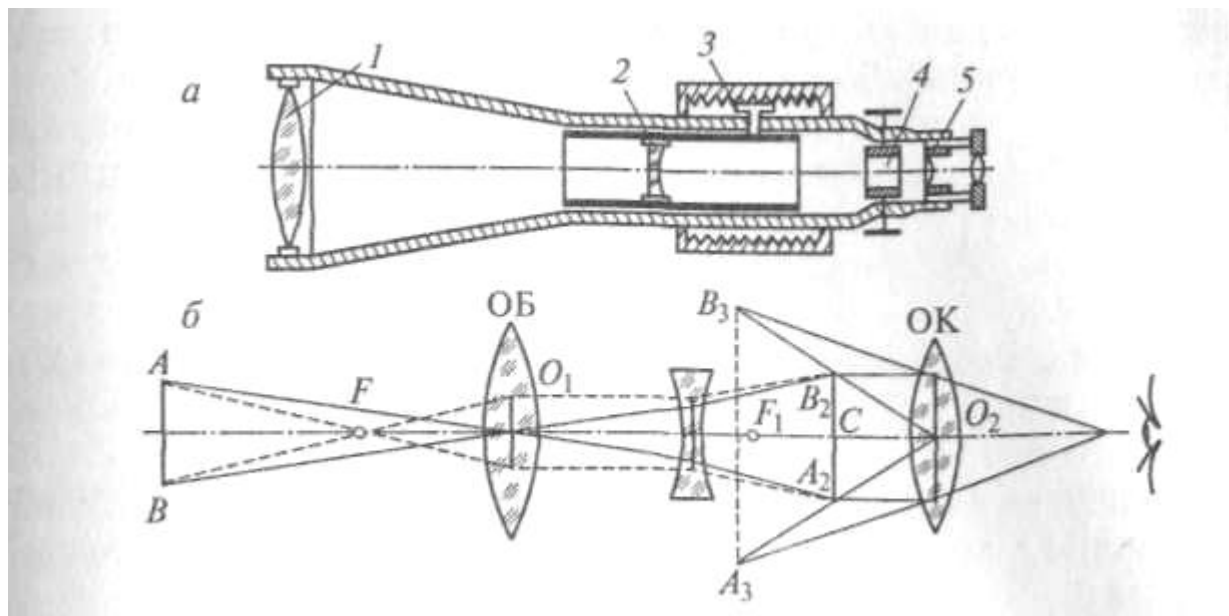


Рис. Зрительная труба:

а — разрез; б — оптическая схема; 1 — объектив; 2 — фокусирующая линза; 3 — кремальера; 4 — сетка нитей; 5 — окуляр

Между объективом и окуляром ставится двояковогнутая линза, перемещаемая внутри трубы с помощью кремальеры. Изменение положения этой линзы меняет положение фокуса объектива, поэтому она называется фокусирующей линзой.

В окулярной части зрительной трубы, в том месте, где получается действительное изображение предмета A_2B_2 , помещается диафрагма, в отверстие которой вставлена стеклянная пластинка с нанесенной на ней сеткой нитей. Различные системы сеток нитей, применяемых в современных геодезических инструментах.

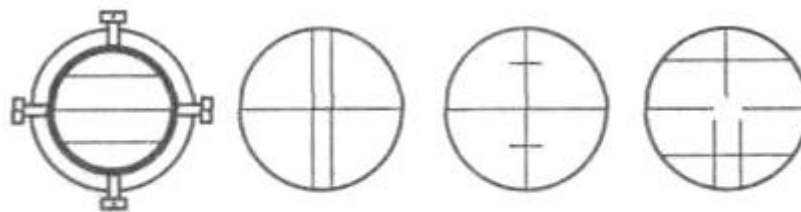
Зрительная труба имеет три оси: визирную, оптическую и геометрическую. Прямая, соединяющая оптический центр объектива с центром сетки нитей, называется визирной осью трубы. Прямая, соединяющая оптические центры объектива и окуляра, называется оптической осью трубы. Прямая, проходящая через центры поперечных сечений объективной части трубы, называется геометрической осью трубы.

Установка зрительной трубы для наблюдений. Перед наведением трубы на предмет окуляр должен быть установлен по глазу, а изображение предмета совмещено с плоскостью сетки нитей.

Для установки окуляра по глазу трубу наводят на светлый фон и передвигают окулярную трубочку до тех пор, пока нити сетки не станут резко очерченными.

Совмещение изображения предмета с плоскостью сетки нитей, т. е. фокусировку, производят перемещением фокусирующей линзы в трубе с помощью кремальеры; при этом добиваются такого положения, чтобы изображение предмета получилось резким.

Если изображение предмета не совпадает с плоскостью сетки нитей, то при перемещении глаза относительно окуляра точка пересечения нитей сетки будет проектироваться на разные точки изображения. Такое явление называется параллаксом. Параллакс сетки нитей устраняется небольшим поворотом кремальеры.



Виды сеток нитей

Уровни и их устройство

В геодезических инструментах применяются уровни двух типов: цилиндрические и круглые.

Цилиндрический уровень представляет собой стеклянную трубку, верхняя внутренняя поверхность которой отшлифована по дуге определенного радиуса. Радиус кривизны в зависимости от назначения уровня бывает от 3,5 до 200 м. Стеклянная трубка заполняется нагретым до 60°C спиртом или эфиром и запаивается. После охлаждения жидкость сжимается, и в трубке образуется небольшое пространство, заполненное парами спирта или эфира, которое называют пузырьком уровня. Трубка помещается в металлическую оправу. Для регулирования уровень снабжен исправительным винтом M . На наружной поверхности трубки нанесены штрихи. Расстояние между соседними штрихами равно 2 мм. Точка O в средней части ампулы называется нульпунктом уровня.

Прямая u_1 касательная к внутренней поверхности уровня в его нульпункте, называется осью уровня.

Пузырек уровня всегда стремится занять наивысшее положение, поэтому когда концы пузырька расположены симметрично относительно нульпункта, ось уровня занимает горизонтальное положение. Этим свойством пользуются для приведения отдельных частей инструмента в горизонтальное положение.

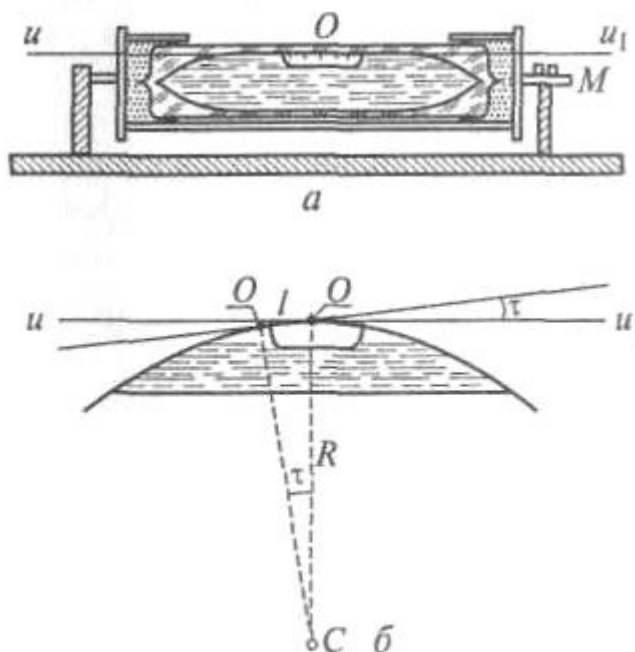


Рис . Цилиндрический уровень:

a — конструкция; b — определение цены деления

Уровни различают в зависимости от цены деления, чувствительности и конструкции.

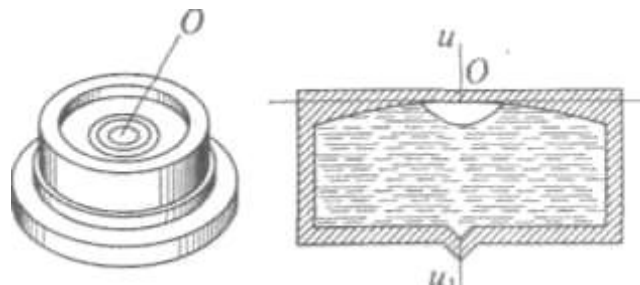


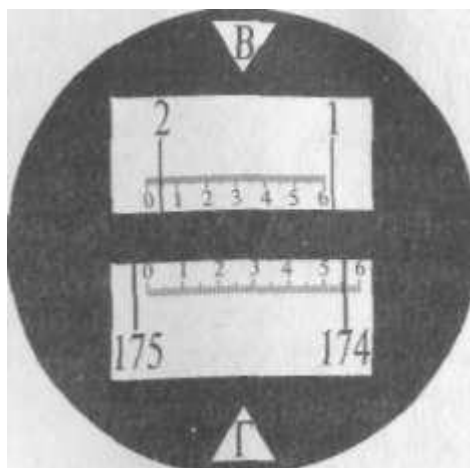
Рис. Круглый уровень:
уровень. а – конструкция; б — уровень
а — поле зрения уровня при в разрезе

Круглый уровень представляет собой стеклянную ампулу, помещенную в оправу, отшлифованную по внутренней сферической поверхности определенного радиуса. За нуль-пункт O круглого уровня принимают центр окружности, выгравированной в середине ампулы. Осью круглого уровня является нормаль u , проходящая через нульпункт O перпендикулярно плоскости, касательной внутренней поверхности уровня в его нульпункте. Круглый уровень имеет, как правило, небольшую чувствительность и применяется там, где не требуется большая точность, а также для предварительной установки инструмента.

В ряде современных геодезических приборов вместо уровней используются специальные компенсаторы, приводящие визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение автоматически. На это указывает в заводской марке таких приборов буква «К».

Устройство теодолита

Фокусировку трубы производят винтом-кремальерой 11. Резкость изображения сетки регулируют в соответствии со зрением наблюдателя вращением кольца окуляра 3. У наблюдателя должно быть зрение +5 диоптрий, в ином случае ему необходимо работать, не снимая очков. Зрительную трубу наводят, поворачивая ее в горизонтальной плоскости при отпущенном зажимном винте 15, который закрепляют при подведении трубы к цели, а наводящим винтом 16 точно вводят в биссектор (пространство, ограниченное двумя вертикальными нитями сетки поля зрения трубы).



Поле зрения отсчетного микроскопа

Зрительную трубу наводят на цель в вертикальной плоскости наводящим винтом 12, при этом закрепительный винт 9 при точной подводке зажимают. Для наведения зрительной трубы вместе с лимбом и алидадой служит закрепительный винт 17 и наводящий винт, который расположен на подставке теодолита. На зрительной трубе установлен оптический визир 7, с помощью которого трубу «на глаз» наводят на предмет. Рядом с окуляром зрительной трубы находится окуляр 4 отсчетного микроскопа.

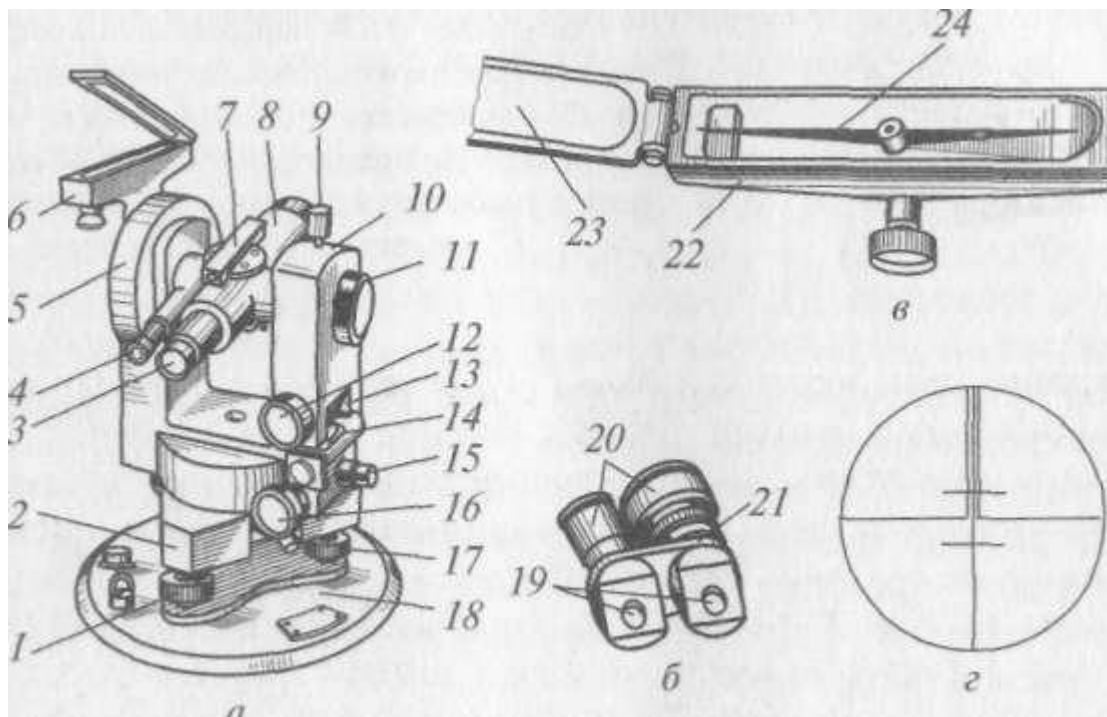


Рис. Теодолит 2Т30:

а — внешний вид; б — окулярная насадка; в — ориентир-буссоль; г — поле зрения трубы; 1, 9, 11... 13, 15... 17 — винты; 2 — подставка; 3, 4 — окуляры; 5 — вертикальный круг; 6 — ориентир-буссоль; 7 — визир; 8 — зрительная труба; 10 — колонка; 14 — уровень; 18 — основание; 19, 20 — призмы; 21 — обойма; 22 — корпус; 23 — зеркало; 24 — магнитная стрелка

Поверки теодолита 2т30

Поверки выполнения геометрических требований к положению отдельных осей теодолита состоят в проверке взаимной параллельности или взаимной перпендикулярности соответствующих пар осей прибора.

1) Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения прибора.

Проверка выполнения условия:

Устанавливают уровень параллельно двум подъемным винтам. Одновременно вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня в нульпункт. Затем поворачивают алидаду на 180° . Пузырек уровня не должен отклоняться от середины (от нульпункта) более, чем на одно деление после поворота алидады на 180° . В противном случае исправительным винтом уровня пузырек перемещают к середине ампулы (к нульпункту) на половину дуги отклонения; на вторую половину дуги отклонения пузырек уровня перемещают при помощи тех же подъемных винтов. Для контроля поверку повторяют.

Прежде чем делать другие поверки, приводят плоскость лимба в горизонтальное положение (ось вращения прибора в вертикальное положение). Для этого устанавливают уровень параллельно двум подъемным винтам и с их помощью приводят пузырек уровня на середину. Поворачивают алидаду на 90° и третьим подъемным винтом приводят пузырек уровня в нульпункт. После приведения плоскости лимба в горизонтальное положение, при вращении алидады вокруг основной оси прибора, пузырек уровня не должен отклоняться от нульпункта более чем на одно деление.

2) Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения прибора, а вертикальная нить сетки нитей должна находиться в плоскости, перпендикулярной к оси вращения зрительной трубы.

Проверка выполнения условия:

Вертикальную нить сетки наводят на нить отвеса. Если вертикальная нить будет совпадать с нитью отвеса, условие выполнено. В противном случае отверткой ослабляют 4 крепежных винта окуляра, расположенные под колпачком. Затем поворачивают окулярную часть трубы до совмещения (или до параллельного положения) видимых в окуляр вертикальной нити сетки и нити отвеса, после чего винты вновь закрепляют.

3) Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.

Для выявления коллимационной ошибки выбирают удаленную, хорошо видимую точку, расположенную так, чтобы линия визирования была примерно горизонтальна. Наводят пересечение нитей сетки на эту точку визирования и производят отсчет по горизонтальному кругу. Переводят трубу через зенит, открепляют алидаду, наводят пересечение нитей сетки на ту же точку визирования при круге право и производят отсчет. Величину коллимационной ошибки C вычисляют по формуле.

Коллимационная ошибка C не должна превышать двойную точность отсчета по шкале прибора.

Порядок исправления:

При невыполнении этого условия исправить положение визирной оси. Для этого вычисляют исправленный отсчет по горизонтальному кругу, в котором число градусов берется из последнего отсчета, а количество минут вычисляется как среднее арифметическое из числа минут обоих отсчетов. Этот отсчет наводящим винтом алидады устанавливают на горизонтальном круге. Пересечение нитей сетки сойдет с точки визирования, на которую до этого была наведена точка пересечения нитей сетки. Следует переместить сетку нитей так, чтобы перекрестие нитей вновь установилось на точке визирования. Для этого используются 4 исправительных винта с отверстиями для шпильки. Шпилькой ослабляют вертикальные винты и боковыми винтами перемещают сетку нитей до тех пор, пока перекрестие не будет на точке визирования. Вертикальные винты вновь затягивают и проверку повторяют.

4) Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита

Проверка выполнения условия:

Выбирают на стене точку, расположенную под углом 40° – 50° к горизонту, наводят на нее зрительную трубу и закрепляют алидаду. Опускают трубу до горизонтального положения и отмечают на стене проекцию точки.

Поворачивают теодолит на 180° , переводят трубу через зенит, снова наводят перекрестие нитей на верхнюю точку и опускают трубу до горизонтального положения. Снова отмечают на стене проекцию точки. Проекция точки при двух положениях вертикального круга теодолита должны совпадать. Если это условие не выполнено, то следует произвести исправление прибора в мастерской.

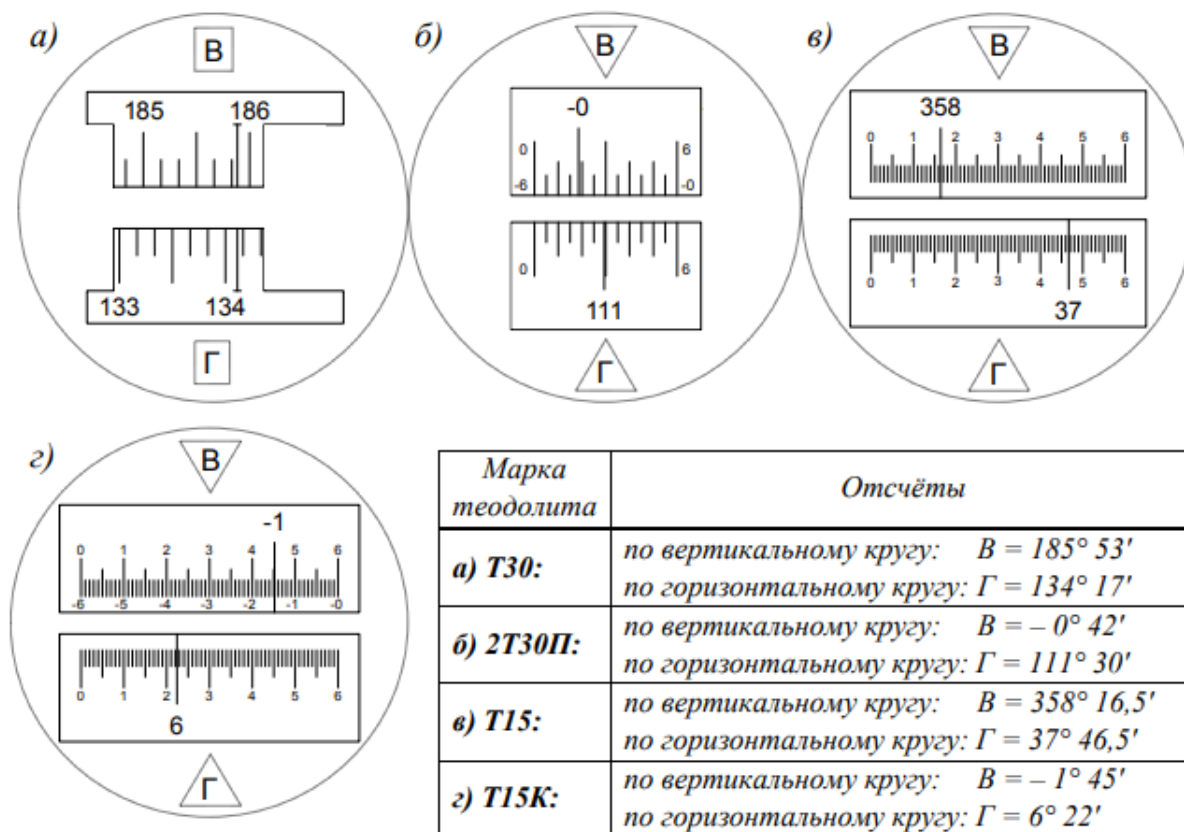
Отсчётные устройства

Отсчётные устройства предназначены для считывания отсчётов по лимбам. Изображения отсчётных шкал кругов передаются в поле зрения отсчётного микроскопа с помощью системы преломляющих линз. Резкость изображения регулируется вращением кольца отсчётного микроскопа.

Освещение кругов осуществляется световым лучом, отражаемым зеркалом подсветки. Различают штриховые и шкаловые микроскопы. В штриховом микроскопе отсчёты по кругам определяют по положению штриха относительно делений лимбов (рис. а), цена делений которых равна $10'$, поэтому отсчёты делают с точностью $1'$, оценивая десятые доли деления лимба на глаз. Шкаловой микроскоп имеет две отсчётные шкалы, изображение которых совмещается с изображением лимбов вертикального и горизонтального кругов. Длина шкалы (расстояние между крайними оцифрованными штрихами) равна градусному делению.

Шкалы имеют: 60 делений – цена деления $1'$ (Т15; Т15);

12 делений – цена деления 5' (2Т30П; 4Т30П).



Поля зрения штрихового и шкалового микроскопов теодолитов.

Шкаловые отсчётные устройства вертикальных кругов теодолитов 2Т30П, 4Т30П, Т15К, 4Т15К имеют две части: без знака минус (для положительных углов наклона) и со знаком минус (для отрицательных углов наклона). Если в поле зрения микроскопа перед цифрами градусов стоит минус, то и считывание минут ведут по шкале от -0 до -6 (справа налево) (рис. б). При положительном значении градусов считывание ведут по шкале от 0 до 6 (слева направо).

Тема 2.4 Геометрическое нивелирование.

ИЗМЕРЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ

Сущность и методы измерения превышений

Измерения, проводимые для определения отметок точек местности или их разностей, называют *нивелированием*. *Превышение* – это разность высот (отметок) двух точек местности.

Существует несколько методов нивелирования: геометрическое, тригонометрическое, физическое, механическое и стереофотограмметрическое.

Геометрическое нивелирование заключается в непосредственном определении разности высот двух точек с помощью горизонтального визирования луча нивелира и нивелирной рейки.

Тригонометрическое нивелирование заключается в определении превышений между точками по измеренному между ними расстоянию и углу наклона, теодолитом. Вычисление превышений ведут по формулам тригонометрии.

Физическое нивелирование делится на три вида: а) *барометрическое*, в основу которого положена зависимость между величиной атмосферного давления на точке местности и ее высотой; б) *гидростатическое*, основанное на свойстве свободной

поверхности жидкости в сообщающихся сосудах всегда находиться на одинаковом уровне независимо от превышения точек, на которых установлены эти сосуды; в) *радиолокационное*, основанное на использовании отражения электромагнитных волн.

Механическое нивелирование производят с помощью специальных приборов, устанавливаемых на транспортных средствах (велосипедных рамах, автомобилях и т.д.). При движении такого прибора автоматически регистрируются пройденные им расстояния, высоты точек и вычерчивается профиль пройденного пути.

Стереофотограмметрическое нивелирование основано на определении превышений по паре фотоснимков одной и той же местности.

Геометрическое нивелирование

Геометрическое нивелирование производят специальными приборами — *нивелирами*.

Для определения превышения точки B над точкой A (см. рис. a) геометрическим нивелированием из середины устанавливают на них вертикально рейки R_1 и R_2 , а между ними по возможности на одинаковом расстоянии (равноудаленно) — нивелир. Последовательно визируя на рейки средней горизонтальной нитью зрительной трубы, берут отсчеты: по задней рейке a и по передней b . Тогда непосредственно из рисунка следует, что

$$h = a - b \quad \text{или} \quad h = 3 - П$$

т.е. превышение равно отсчету по задней рейке минус отсчет по передней рейке.

Превышение будет положительным при $a > b$ и отрицательным при $a < b$, соответственно передняя точка выше или ниже задней.

Если отметка точки A известна, то отметка точки B (см. рис. $б$)

$$H_B = H_A + h,$$

т. е. отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс превышение между ними.

С другой стороны, подставив в эту формулу вместо h его значение из выражения ($h = a - b$), найдем

$$H_B = H_A + a - b.$$

Введем обозначение

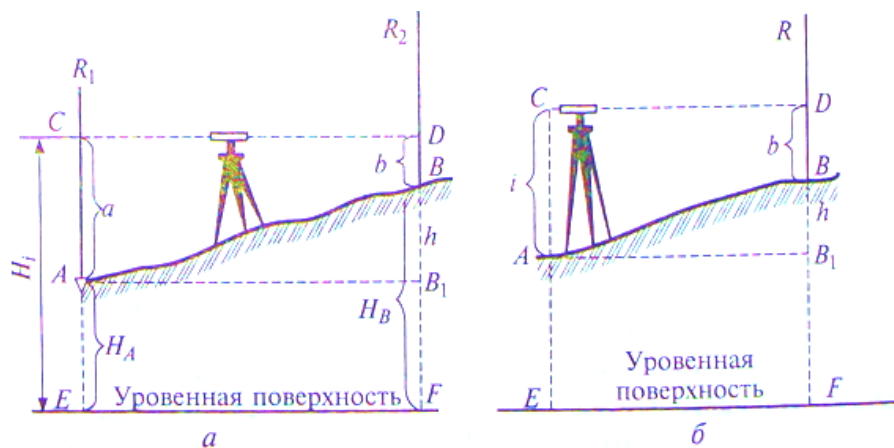
$$H_i = H_A + a$$

Величина H_i называется *горизонтом прибора* (ГП) или *горизонтом инструмента* (ГИ) и, как это видно из рисунка a , является высотой визирного луча над исходной уровенной поверхностью (например - уровнем Балтийского моря, горизонтальной поверхностью чистого пола и т.п.). Следовательно, горизонт прибора на данной станции равен отметке точки плюс отсчет по рейке, установленной на этой точке.

Выразив из предыдущей формулы значение H_A и подставив в выражение ($H_B = H_A + a - b$), получим

$$H_B = H_i - b$$

т. е. отметка точки равна горизонту прибора минус отсчет по установленной на ней рейке.

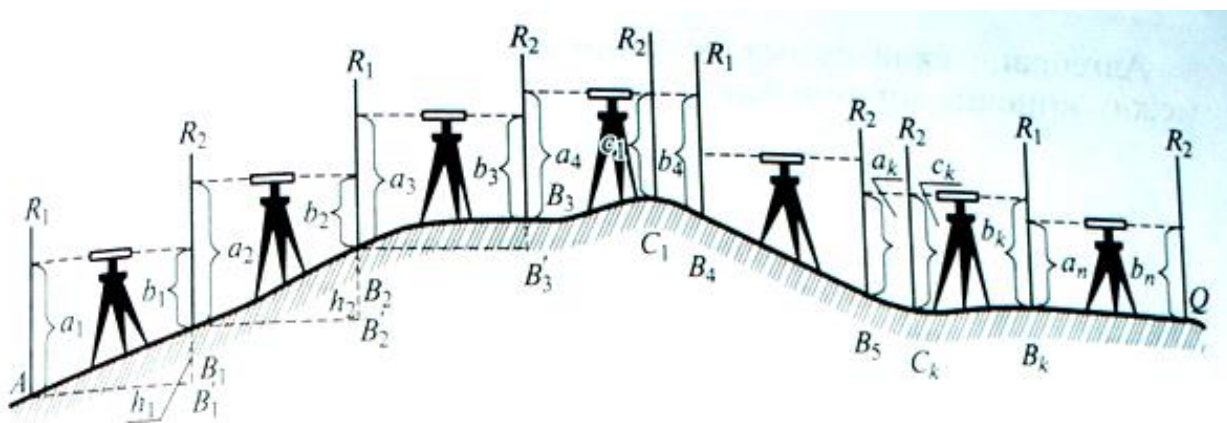


Иногда при геометрическом нивелировании (см. рис. б) нивелир устанавливают так, чтобы окуляр зрительной трубы находился над задней точкой A , а в передней точке B устанавливают рейку R . Затем берем отсчет b по рейке и измеряют рулеткой или с помощью рейки расстояние i по отвесному направлению от центра окуляра до точки A , называемое *высотой прибора*. Из рисунка б следует, что

$$h = i - b,$$

а горизонт прибора

$$H_i = H_A + i$$



Нивелир – это геодезический прибор для определения превышений и высот (отметок) точек с помощью горизонтального луча визирования и вертикально устанавливаемых реек способом геометрического нивелирования, а так же определения расстояния по дальномеру.

Согласно действующему стандарту нивелиры по точности выпускают т р е х т и п о в:

- а) высокоточные (Н-05);
- б) точные (Н-3);
- в) технические (Н-10).

Цифры в шифре нивелира указывают среднюю квадратическую погрешность измерения превышения в миллиметрах на 1 км двойного нивелирного хода. Например, для нивелира Н-3 средняя квадратическая погрешность составляет 3мм на 1км хода.

В зависимости от способа получения горизонтального луча визирования каждый из трех типов нивелиров изготавливается в двух вариантах:

– с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе;

– с компенсатором, позволяющим автоматически приводить ось визирования зрительной трубы нивелира в горизонтальное положение.

В настоящее время выпускаются нивелиры улучшенной конструкции 2-го и 3-го поколений, например 2Н-10КЛ, 3Н-3ЛП. Первая цифра обозначает поколение. При наличии компенсатора в шифр прибора добавляется буква К. Если нивелир изготовлен с лимбом для измерения горизонтальных углов, то еще добавляется буква Л. Если нивелир имеет зрительную трубу прямого изображения, то в шифр добавляется буква П.

Устройство и проверки нивелиров

Устройство и проверки нивелира (с цилиндрическим уровнем). Нивелир Н-3 относится к приборам с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе. Для установки нивелира в рабочее положение его закрепляют на штативе и, действуя тремя подъемными винтами, приводят пузырек круглого уровня в центр ампулы. При этом ось вращения нивелира занимает отвесное положение. Наведение зрительной трубы на рейку осуществляют вначале вручную с помощью визира, а затем зажимают закрепительный винт зрительной трубы и наводящим винтом выполняют точное визирование на рейку. Резкость изображения сетки нитей достигается вращением окулярного кольца, а резкость изображения рейки – вращением винта кремальеры.

Перед каждым отсчетом по рейке визирную ось нивелира приводят в горизонтальное положение, добиваясь совмещения изображения концов пузырька цилиндрического уровня в поле зрения зрительной трубы путем вращения элевационного винта.

Отсчет по рейке состоит из четырех цифр и выражает величину в миллиметрах. Выполняют отсчет по среднему горизонтальному штриху сетки нитей. Отсчет по рейке берут от меньшего к большему числу. Первые две цифры отсчета, обозначающие метры и дециметры на рейке подписаны (на рисунке 7.10 это цифры 06), третья цифра считается по числу сантиметровых шашек от начала дециметрового деления до среднего горизонтального штриха сетки нитей (на рисунке 7.10 их 5). Следует отметить, что в каждом дециметре первые пять шашек с сантиметровыми делениями объединены в виде буквы Е (см. рисунок 7.10). Четвертая цифра, обозначающая миллиметры, по рейке оценивается на глаз (на рисунке 7.10 это 2 мм). Тогда полный отсчет по рейке составит 0652.

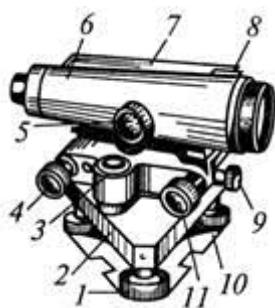


Рисунок 1 – Нивелир Н-3: 1 – подъемный винт; 2 – подставка; 3 – круглый уровень; 4 – элевационный винт; 5 – кремальера; 6 – зрительная труба; 7 – цилиндрический уровень; 8 – визир; 9 – закрепительный винт; 10 – пластина; 11 – наводящий винт

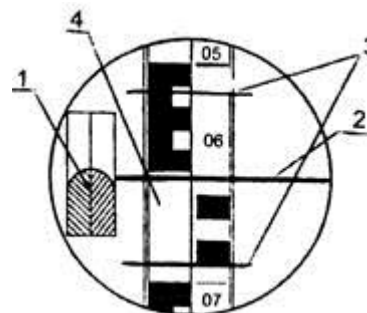


Рисунок 2 – Поле зрения зрительной трубы нивелира Н-3: 1 – изображение концов пузырька цилиндрического уровня; 2 – средний горизонтальный штрих сетки нитей; 3 – штрихи нитяного дальномера; 4 – изображение рейки (отсчет 0652)

Поверки нивелира Н-3. Прежде чем начать работу с нивелиром, необходимо выполнить его поверки. Под поверками нивелира понимают действия, контролирующие соблюдение условий, которым должен удовлетворять прибор для геометрического нивелирования. При невыполнении условий поверок производят необходимые исправления (юстировки). Нивелир Н-3 должен удовлетворять следующим геометрическим условиям:

Поверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. После установки штатива и закрепления на нем нивелира тремя подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в центр ампулы и поворачивают верхнюю часть нивелира на 180°. Если пузырек уровня останется в центре ампулы, то условие выполнено, если нет, то нужно исправительными винтами круглого уровня переместить пузырек к центру на половину дуги отклонения. Поверку повторяют до полного выполнения условия.

Поверка 2. Средний горизонтальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен оси вращения нивелира. Ось вращения нивелира устанавливают в отвесное положение. Наводят зрительную трубу на неподвижную рейку, установленную в 20–30 м от нивелира. Условие будет выполнено, если при плавном вращении трубы горизонтальный штрих не будет сходить с точки наведения (то есть отсчет по рейке будет оставаться неизменным). Если условие не выполняется, то отвинчивают и снимают окулярную часть зрительной трубы и поворачивают диафрагму с сеткой нитей, предварительно ослабив крепящие ее винты.

Поверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Это главное условие нивелира проверяется двойным нивелированием концевых точек линии длиной 50–70 м (рисунок 3). На концевых точках забивают колышки. Нивелир устанавливают на начальной точке линии, а рейку – на конечной. С помощью элевационного винта нивелира приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт и снимают отсчет по рейке Π_1 . Измеряют высоту нивелира i_1 с точностью до 1 мм. Например: $\Pi_1 = 1426$ мм, $i_1 = 1371$ мм.

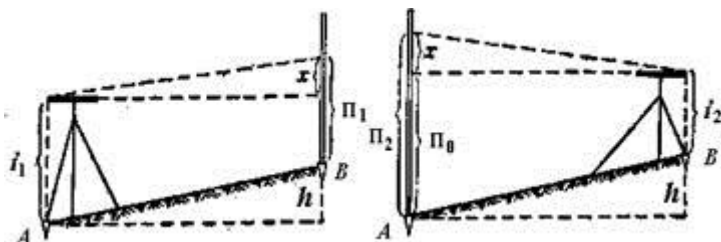


Рисунок 3 – Поверка главного условия нивелира Н-3

Затем меняют нивелир и рейку местами и, приведя элевационным винтом пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, снимают отсчет по рейке Π_2 , измеряют высоту нивелира i_2 . Например: $\Pi_2 = 1260$ мм, $i_2 = 1337$ мм.

Если ось цилиндрического уровня непараллельна визирной оси трубы, то отсчеты по рейке будут ошибочны на величину

$$x = [(\Pi_1 + \Pi_2) - (i_1 + i_2)] / 2.$$

Величина x должна быть не более ± 4 мм. Если x превышает указанную величину, тогда, не снимая нивелира со второй станции, элевационным винтом устанавливают средний горизонтальный штрих сетки нитей на отсчет по рейке равный, $\Pi_2 - x$. При этом произойдет смещение изображений половинок пузырька уровня в поле зрения трубы. Сняв крышку коробки цилиндрического уровня, вертикальными исправительными

винтами выполняют точное совмещение концов половинок пузырька уровня в поле зрения трубы. Затем поверку повторяют до соблюдения условия.

Для вышеуказанных отсчетов $x = [(1426 + 1260) - (1371 + 1337)] / 2 =$

$= -11 \text{ мм} > 4 \text{ мм}$. Поэтому необходимо выполнить юстировку уровня. Для этого устанавливают элевационным винтом по рейке отсчет $\Pi_2 - x = 1260 - (-11) = 1271 \text{ мм}$ и исправительными винтами совмещают концы пузырька уровня.

Устройство и проверки нивелира (с компенсатором). В настоящее время эти нивелиры нашли широкое применение в производстве. С помощью компенсатора линия визирования автоматически устанавливается в горизонтальное положение при углах наклона оси нивелира в пределах $\pm 15'$. Этот предел достигается предварительной установкой нивелира по круглому уровню вращением подъемных винтов. Время самоустановки визирного луча 1–2 с.

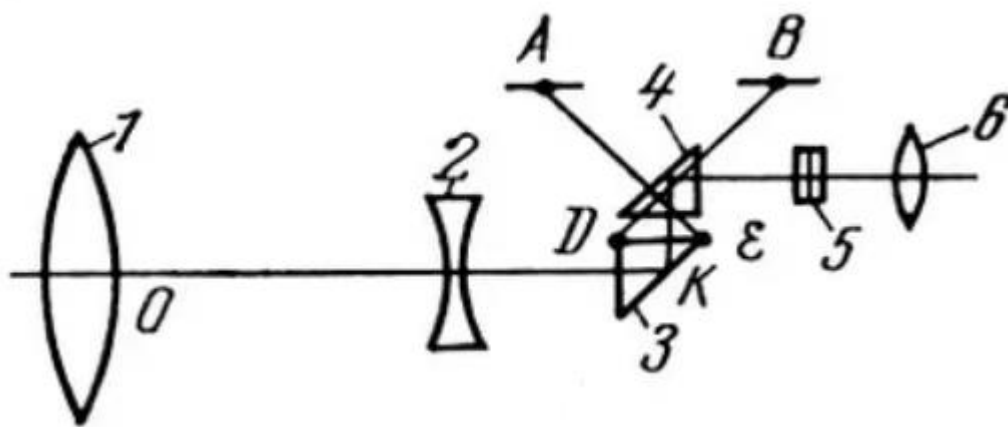


Рис.4 – Схема оптической системы и подвески компенсатора нивелира Н-3К:
1 – объектив, 2 – фокусирующая линза, 3 – компенсирующая призма, 4 – неподвижная призма, 5 – сетка нитей, 6 – окуляр.

Компенсаторы бывают жидкостными и маятниковыми. Маятниковые компенсаторы делятся на механические и оптико-механические. В первых горизонтальность визирного луча достигается посредством перемещения сетки нитей, а во-вторых (как, например, в нивелире Н-3К) – изменением пути луча при прохождении оптических узлов, подвешенных на специальных нитях (рисунок 7.12).

Оптико-механический компенсатор расположен между фокусирующей линзой и сеткой нитей трубы нивелира. Компенсатор состоит из двух призм, одна из которых (4) наглухо прикреплена к корпусу трубы, а вторая (3) подвешена на двух парах скрещивающихся стальных нитей, закрепленных в точках А и В и на призме в точках D и E. При наклоне трубы на небольшой угол подвижная призма наклоняется в противоположную сторону на такой же угол, чтобы направить горизонтальный луч, идущий от рейки, точно на центр сетки нитей. Нивелир Н-3К не имеет закрепительного винта зрительной трубы. Ее предварительное наведение на рейку осуществляется от руки преодолением фрикционного сцепления. Точное наведение трубы достигается вращением бесконечного наводящего винта.

РАЗДЕЛ 3. Понятие о геодезических съемках.

Тема 3.1 Общие сведения.

Для составления карт и планов, решения геодезических задач, в том числе геодезического обеспечения строительства, на поверхности Земли располагают ряд точек, связанных между собой единой системой координат. Эти точки маркируют на поверхности Земли или в зданиях и сооружениях центрами (знаками). Совокупность закрепляемых на местности или зданиях точек (пунктов), положение которых определено в единой системе координат, называют **геодезическими сетями**.

Геодезические сети подразделяют на **плановые** и **высотные**: первые служат для определения координат x и y геодезических центров, вторые — для определения их высот H .

Принцип построения плановых геодезических сетей заключается в следующем. На местности выбирают точки, взаимное положение которых представляется в виде геометрических фигур: треугольников, четырехугольников, ломаных линий и т.д. Причем точки выбирают с таким расчетом, чтобы некоторые элементы фигур (стороны, углы) можно было бы непосредственно измерить, а все другие элементы вычислить по данным измерений.

Например, в треугольнике достаточно измерить одну сторону и три угла (один для контроля правильности измерений) или две стороны и два угла (один для контроля правильности измерений), а остальные стороны и углы вычислить. Для вычисления плановых координат вершин выбранных точек необходимо кроме элементов геометрических фигур знать еще дирекционный угол стороны одной из фигур и координаты одной из вершин.

Для определения высот пунктов (реперов) строят в основном сети геометрического нивелирования. Используют также метод тригонометрического нивелирования.

Сети строят по принципу перехода от общего к частному, т. е. от сетей с большими расстояниями между пунктами и высокоточными измерениями к сетям с меньшими расстояниями и менее точным.

Геодезические сети подразделяют на четыре вида: государственные, сгущения, съемочные и специальные.

Государственные геодезические сети служат исходными для построения всех других видов сетей.

Плановые геодезические сети

Началом единого отсчета плановых координат в России служит центр круглого зала Пулковской обсерватории в Санкт-Петербурге.

Государственные плановые геодезические сети подразделяют на четыре класса. Сеть 1-го класса имеет наивысшую точность и охватывает всю территорию страны как единое целое. Сеть каждого последующего класса строится на основе сетей высших классов. Так, сеть 2-го класса строят на основе сетей 1-го класса, 3-го класса — на основе сетей всех предыдущих классов.

Типичная схема построения государственных плановых геодезических сетей 1, 2, 3, и 4-го классов методом триангуляции (треугольников) приведена на рис.1. В настоящее время для построения государственных сетей используют спутниковые методы измерений.

С этой целью принята концепция построения трех уровней государственной геодезической спутниковой сети. Эта концепция предусматривает построение:

- фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС);
- высокоточной астрономо-геодезической сети (ВАГС);
- спутниковой геодезической сети 1-го класса (СГС-1).

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть реализуется в виде системы закрепленных на всей территории России 50...70 пунктов со средними расстояниями между ними 700... 800 км.

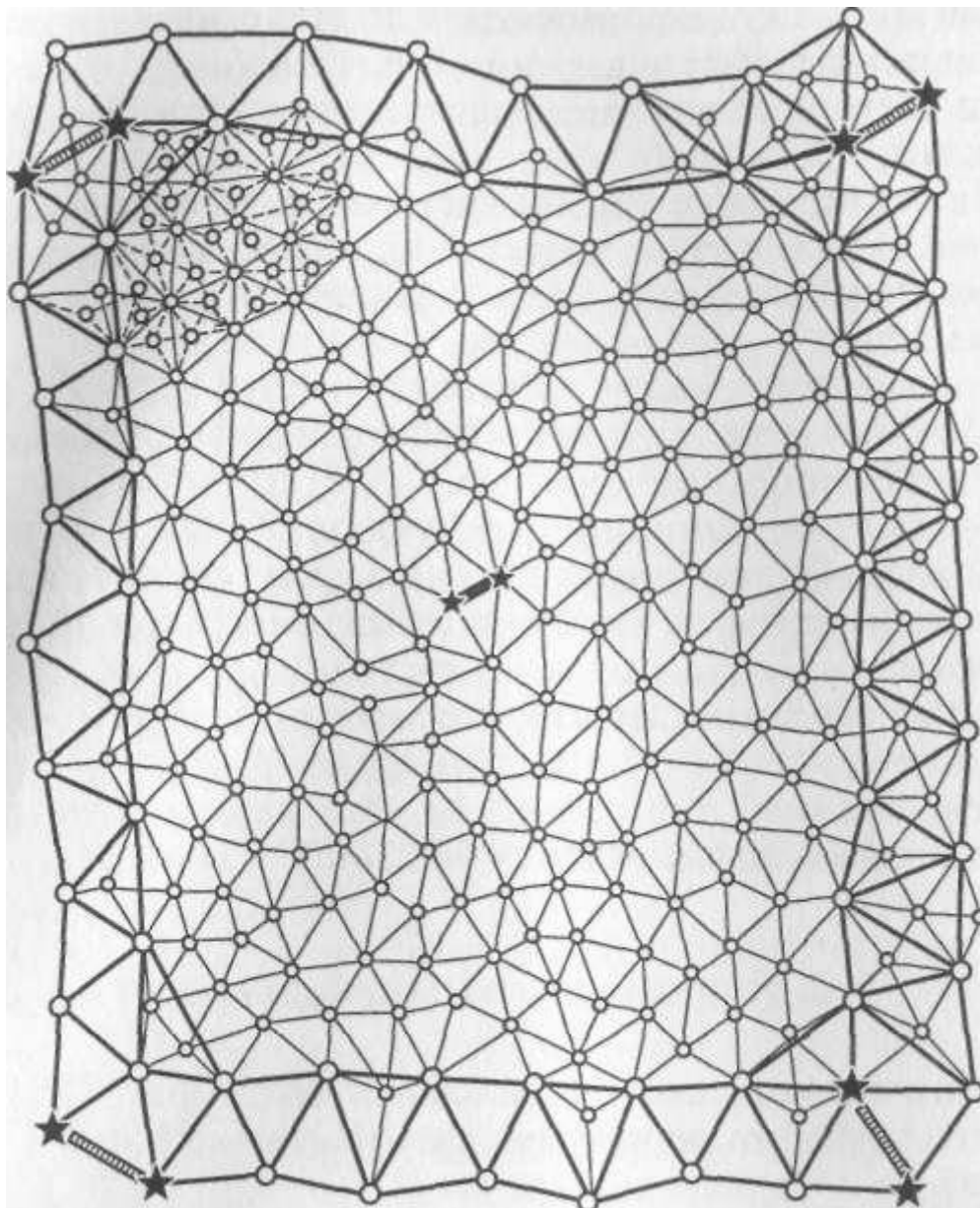


Рис 1. Схема построения государственной плановой геодезической сети.

Часть этих пунктов (10... 15) должна стать постоянно действующими астрономическими обсерваториями, оснащенными радиотелескопами для наблюдений удаленных источников радиоизлучения (квазаров) и спутниковыми приемниками GPS-ГЛОНАСС. Взаимное положение этих пунктов будет определяться с погрешностью в 1...2 см.

Высокоточная астрономо-геодезическая сеть должна заменить звенья триангуляции 1-го класса и представлять собой однородные по точности пространственные построения с расстоянием между смежными пунктами 150...300 км. Общее число пунктов ВАГС должно составлять 500...700, при этом часть пунктов будет совмещена с пунктами ФАГС. Взаимное положение таких пунктов будет определяться спутниковыми методами с относительной погрешностью 2...3 см.

Спутниковая геодезическая сеть 1-го класса должна заменить триангуляции 1, 2-го классов со средними расстояниями между пунктами 30...35 км, общим числом 10... 15 тыс. и средней квадратической погрешностью взаимного положения 2...3 см. Построение такой сети предполагается осуществить в течение десяти ближайших лет.

Сети сгущения строят для дальнейшего увеличения плотности (числа пунктов, приходящихся на единицу площади) государственных сетей. Плановые сети сгущения подразделяют на 1-й и 2-й разряды.

Съемочные сети — это тоже сети сгущения, но с еще большей плотностью. С точек съемочных сетей производят непосредственно съемку предметов местности и рельефа для составления карт и планов различных масштабов.

Специальные геодезические сети создают для геодезического обеспечения строительства сооружений. Плотность пунктов, схема построения и точность этих сетей зависят от специфических особенностей строительства.

Высотные геодезические сети

Государственные высотные геодезические сети создают для распространения по всей территории страны единой системы высот.

За начало высот в России и некоторых других странах принят средний уровень Балтийского моря, определение которого проводилось начиная с 1825 г.

Между пунктами государственных высотных геодезических сетей высокой точности (1-го класса) размещают пункты высотных сетей низших классов (2, 3-го и т.д.).

Если на рисунке, где размещены пункты высотной сети, соединить эти пункты линиями, то получатся фигуры, которые называют ходами. Несколько пересекающихся ходов называют сетями.

Как правило, сети создают из ходов, прокладываемых между тремя или более точками (рис. 2). В целом точки (реперы) высотных сетей, называемых нивелирными, достаточно равномерно распределены на территории страны. В незастроенной территории расстояния между реперами колеблются в пределах 5...7 км, в городах сеть реперов в 10 раз плотнее.

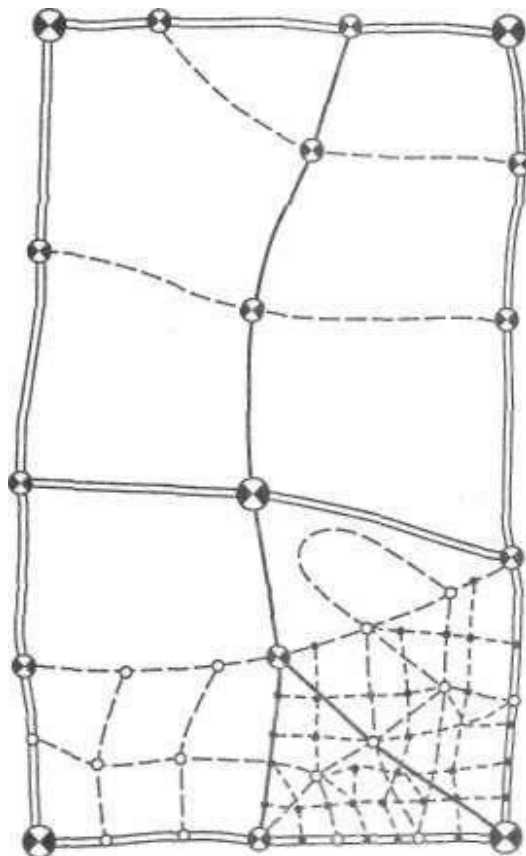


Рис. 2. Схема государственной высотной сети.

Для решения ограниченного круга вопросов при изысканиях, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений создают высотную сеть технического класса. Нивелирные сети на строительных площадках и при создании внешних разбивочных сетей создают на базе плановых сетей, т. е. для части плановых сетей определяют высотные отметки. Как правило, сети образуют полигоны с узловыми точками (общими точками пересечения двух или более ходов одного и того же класса). Каждый нивелирный ход опирается обоими концами на реперы ходов более высокого класса или узловые точки.

Знаки для закрепления геодезических сетей

Точки геодезических сетей закрепляют на местности знаками. По местоположению знаки бывают: грунтовые и стенные, заложенные в стены зданий и сооружений; металлические, железобетонные, деревянные, в виде откраски и т.д.; по назначению — постоянные, к которым относятся все знаки государственных геодезических сетей, и временные, устанавливаемые на период изысканий, строительства, реконструкции, наблюдений и т.д.

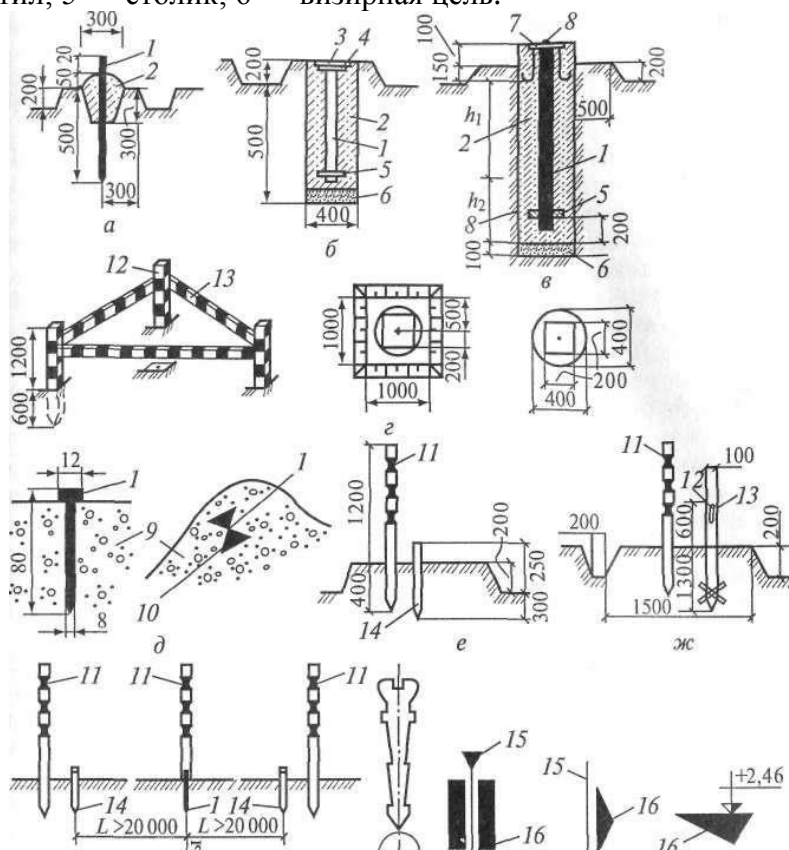
Постоянные знаки. Их закрепляют подземными знаками — центрами.

Как правило, подземный центр представляет собой бетонный монолит, закладываемый ниже глубины промерзания грунта и не в насыпной массив. У поверхности земли в монолите устанавливают чугунную марку, на которую наносят центр в виде креста или точки. Положению этого центра соответствуют координаты x и y и в о многих случаях отметки H .

Пирамиды или сигналы имеют высоту 3...30 м и более. Геодезический сигнал 3 с подземным центром 2 и столиком 5 предназначен для установки измерительных приборов и настила 4 для работы на нем наблюдателя. Верх сигнала или пирамиды заканчивается визирной целью 6, на которую при измерении углов направляют зрительную трубу теодолита. На столик ставят также отражатель, если расстояние между пунктами измеряют светодальномером. Для спутниковых измерений сигналы и пирамиды строить не надо.

Рис. Наружный металлический сигнал над подземным центром плановой

1 — фундаменты; 2 — подземный центр; 3 — геодезический сигнал; 4 — настил; 5 — столик; 6 — визирная цель.



Знаки закрепления основных или главных разбивочных осей и отметок:
а — знак закрепления зданий высотой до пяти этажей, сооружений высотой до 15 м с продолжительностью строительства до полугода; б — то же, более полугода; в — то же, с глубиной промерзания согласно таблицы; г — ограждения знаков; д — знак закрепления разбивочных осей на скалах и бетоне ограждения в виде тура из камней; е, ж, з — осей и отметок линейных сооружений; и — осей и отметок дюбелями на зданиях, твердых покрытиях дорог; к — откраска закрепления створа оси; л — то же, ориентирной риски; м — то же, отметки; 1 — металлический стержень; 2 — бетон; 3 — деревянная крышка; 4 — металлическая пластина; 5 — якорь; 6 — песок; 7 — анкер; 8 — деревянные металлические столб и перекладина; 9 — скальный грунт, бетон; 10 — откраска пересечения осей; 11 — ориентирная веха; 12 — полочка-зарубка на деревянном столбе для установки рейки; 13 — деревянный столб-репер; 14 — постоянный знак — деревянный кол; 15 — карандашная черта створа оси и ориентирной риски; 16 — откраска.

Государственные высотные сети всех классов закрепляют на местности грунтовыми реперами. Стенные реперы закрепляют в фундаментах устойчивых сооружений — водонапорных башен, капитальных зданий, каменных устоев мостов и т.д. В стенных реперах высоту определяют для центра отверстия в сферической головке. Временные знаки. Точки съемочных, а иногда и разбивочных сетей закрепляют временными знаками — деревянными или бетонными столбами, металлическими штырями, отрезками рельсов и т.д. (рис. а...з). Их закрепляют в земле на глубину до 2 м. В верхней части такого знака крестом, точкой или рисккой отмечают местоположение центра или точки с высотной отметкой.

При продолжительности использования (более полугода) временные знаки закладывают на глубину 0,5 м (минимальное расстояние до подземных коммуникаций от поверхности грунта принято 0,7 м). При наличии твердого покрытия и отсутствии интенсивного движения транспорта используют штыри из отрезков арматуры и труб, деревянные столбики (рис. д... и). В процессе строительства на возведенных конструкциях и близрасположенных зданиях высоты и створы осей фиксируют открасками.

Тема 3.2 Назначение и виды теодолитных ходов

Понятие о топографической съемке

Топографическая съемка — это комплекс геодезических работ, выполняемых на местности для составления топографических карт и планов. Различают съемки для составления топографических планов крупных масштабов (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000) и мелких (1:10000, 1:25 000 и мельче). В инженерной геодезии выполняют в основном съемки крупных масштабов.

Съемке и отображению на топографических планах подлежат все элементы ситуации местности, существующей застройки, благоустройства, подземных и наземных коммуникаций, а также рельеф местности.

Точки, определяющие на плане положение контуров ситуации, условно делят на твердые и нетвердые. К твердым относят четко определяемые контуры сооружений, построенных из долговременных материалов (кирпича, бетона), например углы капитальных зданий. Контуры, не имеющие четких границ, например луга, леса, пашни, относят к не твердым.

На топографические планы наносят пункты плановых и высотных геодезических сетей, а также все точки, с которых производят съемку, если они закреплены постоянными знаками. На специализированных планах допускается отображение не всей ситуации местности, а только тех объектов, которые необходимы: применение нестандартных высот сечений рельефа, снижение или повышение точности изображения контуров и съемки рельефа.

Топографическую съемку выполняют с точек местности, положение которых в принятой системе координат известно. Такими точками служат пункты опорных государственных и инженерно-геодезических сетей. Однако их числа, приходящегося на площадь снимаемого участка, большей частью бывает недостаточно, поэтому геодезическая основа сгущается обоснованием, называемым *съёмочным*.

Съёмочное обоснование развивается от пунктов плановых и высотных опорных сетей. На участках съемки площадью до 1 км^2 съёмочное обоснование может быть создано в виде самостоятельной геодезической опорной сети.

При построении съёмочного обоснования одновременно определяют положение точек в плане и по высоте. Плановое положение точек съёмочного обоснования определяют: приложением теодолитных и тахеометрических ходов, построением аналитических сетей из треугольников и различного рода засечками. Высоты точек съёмочного обоснования чаще всего определяют геометрическим и тригонометрическим нивелированием.

Для составления топографических планов применяют: аналитический, мензульный, тахеометрический, аэрофототопографический, фототеодолитный методы съемок, съемку нивелированием поверхности и с помощью спутниковых приемников. Применение того или иного метода зависит от условий и масштаба съемки.

Теодолитная съёмка

I. **Теодолитная съёмка** – это топографическая съемка, выполняемая при помощи теодолита, землемерных лент, рулеток.

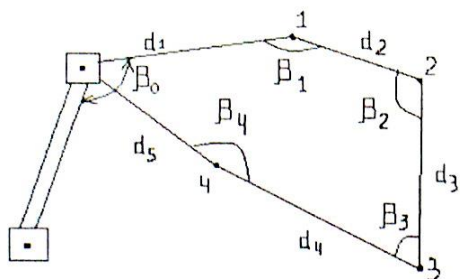
Теодолитная съёмка – это горизонтальная съемка, в результате которой получают контурный план местности (без изображения рельефа).

При необходимости теодолитная съёмка дополняется высотной съёмкой того же участка и на плане изображается рельефом местности.

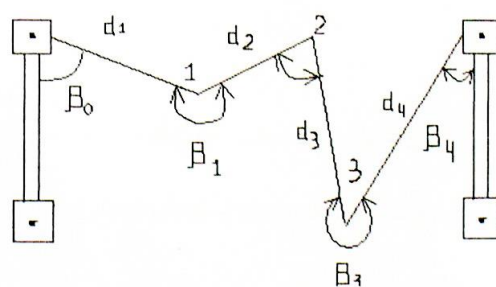
Теодолитная съёмка проводится относительно вершин и сторон теодолитных ходов съёмочного геодезического обоснования.

II. **Геодезическое съёмное обоснование** служит для передачи координат от пунктов государственной опорной геодезической сети на участок топографической съёмки, а так же для перенесения на местность проектов инженерных сооружений.

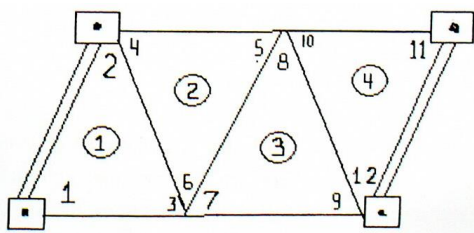
Съёмка геодезического обоснования может быть представлена в виде:



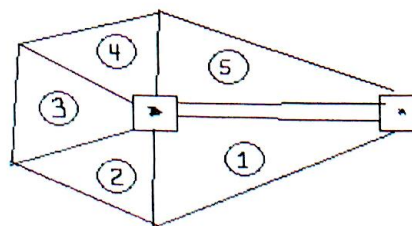
1. Замкнутого полигона



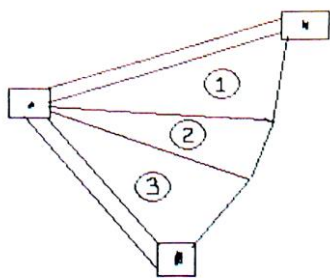
2. Разомкнутого полигона



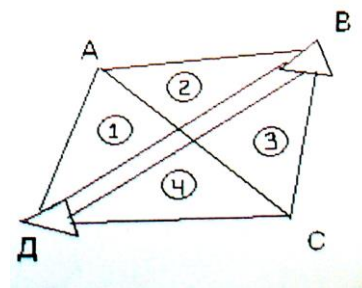
3. В виде цепочки треугольников



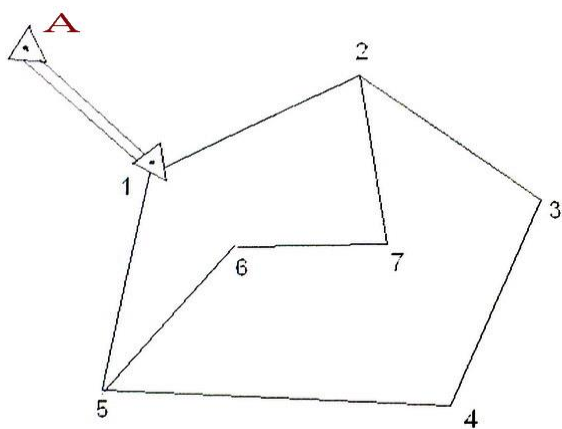
4. Центральной системы треугольников



5. цепочки
треугольников вписанных
в жёсткий угол



6. геодезического четырёхугольника



Выбор того или иного обоснования зависит
от площади съёмки.

Длины сторон теодолитного хода должны быть
не менее 20 м. и не более 350м.

1-2-3-4-5-1 - замкнутый теодолитный ход;
2-7-6-5 - разомкнутый (диагональный).

В процессе рекогносцировки (детального осмотра местности) уточняют составленный проект и окончательно выбирают местоположение вершин съёмочного обоснования, закрепляют их временными или постоянными знаками.

Начальными точками для прокладки теодолитных ходов служат пункты геодезического обоснования, созданного геодезической службой заблаговременно. На рисунки координаты точек А и 1 взяты из каталога геодезической сети на район началом и окончанием теодолитного хода должна служить точка внесенная в каталог. Цель работ заключается в том, чтобы получить координаты (·) 2, 3, 4, 5 от известных в (·) x_1 и y_2 .

Геодезические работы делят на:

- **полевые**

- 1) Рекогносцировка (осмотр местности).
- 2) Проложение рабочего обоснования - теодолитных ходов с измерением углов поворота магистральных ходов и длин линий полигона.
- 3) Съёмка ситуации (определение положения на местности сооружений и очертаний угодий).

- **камеральные**

- 1) Обработка полевого материала.
- 2) Составление плана.

Тема 3.3 Понятие о тахеометрической съемке

Тахеометрическая съемка — основной вид съемки для создания планов небольших незастроенных и малозастроенных участков, а также узких полос местности вдоль линий будущих дорог, трубопроводов и других коммуникаций. С появлением тахеометров-автоматов этот способ съемки стал основным и для значительных по площади территорий, особенно когда необходимо получить цифровую модель местности. При тахеометрической съемке ситуацию и рельеф снимают одновременно, а план составляют в камеральных условиях по результатам полевых измерений.

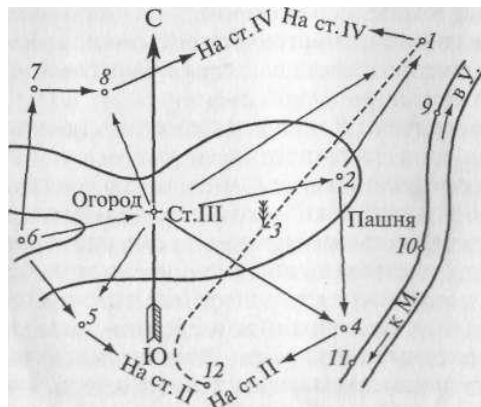
Съемку производят с исходных точек — пунктов любых опорных и съемочных геодезических сетей. Съемочная сеть может быть создана в виде теодолитно-нивелирных ходов, когда отметки точек теодолитного хода определяют геометрическим нивелированием. В большинстве случаев для съемки прокладывают тахеометрические ходы, отличающиеся тем, что все элементы хода (углы, длины линий, превышения) определяют теодолитом или тахеометром-автоматом. При этом одновременно с проложением тахеометрического хода производят съемку. В этом главное отличие тахеометрической съемки от других видов топографических съемок.

Съемка теодолитом. Порядок работ на станции тахеометрического хода при работе теодолитом следующий. В первую очередь выполняют измерения, относящиеся к проложению съемочного хода. Теодолит устанавливают над точкой и приводят его в рабочее положение. На смежных точках хода устанавливают дальномерные (обычно нивелирные) рейки. Одним полным приемом измеряют горизонтальный угол хода. При двух положениях вертикального круга теодолита измеряют вертикальные углы на смежные точки хода. По дальномеру теодолита определяют расстояния до смежных точек. Измеряют высоту прибора.

Далее приступают к съемке. Для этого в первую очередь при левом круге ориентируют лимб теодолита на предыдущую точку. С этой целью нуль алидады совмещают с нулем лимба и, закрепив алидаду, вращением лимба наводят зрительную трубу на ориентирную точку. Трубу наводят на съемочные пикеты только вращением алидады. На съемочные пикеты устанавливают дальномерные рейки и измеряют на них при одном круге горизонтальные и вертикальные углы, а по дальномеру — расстояния. Если съемочный пикет является только контурной точкой, то вертикальный угол не измеряют. Результаты измерений записывают в журнал тахеометрической съемки.

Положение съемочных пикетов выбирают таким образом, чтобы по ним можно было изобразить на плане ситуацию и рельеф местности. Их берут на всех характерных точках и линиях рельефа: на вершинах и подошвах холмов, дне и бровках котловин и оврагов, водоразделах и тальвегах, перегибах скатов и седловинах. При съемке ситуации определяют: границы угодий, гидрографию, дороги, контуры зданий, колодцы, т.е. все то, что подлежит нанесению на план в данном масштабе. Чем крупнее масштаб съемки, тем больше число съемочных пикетов и тем меньше расстояние между пикетами и от станции до пикетов. Так, если при съемке масштаба 1:5000 максимальное расстояние до твердых контуров ситуации ограничено 150 м, а до нетвердых — 200 м, то в масштабе 1:500 — 60 и 80 м соответственно.

В процессе съемки на каждой станции составляют абрис. На нем показывают положение станции хода, направление на предыдущую и последующую точки, расположение всех съемочных пикетов, рельеф и ситуацию местности. Съемочные пикеты отмечают теми же номерами 1... 10, что и в полевом журнале, ситуация местности изображается условными знаками, рельеф — горизонталями. Между точками на абрисе проводят стрелки, указывающие направление понижения местности.



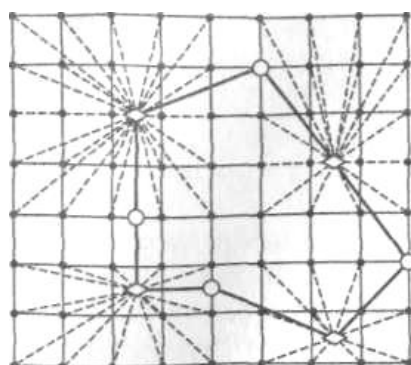
Абрис тахеометрической съемки

При съемке электронный тахеометр устанавливается на съемочных точках, а на пикетных точках — специальные вешки с отражателями, входящими в комплект тахеометра. При наведении на отражатели в автоматическом режиме определяются горизонтальные и вертикальные углы, а также расстояния до смежных съемочных и пикетных точек.

РАЗДЕЛ 4. Геодезические работы при вертикальной планировке участка.

Тема 4.1 Подготовка топографической основы для разработки проекта вертикальной планировки участка методом нивелирования по квадратам.

Нивелирование площадки по квадратам.



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

Рис. Схема нивелирования по квадратам.

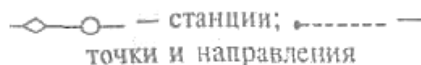


Схема нивелирования вершин квадрата зависит от размеров участка, сложности форм рельефа, необходимости дополнительно к отметкам вершин квадратов получить еще точки с отметками.

Нивелирный ход по квадратам прокладывают по программе технического нивелирования или 4-го класса. Все связующие точки хода закрепляют устойчивыми кольями или специальными башмаками. Рейку ставят на торец кола или башмак.

Отсчеты по рейкам записывают в журнал нивелирования либо на схему квадратов, причем числовые значения отсчетов подписывают возле вершин тех квадратов, на которых они получены. Границы работы на станции отделяют пунктирной линией. При обработке результатов измерений сначала вычисляют превышения и отметки связующих точек хода. Отметки вершин квадратов вычисляют через горизонт прибора.

Разбивка строительной площадки на квадраты с помощью электронного теодолита.

Необходимо произвести разбивку точек – вершин квадратов с шагом (d) 20 м, на строительной площадке размером 40х40 м. Границы площадки на местности закреплены, присваиваем по одной из сторон, свою нумерацию точек начиная с любой - №1, и так далее, в итоге получаем, что у нас будет 4 квадрата и 9 вершин. Вершины 1,3,7 и 9, это и есть точки – границы участка, их местоположение мы обозначаем на местности колышками. Остаётся произвести разбивку недостающих вершин квадратов, начинаем с точки №2.

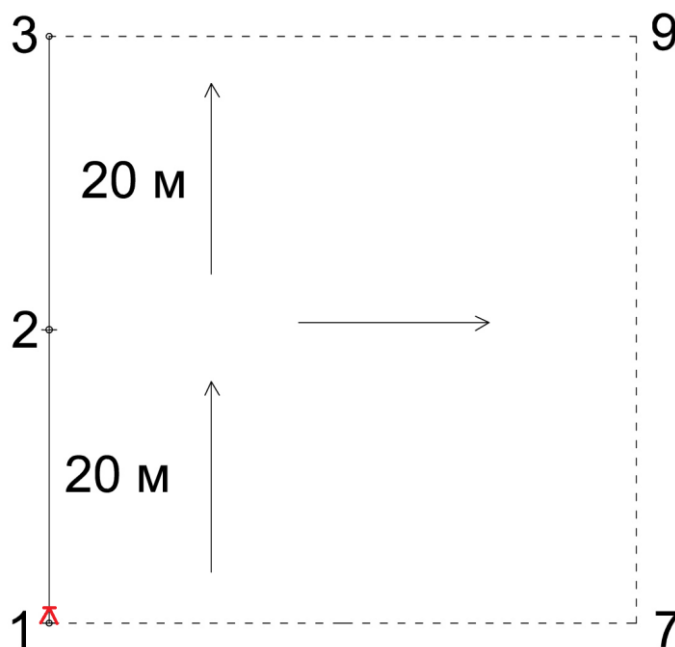
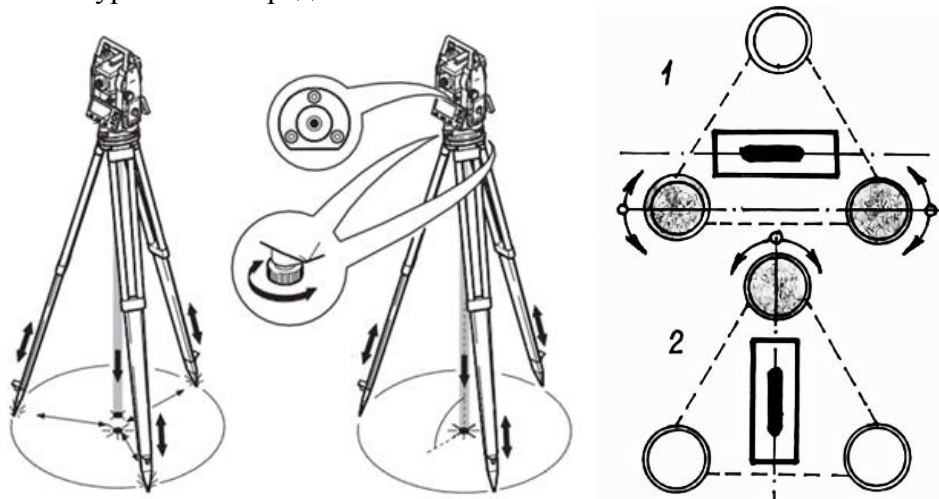
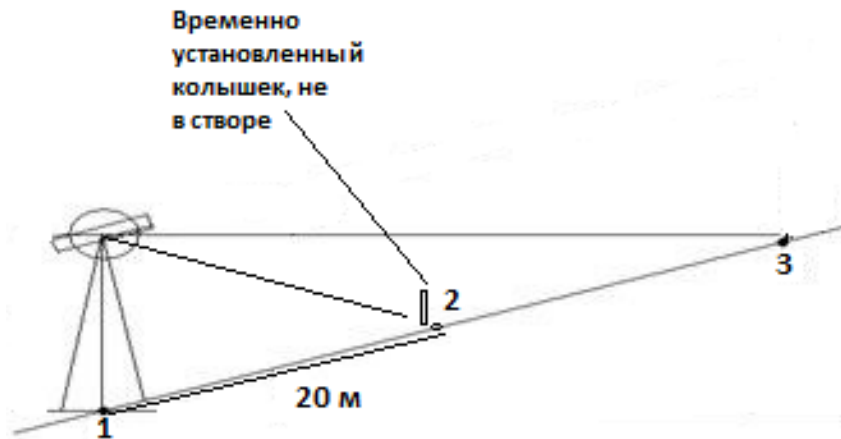


Схема работа на площадке.

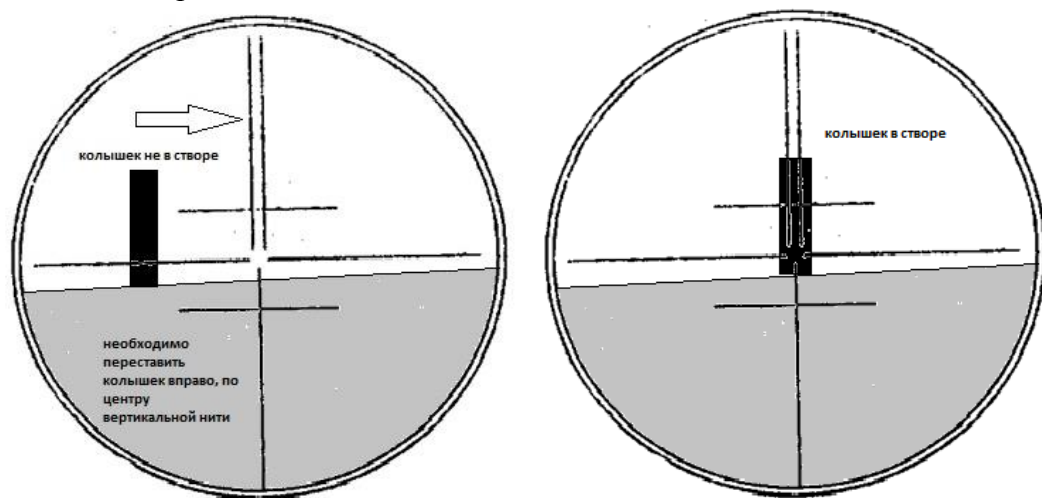
Чтобы вынести точку №2, нам необходимо в ее сторону отложить рулеткой 20 м и контрольное расстояние до точки №3 – 20 м, примерно забиваем колышек. Т.к. точка №2 визуально не может находиться в створе (на оси между точками 1 и 3), то нам необходимо создать створ (ось) и более точно указать ее местоположение, перебив колышек, на удалении от точки №1 - 20 м. Для этого устанавливаем теодолит над точкой №1 с помощью отвеса и приводим его в рабочее положение, установив пузырёк цилиндрического уровня по середине.



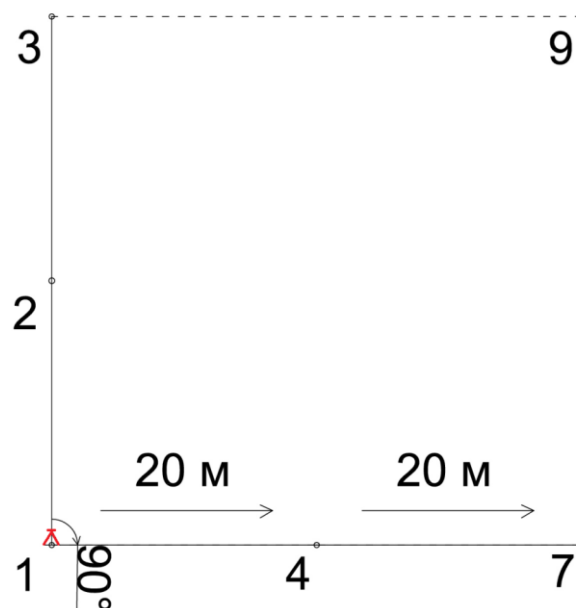
Теперь получается, что вертикальная ось вращения теодолита находится строго над точкой №1. Далее наводимся на точку №3 и закрепляем закрепительный винт алидады, делая невозможным вращение теодолита вправо или влево. Зрительная труба при этом не закреплена, нам необходимо ее немного опустить, чтобы в поле зрения попал временно установленный в точке №2 колышек.



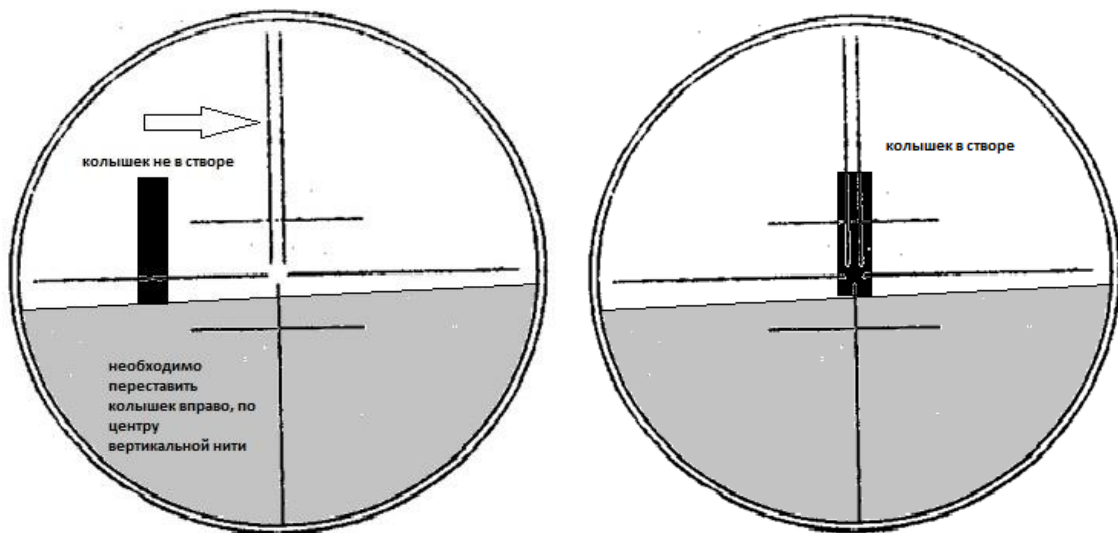
Он будет немного смещен относительно вертикальной нити зрительной трубы, наша задача переставить его таким образом, чтобы он оказался по центру вертикальной нити зрительной трубы, и закрепляем его окончательно (забить молотком на половину длины), так он станет в створе.



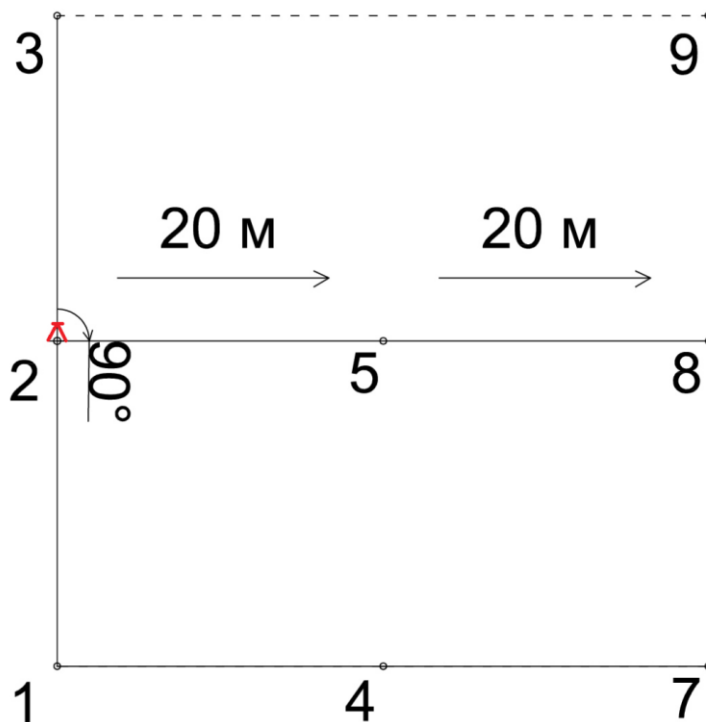
После выноса и закрепления точки №2, поворачиваем теодолит на $90^{\circ}00'00''$, установив его горизонтальный круг при наведении на точку №2 на $0^{\circ}00'00''$ нажатием кнопки **0SET** (установка нуля).



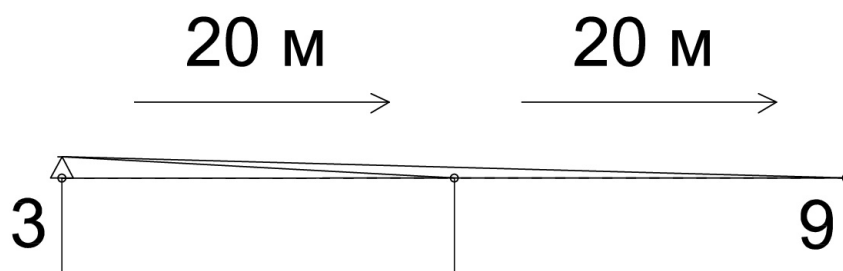
Откладываем в сторону точки №7 рулеткой 20 м и временно фиксируем точку №4, аналогично действиям на точке №2, проверяем расстояние до 7-й точки. Далее наводимся на место установки колышка и добиваемся, его положения в створе, проверив створ, наведясь на точку №7, она в створе.



Переставляем теодолит на точку №2 и наводимся на точку №1 или №3, затем поворачиваем теодолит на $90^{\circ}00'00''$, способом, описанным выше, и откладываем рулеткой расстояние в сторону точки №5 и в сторону точки №8. Фиксирует временно местоположение этих точек и с помощью теодолита, находящегося в створе, ищем правильное положение точек №5 и №8 на местности, способом, описанным выше.



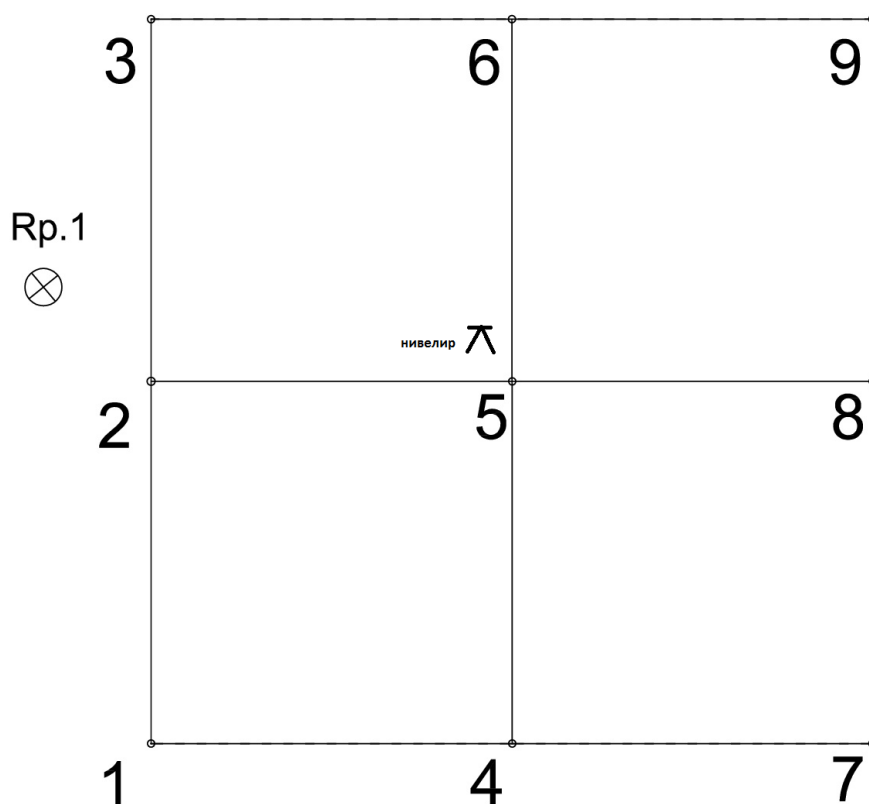
Переставляем теодолит на точку №3 и производим все операции, как описаны ранее для оставшихся точек №6 и №9.



В результате получает разбитый на квадраты участок, в виде забитых на местности 9-ти кольшечков.

Определяем местоположение пункта высотных сетей (репера – Rp.1) .

Находим на местности место для установки нивелира (станцию), чтобы были видны все вершины квадратов и репер. Устанавливаем нивелир по возможности равноудаленно от всех точек (если есть центральная точка, то отступаем от нее на 1,5 метра) и приводим его в рабочее положение, приведя пузырек круглого уровня в положение посередине.



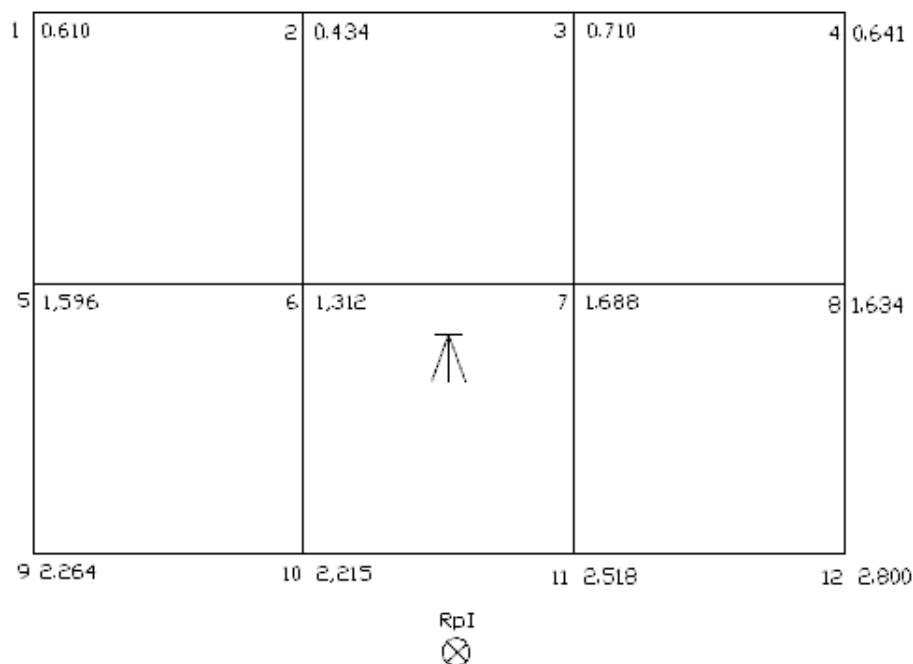
Вычисление горизонта инструмента при нивелировании площадки 40х60 м.

Разбиваем строительную площадку на 6 квадратов с длиной стороны каждого квадрата – 20 метров.

Разбивку на квадраты производим с помощью теодолита и рулетки. Устанавливаем нивелир на строительной площадке равноудаленно (не ближе к точке, чем на 1,5 м. см. паспорт прибора) от вершин квадратов в поле зрения должен быть репер. Устанавливаем на репере нивелирную рейку и берём по ней отсчёт (по чёрной стороне). Отсчет по черной стороне рейки на репере - $Ч_{Rp1} = 1312\text{мм}$.

Далее устанавливаем нивелирную рейку на каждой из вершин квадратов и записываем взятые по чёрной стороне рейки отсчеты на схеме нивелирования строительной площадки у соответствующей вершины квадрата.

СХЕМА НИВЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ (1:500)



Исходные данные:

$H_{Rp1} = 150,000$ м (абсолютная отметка репера);

$d = 20$ м (сторона квадрата. В М 1:500 $d = 4$ см);

$Ч_{Rp1} = 1312$ мм (отсчёт по чёрной стороне рейки, установленной на репере);

Высота сечения рельефа $h = 0,5$ м.

1. Вычисляем горизонт инструмента по формуле: $ГИ = H_{Rp1} + Ч_{Rp1}$

$ГИ = 150,000 + 1,312 = 151,312$ м.

Тема 4.2. Геодезические расчеты при вертикальной планировке.

2. Вычисляем чёрные (фактические) отметки углов строительной площадки по формуле:

$$H_q = ГИ - Ч$$

$$H_{q1} = 151,312 - 0,610 = 150,702 \text{ м};$$

$$H_{q2} = 151,312 - 0,434 = 150,878 \text{ м};$$

$$H_{q3} = 151,312 - 0,710 = 150,602 \text{ м};$$

$$H_{q4} = 151,312 - 0,641 = 150,671 \text{ м};$$

$$H_{q5} = 151,312 - 1,596 = 149,716 \text{ м};$$

$$H_{q6} = 151,312 - 1,312 = 150,000 \text{ м};$$

$$H_{q7} = 151,312 - 1,688 = 149,624 \text{ м};$$

$$H_{q8} = 151,312 - 1,634 = 149,678 \text{ м};$$

$$H_{q9} = 151,312 - 2,264 = 149,048 \text{ м};$$

$$H_{q10} = 151,312 - 2,215 = 149,097 \text{ м};$$

$$H_{q11} = 151,312 - 2,518 = 148,794 \text{ м};$$

$$H_{q12} = 151,312 - 2,800 = 148,512 \text{ м}.$$

СХЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ОТМЕТКИ (1:500)

	H1		H2		H2		H1
1	150,702	2	150,878	3	150,602	4	150,671
	H2		H4		H4		H2
5	149,716	6	150,000	7	149,624	8	149,678
	H1		H2		H2		H1
9	149,048	10	149,097	11	148,794	12	148,512

4. Вычисляем проектную (красную) отметку по формуле:

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2 \cdot \sum H_2 + 4 \cdot \sum H_4}{4 \cdot n}, \text{ где}$$

n – количество квадратов на строительной площадке;

$\sum H_1$ – сумма чёрных отметок относящихся только к 1 квадрату;

$\sum H_2, \sum H_4$ – сумма чёрных отметок, являющихся общими для 2-х или 4-х квадратов.

$$\sum H_1 = 150,702 + 150,671 + 148,512 + 149,048 = 598,933 \text{ м};$$

$$\sum H_2 = 150,878 + 150,602 + 149,678 + 148,794 + 149,097 + 149,716 = 898,765 \text{ м};$$

$$\sum H_4 = 150,000 + 149,624 = 299,624 \text{ м};$$

$$H_{\text{пр}} = (598,933 + 2 \cdot 898,765 + 4 \cdot 299,624) / 4 \cdot 6 = 3594,959 / 24 = 149,790 \text{ м}.$$

5. Составляем картограмму земляных работ.

Вычисляем рабочие отметки по формуле: $H_{\text{раб}} = H_{\text{пр}} - H_{\text{чер}}$

$$H_{\text{раб } 1} = 149,790 - 150,702 = - 0,912 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 2} = 149,790 - 150,878 = - 1,088 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 3} = 149,790 - 150,602 = - 0,812 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 4} = 149,790 - 150,671 = - 0,881 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 5} = 149,790 - 149,716 = - 0,074 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 6} = 149,790 - 150,000 = - 0,210 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 7} = 149,790 - 149,624 = 0,166 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 8} = 149,790 - 149,678 = 0,112 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 9} = 149,790 - 149,048 = 0,742 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 10} = 149,790 - 149,097 = 0,693 \text{ м};$$

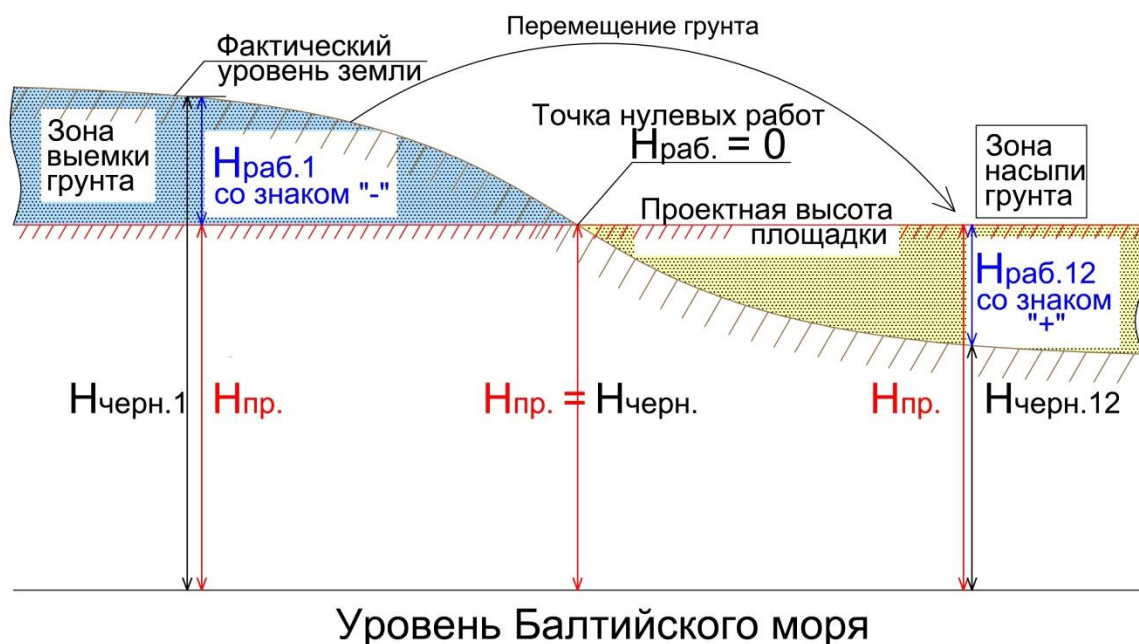
$$H_{\text{раб } 11} = 149,790 - 148,794 = 0,996 \text{ м};$$

$$H_{\text{раб } 12} = 149,790 - 148,512 = 1,278 \text{ м}.$$

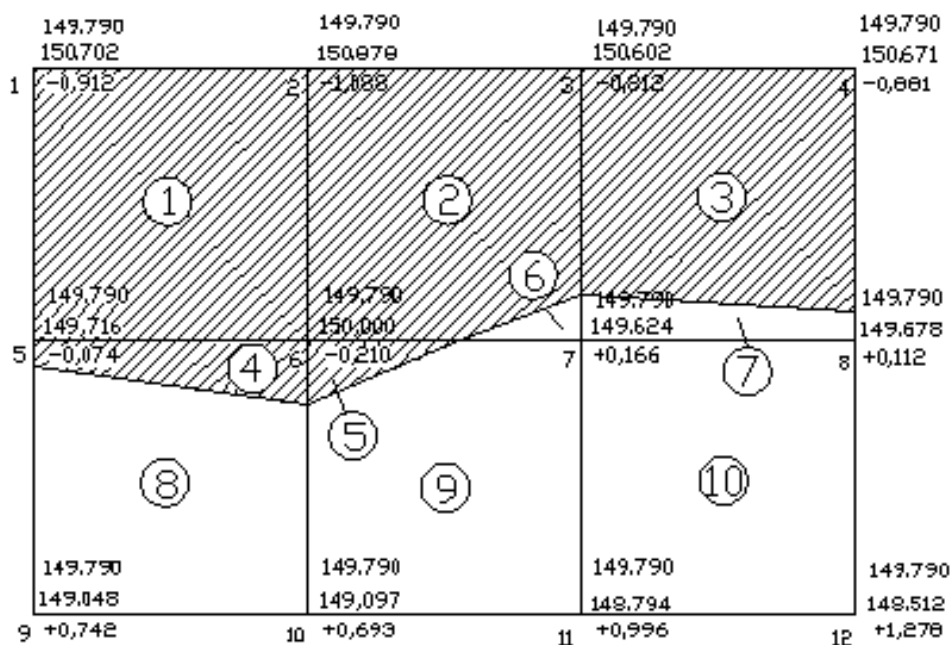
Строим **картограмму земляных работ** с соблюдением масштаба и выписываем предвычисленные черные, рабочие отметки и проектную отметку у соответствующей вершины квадрата. Цель построения Картограммы – получить план для дальнейшего

перемещения грунта внутри площадки и получения проектной плоскости (её высоте соответствует проектная отметка). Задача состоит в перемещении грунта таким образом, чтобы не пришлось завозить или вывозить грунт для ее выравнивания.

На картограмме необходимо построить **Линию нулевых работ**, которая будет являться границей в перемещении грунта по площадке. Её построение проводим по вычисленным расстояниям между определенными вершинами квадратов до **точек нулевых работ**.



КАРТОГРАММА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ (1:500)



6. Вычисляем расстояния до **точек нулевых работ** по формуле:

$$X = \frac{a}{a+b} \cdot d, \text{ где}$$

a и b – рабочие отметки соседних вершин квадратов, где рабочая отметка со знаком «+» переходит в «-» или наоборот. Отметки берутся по модулю, т.е. со знаком «+»;

d – длина стороны квадрата (в М 1:500 $d = 4$ см – для более точного построения, но для последующих вычислений необходимо перевести это значения в **метры** (умножив на 5).

$$X_{5-9} = 0,074 \cdot 4 / (0,074 + 0,742) = 0,363 \text{ см, в М 1:500} = 1,81 \text{ м;}$$

$$X_{6-10} = 0,210 \cdot 4 / (0,210 + 0,693) = 0,930 \text{ см, в М 1:500} = 4,65 \text{ м;}$$

$$X_{6-7} = 0,210 \cdot 4 / (0,210 + 0,166) = 2,234 \text{ см, в М 1:500} = 11,17 \text{ м;}$$

$$X_{3-7} = 0,812 \cdot 4 / (0,812 + 0,166) = 3,321 \text{ см, в М 1:500} = 16,61 \text{ м;}$$

$$X_{4-8} = 0,881 \cdot 4 / (0,881 + 0,112) = 3,549 \text{ см, в М 1:500} = 17,74 \text{ м.}$$

На картограмме земляных работ строим **точки нулевых работ** по вычисленным расстояниям до них. Затем соединяем точки нулевых работ прямыми линиями и получаем **линию нулевых работ**. Штриховкой показываем зону выемки грунта, предварительно пронумеровав полученные фигуры. (Выемка – «-» (это лишний грунт - под срезку), насыпь – «+» (нехватка грунта - под засыпку)).

7. Вычисляем площади полученных фигур.

$$S_1 = d \cdot d = 20 \cdot 20 = 400 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = 400 - S_6 = 400 - 14,67 = 385,03 \text{ м}^2;$$

$$S_3 = 0,5 \cdot (X_{3-7} + X_{4-8}) \cdot d = 0,5 \cdot (16,61 + 17,74) \cdot 20 = 343,5 \text{ м}^2;$$

$$S_4 = 0,5 \cdot (X_{5-9} + X_{6-10}) \cdot d = 0,5 \cdot (1,81 + 4,65) \cdot 20 = 64,6 \text{ м}^2;$$

$$S_5 = 0,5 \cdot X_{6-10} \cdot X_{6-7} = 0,5 \cdot 4,65 \cdot 11,17 = 25,97 \text{ м}^2;$$

$$S_6 = 0,5 \cdot (20 - X_{6-7}) \cdot (20 - X_{3-7}) = 0,5 \cdot 8,83 \cdot 3,39 = 14,97 \text{ м}^2;$$

$$S_7 = 400 - S_3 = 56,5 \text{ м}^2;$$

$$S_8 = 400 - S_4 = 335,4 \text{ м}^2;$$

$$S_9 = 400 - S_5 = 374,03 \text{ м}^2;$$

$$S_{10} = 400 \text{ м}^2.$$

8. Вычисляем средние рабочие отметки фигур по формуле: $H_{\text{ср.раб.}} = \sum H_{\text{раб.фиг.}} / n$, где $\sum H_{\text{раб.фиг.}}$ – сумма рабочих отметок фигуры. Отметки берутся по модулю, т.е. со знаком «+»;

n – сумма углов фигуры.

$$H_{\text{ср.раб. 1}} = (0,912 + 1,088 + 0,074 + 0,210) / 4 = 0,571 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 2}} = (1,088 + 0,812 + 0 + 0 + 0,210) / 5 = 0,422 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 3}} = (0,812 + 0,881 + 0 + 0) / 4 = 0,423 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 4}} = (0,074 + 0,210 + 0 + 0) / 4 = 0,071 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 5}} = (0,210 + 0 + 0) / 3 = 0,070 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 6}} = (0 + 0 + 0,166) / 3 = 0,055 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 7}} = (0,166 + 0,112 + 0 + 0) / 4 = 0,0695 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 8}} = (0,742 + 0 + 0 + 0,693) / 4 = 0,359 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 9}} = (0,693 + 0 + 0 + 0,166 + 0,996) / 5 = 0,371 \text{ м;}$$

$$H_{\text{ср.раб. 10}} = (0,996 + 0,166 + 0,112 + 1,278) / 4 = 0,6255 \text{ м.}$$

9. Вычисляем объёмы фигур по формуле: $V = S \cdot H_{\text{ср.раб}}$

Результаты вычислений записываем в таблицу 1, согласно положению фигуры в выемке или насыпи.

Таблица 1. Подсчёт объёмов земляных масс.

№ фигуры	Средняя раб. отметка, м	Площадь фигуры, м ²	Объём земл. работ, м ³	
			Выемка (-)	Насыпь (+)
1	0,571	400	228,4	
2	0,422	385,03	162,48	
3	0,423	343,5	145,3	
4	0,071	64,6	4,59	

5	0,070	25,97	1,818	
6	0,055	14,97		0,823
7	0,0695	56,5		3,927
8	0,359	335,4		120,409
9	0,371	374,03		138,765
10	0,6255	400		250,2
			$\Sigma B = 542,588$	$\Sigma H = 514,124$

10. Вычисляем баланс земляных масс (расхождение между объемами насыпи и выемки) по формуле: (допустимо: $\Delta V \leq 5\%$)

$$\Delta V = \frac{\Sigma B - \Sigma H}{\Sigma B + \Sigma H} \times 100\% \quad \Delta V = \frac{542,588 - 514,124}{542,588 + 514,124} \times 100\% = 2,69\%$$

Вывод: т.к. баланс земляных масс получился со знаком плюс, то предстоит вывоз грунта. Срезанного грунта останется больше, чем надо для засыпки зоны «насыпи», до проектной высоты (28,464 м³).

РАЗДЕЛ 5. Понятие о геодезических работах при трассировке сооружений линейного типа.

Тема 5.1 Содержание и технология выполнения работ по полевому трассированию.

I. Камеральное трассирование выполняют в основном на стадии проекта. При этом используют топографические карты масштаба 1:25 000 или 1:50 000, фотосхемы, а также цифровую модель местности.

Трассирование по топографической карте в зависимости от условий местности выполняют или способом попыток или построением линии допустимого уклона.

1. Способ попыток, применяемый в равнинной местности, состоит в следующем. Между заданными точками намечают на карте кратчайшую трассу, по которой составляют продольный профиль с проектом линии будущей дороги. На основании анализа продольного профиля выявляют места, в которых трассу целесообразно сдвинуть вправо или влево, чтобы отметки местности совпали с проектными. Эти места вновь трассируют и составляют улучшенный проект трассы.

2. В условиях местности со сложным рельефом самый распространенный прием камерального трассирования — построение на топографической карте в заданном направлении линии предельно допустимого уклона для данной категории трассы. Для этого по карте данного масштаба 1: М и по высоте сечения рельефа h определяют величину заложения d для предельно допустимого уклон. По найденному заложению на карте выделяют участки, отличающиеся по характеру трассирования, так называемые участки вольного и напряженного ходов.

Участки местности, для которых средний уклон местности больше предельно допустимого уклона, называют напряженным ходом, а где меньше - называют участками вольного хода.

На участке вольного хода трассу намечают по кратчайшему направлению, обходя лишь контурные препятствия.

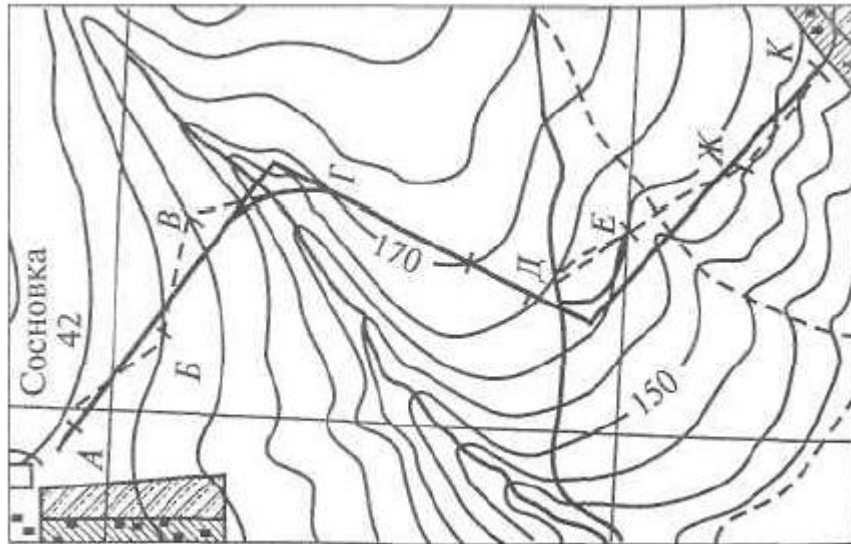


Рис. Трассирование с заданным уклоном.

Таким образом получают на карте точки А, В, ..., К, образующие линию нулевых работ. Однако линия нулевых работ еще не может быть осью будущей дороги, так как она состоит из большого числа коротких звеньев, сопряжение которых кривыми невозможно из-за ограничений минимальных радиусов, поэтому линию нулевых работ заменяют участками более длинных прямых (спрямляют). Спрявление вызывает необходимость земляных работ. После спрямления линии нулевых работ транспортиром измеряют углы поворота трассы и, соблюдая нормативные требования, назначают радиусы круговых кривых. Затем по трассе намечают положение пикетов и характерных точек рельефа. Пикет — это точка оси трассы, предназначенная для закрепления заданного интервала. Характерные перегибы рельефа или контурные точки, которые определяют пересекаемые трассой сооружения, водотоки, границы угодий, линии связи и т.д., называют плюсовыми точками. Пикетаж трассы — это система обозначения и закрепления ее точек. Для того чтобы не загружать чертеж, разбивку пикетажа по карте производят сокращенно: через два или пять пикетов. Закрепление пикетов начинают с нулевого. Плюсовые точки обозначают по номеру предыдущего пикета и расстоянию до него в метрах, например ПК2 + 35,7.

Отметки пикетов и плюсовых точек находят интерполированием по горизонталям. По отметкам и пикетажу строят продольный профиль местности по трассе, а затем, руководствуясь техническими нормативами, проектируют профиль будущей дороги.

Трассирование может быть выполнено в нескольких вариантах, из которых после составления продольного профиля и проектирования проектной линии может быть выбран наилучший (оптимальный).

II. Полевое трассирование ведут на стадии рабочего проектирования для поиска местных улучшений трассы, ее окончательного перенесения и закрепления на местности. Основой для полевого трассирования служат материалы камерального трассирования. Проект трассы, разработанный в камеральных условиях, выносят в натуру (на местность) по данным привязок углов поворота к пунктам геодезической основы или ближайшим контурам местности. Предпочтение отдают выносу точек трассы от пунктов геодезической основы как более надежному и точному.

В поле начинают с нахождения необходимых геодезических или контурных точек, от которых производят соответствующие угловые и линейные построения для определения положения исходных точек трассы, в том числе и начальной. На точках трассы, найденных на местности, устанавливают вехи и обследуют намеченные направления, в частности переходы через водотоки и овраги, пересечения существующих магистралей и другие сложные места. Иногда приходится несколько смещать провешенную линию и передвигать вершины углов поворота, чтобы удобнее разместить элементы плана и профиля трассы и обеспечить минимальный объем строительных работ.

Окончательно выбранное положение вершин углов поворота закрепляют на местности деревянными или железобетонными столбами и составляют абрис привязки этих точек к местным предметам. Между закрепленными вершинами углов (ВУ) поворота трассы прокладывают теодолитный ход, измеряя правые по ходу углы и длины сторон.

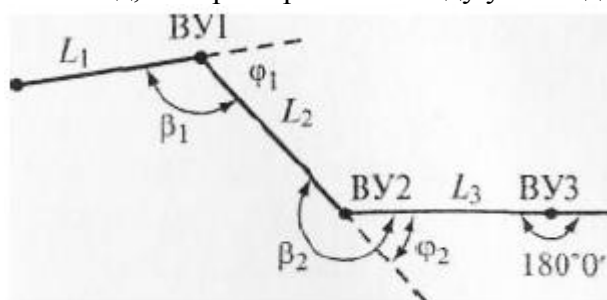


Рис. Определение углов поворота по трассе.

Углы измеряют одним приемом со средней квадратической погрешностью $0,5'$. На длинных прямых участках в пределах непосредственной видимости через 500 ...800 м устанавливают створные точки (дополнительные углы), которые задают отложением угла 180° при двух кругах теодолита. Угол хода на створной точке также измеряют одним приемом.

Расстояния между вершинами углов поворота и створными точками измеряют мерной лентой, рулеткой или дальномерами с предельной относительной погрешностью $1/1000 \dots 1/2000$. но измеренные длины вводят поправки за наклон со знаком плюс. По результатам измерений углов и линий и данным плановой привязки трассы к пунктам геодезической основы вычисляют координаты вершин углов поворота.

При полевом трассировании разбивают пикетаж трассы. Начальная точка трассы служит нулевым пикетом. Ее фиксируют, как все пикеты и плюсовые точки, с помощью кола диаметром 30 мм. длиной 150 мм. который забивают почти вровень с землей. Рядом с колом на расстоянии 200 мм по направлению хода забивают сторожок — кол длиной 300... 500 мм. На сторожке пишут номер пикета так, чтобы надпись была обращена назад по ходу к точке пикета. Пикет окапывают канавкой.

Для разбивки пикетажа каждую линию трассы провешивают с помощью теодолита. Разбивку пикетажа ведут с применением стальной ленты или рулетки. Пикеты разбивают через 100 м. Для более детального отображения профиля местности дополнительно фиксируют плюсовые точки.

Для того чтобы избежать измерения углов наклона и введения поправок за наклон, на наклонных участках ведут разбивку пикетажа, укладывая ленту горизонтально и проектируя отвесом на землю приподнятый конец мерного прибора.

На углах поворота трасс, вставляют круговые и переходные кривые. В качестве

круговых кривых применяют дуги окружностей больших радиусов. В качестве переходных используют кривые переменного радиуса, который может изменяться от бесконечности до радиуса данной круговой кривой. С помощью переходных кривых более плавно сопрягают прямолинейные участки дорожной трассы с круговой кривой.

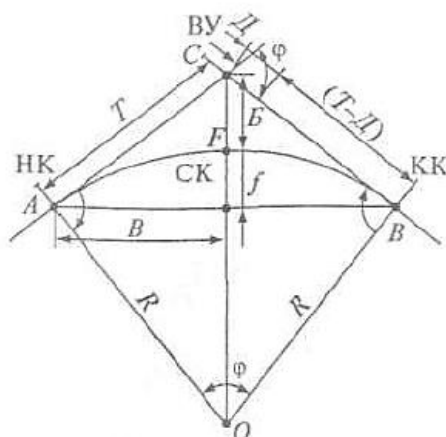


Рис. 20.3. Основные элементы круговой кривой

Основные элементы круговой кривой трассы (рис. 20.3): ϕ — угол поворота, измеряемый в натуре; R — радиус кривой, назначаемый в зависимости от условий местности и категории дороги; $AC = CB = T$ —

длина касательных, называемая тангенсом и вычисляемая по формуле $T = R \tan(\phi/2)$; $AFB = K$ — длина круговой кривой, определяемая по формуле $K = R(\pi\phi/180)$; $CF = B$ — длина биссектрисы, которую вычисляют по формуле $B = R(\sec \phi/2 - 1)$; $D = 27' - K$ — домер; $D = R(2 \tan \phi/2 - \pi\phi/180)$.

В практике элементы круговых трасс находят по таблицам, составленным по аргументам R и ϕ . Точки начала НК, середины СК и конца КК круговой кривой называют главными.

На круговой кривой пикетаж разбивают по линиям тангенсов. Сначала по измеренному значению угла поворота ϕ и принятому радиусу R из таблиц круговых кривых выбирают элементы кривой: тангенс T , длину кривой K , биссектрису B и домер D . Затем по уже определенному пикетажному значению вершины угла ВУ (ПК ВУ... 14 + 25,00) рассчитывают пикетажные наименования главных точек кривой (рис. 20.4, а) и, найдя их на местности, закрепляют. При этом начало кривой НК находят промером от уже закрепленного ближайшего пикета, а середину кривой СК отложением расстояния B по биссектрисе угла поворота.

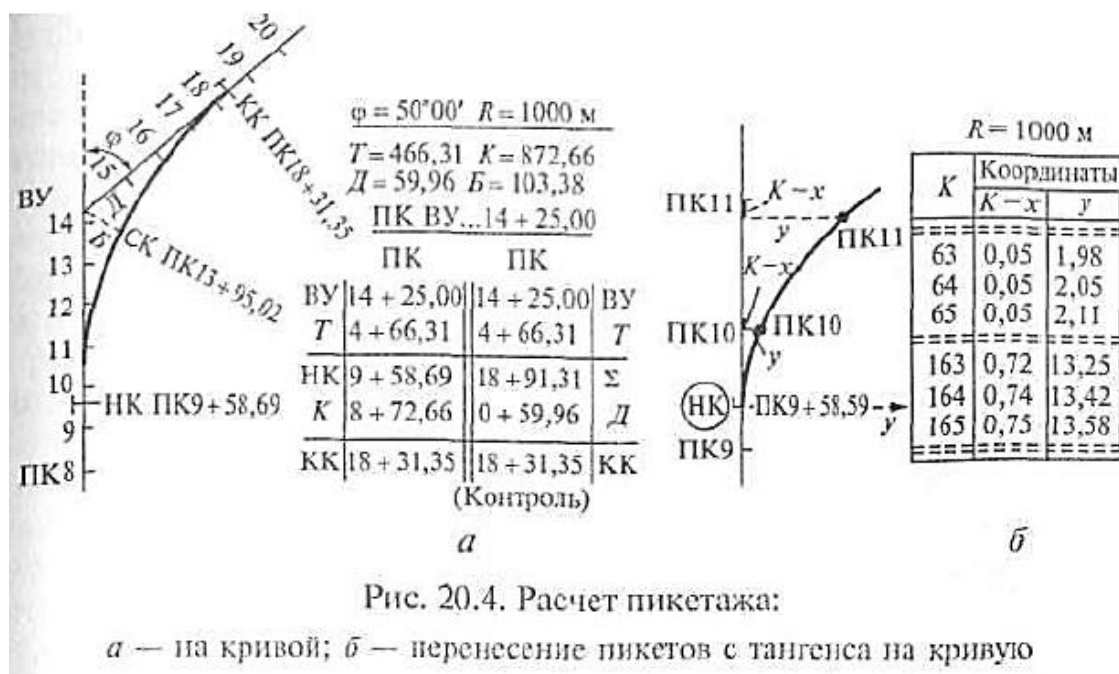


Рис. 20.4. Расчет пикетажа:

а — на кривой; б — перенесение пикетов с тангенса на кривую

Разбивку пикетов от вершины угла по другому тангенсу начинают с отложения от вершины угла ВУ домера D , считая, что его конец имеет то же пикетажное значение, что и вершина угла. От конца домера откладывают расстояние, недостающее до ближайшего целого пикета (на рис. 20.4, а это расстояние равно 75,00 м до пикета ПК 15). Далее обычным путем разбивают пикеты до следующего угла поворота. Зная пикетажное значение конца кривой КК, по ходу разбивки находят его на линии тангенса и закрепляют.

Разбитые таким образом пикеты расположены на касательных, которые должны находиться на оси трассы, т.е. на кривой. Пикеты переносятся с касательных на кривую методом прямоугольных координат. Данные получают из специальных таблиц (рис. 20.4, б). По принятому радиусу кривой 1000 м и длине K участка кривой от начала (или симметрично от конца) ее до выносимого пикета по таблице выбирают значения $(K-x)$ — кривой без абсциссы и y — ординаты. Так, для пикета 10 $K = 64$ ($K-x$) = 0,05 м и $y = 2,05$ м; для пикета 11 $K = 164$ ($K-x$) = 0,74 м и $y = 13,42$ м. Кривую без абсциссы $(K-x)$ откладывают рулеткой от соответствующего пикета, временно закрепленного на

касательной, в сторону, противоположную вершине угла, т.е. к началу (или концу) кривой, а ординату y откладывают из найденной точки по перпендикуляру к касательной. Перпендикуляр к касательной при $y < 5$ м намечают «на глаз», а при $y > 5$ м направление перпендикуляра задают с помощью экера или теодолита.

Для характеристики поперечного уклона местности разбивают поперечные профили (рис. 20.5) в обе стороны от трассы на 15... 30 м и более в зависимости от характера склона и типа дороги. Поперечные профили назначают на таком расстоянии один от другого, чтобы местность между ними имела однообразный уклон.

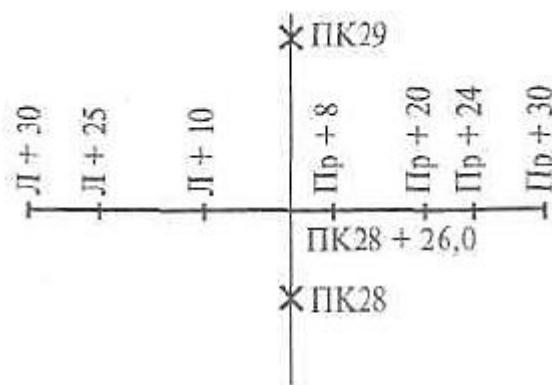


Рис. 20.5. Разбивка поперечного профиля трассы

В процессе разбивки пикетажа ведут журнал, в котором показывают все основные элементы трассы, пункты геодезической основы, ситуацию, отдельные элементы рельефа в полосе шириной по 50... 100 м с каждой стороны от оси будущей дороги. Все данные в последующем помещают в соответствующих графах продольного профиля.

Восстановление дорожной трассы и разбивка кривых

Между проектированием и строительством дороги проходит определенный промежуток времени, за который точки закрепления трассы на местности частично утрачиваются. Поэтому перед началом строительных работ трассу восстанавливают, принимая за основную окончательно выбранную и закрепленную на местности при полевом трассировании и определенную чертежами рабочей документации трассу. Восстановление начинают с отыскания на местности вершин углов поворота трассы. Отдельные вершины, на которых не сохранились знаки крепления, находят промерами от постоянных местных предметов согласно абрисам их привязки или прямой засечкой по проектным углам из двух соседних вершин трассы.

Если знаки крепления не сохранились на нескольких расположенных рядом углах поворота и их невозможно восстановить от местных предметов, то вновь выполняют трассирование этого участка, придерживаясь взятых с проекта углов поворота и расстояний.

Одновременно с восстановлением вершин измеряют углы поворота трассы и сравнивают полученные значения с проектными.

При обнаружении значительных расхождений направление трассы на местности не изменяют, а исправляют значение проектного угла поворота и пересчитывают по исправленному углу все элементы кривой.

Затем приступают к контрольному измерению линий с разбивкой пикетажа. Пикеты и точки пересечения трассы с водотоками и магистралями устанавливают в створе по теодолиту. При этом стараются не допускать сплошной передвижки существующего пикетажа.

На закруглениях трассы детально разбивают переходные и круговые кривые. При радиусе, большем 500 м, кривую разбивают через 20 м, при радиусе менее 500 м — через 10 м, при радиусе менее 100 м — через 5 м.

Наиболее распространенный способ детальной разбивки кривых — с п о с о б прямоугольных координат. Для совместной детальной разбивки переходных и круговых кривых из соответствующих таблиц по значениям радиуса R круговой кривой и длине / переходной кривой выбираются разности $K - x$ (кривая без абсциссы) и ординаты y . Разбивку ведут от конечных точек начала первой переходной кривой НПК1 и начала второй переходной кривой НПК2 к середине круговой кривой (рис. 20.6). Вдоль тангенсов откладывают длины кривых Kx , соответствующие интервалу разбивки, отмеряя назад значения $K - x$. В найденных точках восстанавливают перпендикуляры и откладывают ординаты y , определяя точки кривой.

В стесненных условиях для разбивки кривой применяют способ х о р д. В этом способе положение точек переходных и круговых кривых определяют построениями от хорд (рис. 20.7). Длину хорды выбирают равной 100 м и более с таким расчетом, чтобы наибольшая ордината y не превышала 2...3 м.

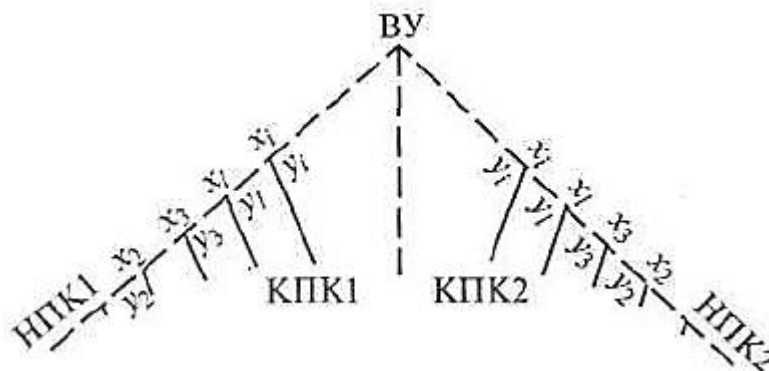


Рис. 20.6. Схема разбивки кривых способом прямоугольных координат.

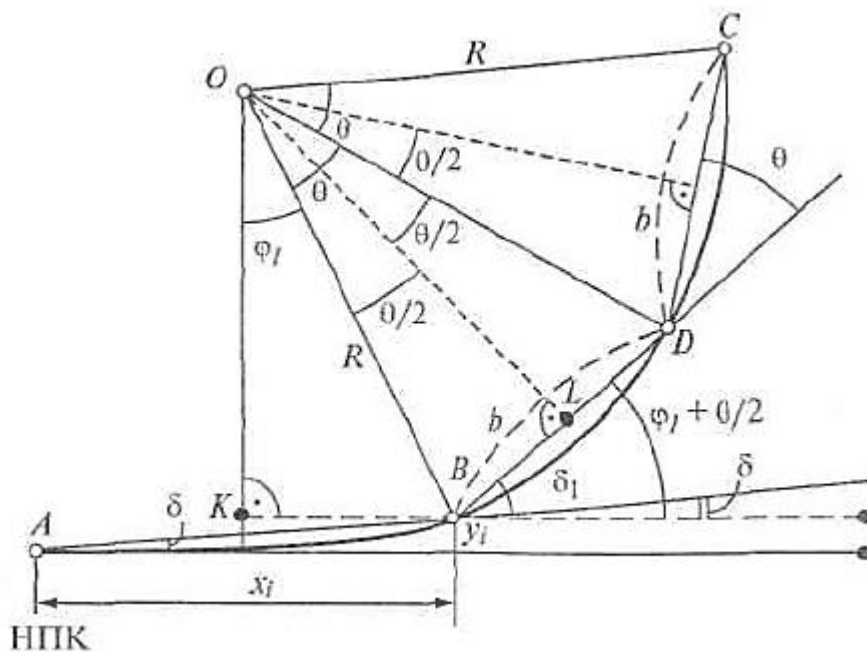


Рис. 20.7. Схема разбивки кривых способом хорд.

Направления хорд задают при помощи теодолита по углам β и θ . Углы находят по следующим формулам:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{y_l}{x_l}; \quad \delta_l = \varphi_l + \frac{\theta}{2} - \delta; \quad \varphi_l = \frac{l}{2R} \rho; \quad \sin \frac{\theta}{2} = \frac{b}{2R},$$

где X_l, Y_l — координаты конца переходной кривой длиной L ; φ , — центральный угол переходной кривой ; θ — центральный угол круговой кривой, стягиваемой хордой b ; R — радиус круговой кривой.

Координаты разности K -х и y для детальной разбивки кривой от хорды выбирают из специальных таблиц по значениям R и b отдельно для переходных и круговой кривых. Разбивку ведут от концов хорды к середине, так же как и в способе прямоугольных координат, от линии тангенса.

В горных районах и на косогорных участках проектируют сложные кривые, называемые серпантинами. Основными элементами серпантин (рис. 20.8) являются: основная кривая FDE радиуса R , две вспомогательные кривые AP и RG с радиусами r_1 и r_2 , две прямые вставки или переходные кривые $PE = L_1$, и $FG = L_2$.

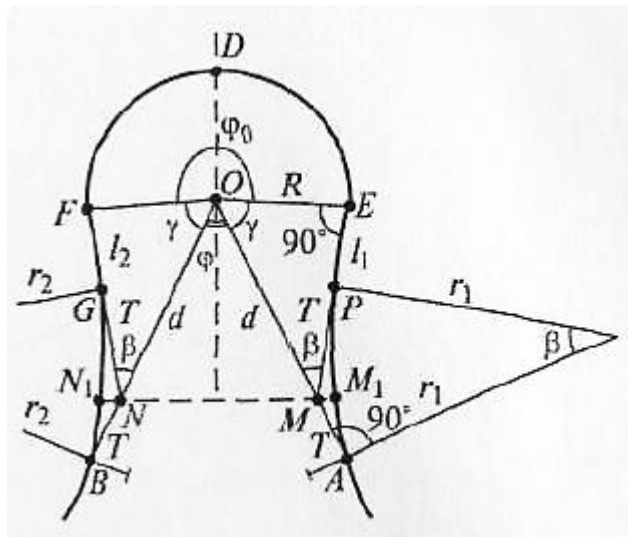


Рис. 20.8. Симметричная серпантина.

При разбивке серпантин теодолит устанавливают в вершине угла поворота O и по створу прямых OA и OB откладывают расстояние d . Получают на местности вершины M и N вспомогательных кривых. По этим же направлениям от полученных точек откладывают длину тангенса T и находят точки A и B начала и конца серпантин. Затем, откладывая от сторон OA и OD угол γ и длину радиуса R , находят точки E и F — начало и конец основной кривой. Для контроля измеряют угол ρ . Откладывая по направлению ME от вершины M величину тангенса T , получают точку P конца вспомогательной кривой. От точек A и P обычным порядком через 5... 10 м детально разбивают вспомогательную кривую.

Диалогично разбивают вторую вспомогательную кривую. Детальную разбивку основной кривой производят через 3... 5 м. Для этого угол ϕ_0 делят на соответствующее число частей и вдоль заданных теодолитом направлений откладывают от центра кривой радиус R .

После восстановления пикетажа и детальной разбивки кривых трассу закрепляют. Знаки крепления устанавливают вне зоны земляных работ так, чтобы они сохранялись на все время строительства.

Одновременно с закреплением трассы для удобства обслуживания строительных работ сгущают сеть рабочих реперов с таким расчетом, чтобы на 4...5 пикетов трассы приходился один репер. В качестве реперов стремятся использовать различные местные предметы, устойчивые по высоте, и знаки крепления, установленные ниже глубины промерзания.

В контрольное нивелирование трассы включают все пикетные и плюсовые точки и всю сеть постоянных и временных реперов. Для уточнения подсчета объемов земляных работ в местах, где поперечный уклон превышает $0,1$ (6°), разбивают и нивелируют дополнительные поперечники.

При восстановлении трассы может быть проведено некоторое ее корректирование и улучшение расположения на местности для уменьшения объема земляных работ и увеличения устойчивости отдельных сооружений. Так, могут быть спрямлены некоторые участки, найден более удачный переход или обход мест, неустойчивых в геологическом отношении, более удачно размещены искусственные сооружения, несколько изменены радиусы кривых и уклоны продольного профиля.

Точность геодезических работ при восстановлении трассы должна быть не ниже точности этих работ на стадии окончательных изысканий.

Тема 5.2 Построение профиля. Определение проектных элементов трассы.

Пикетажный журнал (рис. 1) состоит из сшитых листов клетчатой бумаги. Ось трассы показывают в виде прямой линии, расположенной посередине страницы. На прямую линию в масштабе (обычно одна клетка равна 20 м) наносят все пикетные и плюсовые точки, углы поворота, поперечные профили и т.д. Запись в журнале ведут снизу вверх, чтобы правая и левая стороны страницы соответствовали правой и левой сторонам трассы по ходу пикетажа.

Углы поворота обозначают стрелками, направленными вправо и влево от средней осевой линии в зависимости от того, в какую сторону поворачивает трасса. Около углов поворота выписывают принятые основные элементы кривых: угол поворота с указанием правый или левый, радиус, тангенс, кривую, биссектрису, домер; здесь же подсчитывают пикетажные значения начала и конца кривой.

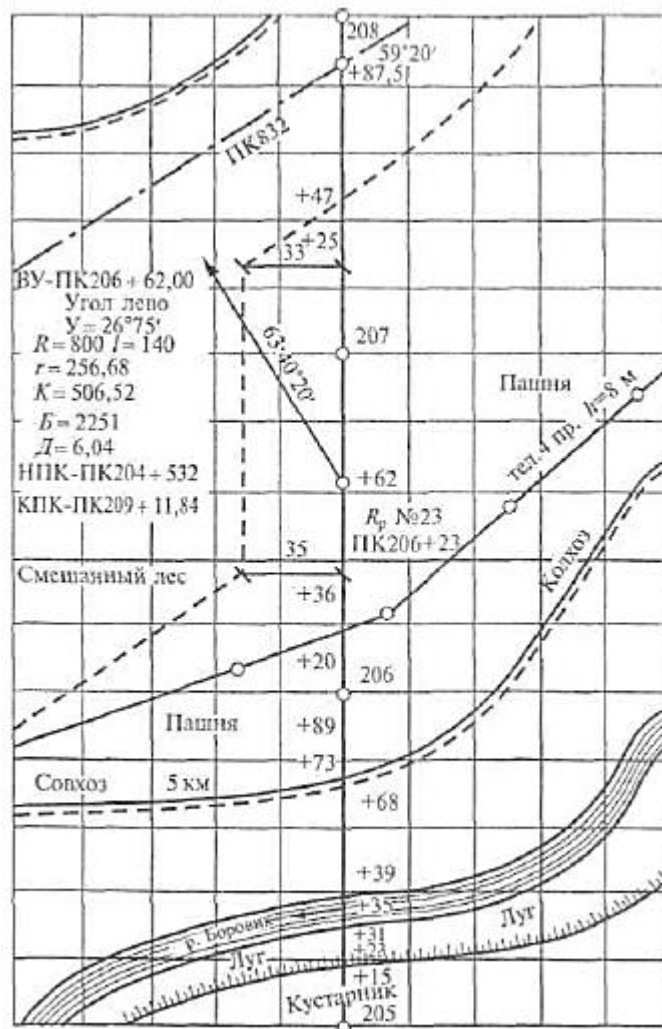


Рис. 1. Пикетажный журнал (условный пример).

Эта же информация может быть записана, например, в электронном журнале.

Разбивку пикетажа ведут по той же линии, по которой выполняют непосредственный промер между вершинами углов при проложении теодолитного хода, что позволяет контролировать линейные измерения. Контрольное расстояние L_K между смежными вершинами угла должно быть равно разности их пикетажных значений плюс домер на задней вершине: $L_K = PK_{n+1} - PK_n + D_n$.

Разность ΔL непосредственно измеренной линии и полученной по приведенной выше формуле в относительной мере не должна превышать 1/1000 — в благоприятных условиях измерений, 1/500 — в неблагоприятных условиях.

Разбивка пикетажа через 100 м затрудняет использование дальномеров, поэтому иногда применяют беспикетный способ полевого трассирования, при котором на местности разбивают не каждый стометровый пикет, а только точки, расположенные на характерных формах рельефа и важных для проектирования элементах ситуации. На планах и продольных профилях пикеты наносят камерально, их отметки определяют интерполированием между ближайшими плюсовыми точками. Если пикеты необходимы для строительства дороги, то их разбивают на местности при восстановлении трассы.

Для составления продольного и поперечного профилей трассы и определения отметок реперов, устанавливаемых вдоль трассы, производят техническое нивелирование с использованием, как правило, двух нивелиров. Первым прибором нивелируют все связующие точки (пикеты, плюсовые точки, реперы), вторым — все промежуточные точки (некоторые плюсовые точки, поперечные профили, геологические выработки на трассе). Километровые пикеты и реперы как связующие точки обязательно нивелируют обоими нивелирами, что позволяет надежно контролировать превышения в ходе.

Нивелирование по ходу обычно ведут методом из середины, устанавливая равенство плеч «на глаз». Расстояние до связующих точек принимают равным 100... 150 м. Если нивелирование по трассе производят одним нивелиром, то превышения между связующими и всеми пикетными точками определяют по черной и красной сторонам реек, а при работе с односторонними рейками — при двух горизонтах нивелира. Рейки применяют шашечные, трехметровые, двусторонние; в пересеченной местности удобны четырехметровые складные рейки.

При передаче высот через водные препятствия наблюдения выполняют или по специальной программе, или пользуются уровнем воды, полагая, что у взаимно противоположных берегов он имеет одинаковые отметки.

Полевой контроль нивелирования производят на станции и в ходе между реперами с известными отметками. Расхождения между превышениями, полученными на станции из наблюдений двумя нивелирами или по двум сторонам реек, не должны превышать 7... 10 мм. Невязка в ходе между реперами с известными отметками не должна превышать

$$f_{\text{ндоп}} = 50\text{мм} * \sqrt{L(\text{км})}$$

где L — длина хода, км, а расхождение между суммами превышений, полученными из нивелирования первым и вторым нивелирами, — 70% от доп. в мм.

На трассе дороги могут быть расположены различные сооружения: участковые станции, разъезды, мастерские, станции обслуживания, заправочные колонки, сооружения (мосты, трубы), поселки, водоотводящие устройства и др. Для проектирования этих объектов необходимо иметь крупномасштабные планы соответствующих участков местности. Съёмка таких участков ведется в масштабах 1:2000... 1:500 тахеометрическим способом с опорой на точки трассы.

Для съёмки больших площадок создают планово-высотное обоснование в виде теодолитных и нивелирных полигонов. Съёмку узкой полосы вдоль трассы ведут по поперечным профилям, разбиваемым на пикетах и плюсовых точках трассы. При наличии крупномасштабных фотопланов подробных съёмочных работ на трассе не ведут. На фотопланах обновляют и дополняют ситуацию, в необходимых местах рисуют рельеф.

По окончании полевых работ материалы трассирования обрабатывают: проверяют полевые журналы, уравнивают нивелирные и теодолитные ходы, вычисляют отметки и координаты точек трассы, составляют планы, продольный и поперечные профили участков дороги.

Заполнение граф сетки профиля.

Продольный профиль разбитой на местности трассы — основной документ, полученный в результате изысканий. Им постоянно пользуются при проектировании и строительстве железной и автомобильной дорог, а также в процессе эксплуатации.

Профиль составляют в масштабах: горизонтальном — 1:5000 для автомобильной дороги и 1:10000 для железной дороги; вертикальном — соответственно 1:500 и 1:1000. На продольный профиль (рис. 1) в соответствующие графы вписывают все данные, необходимые для проектирования дороги.

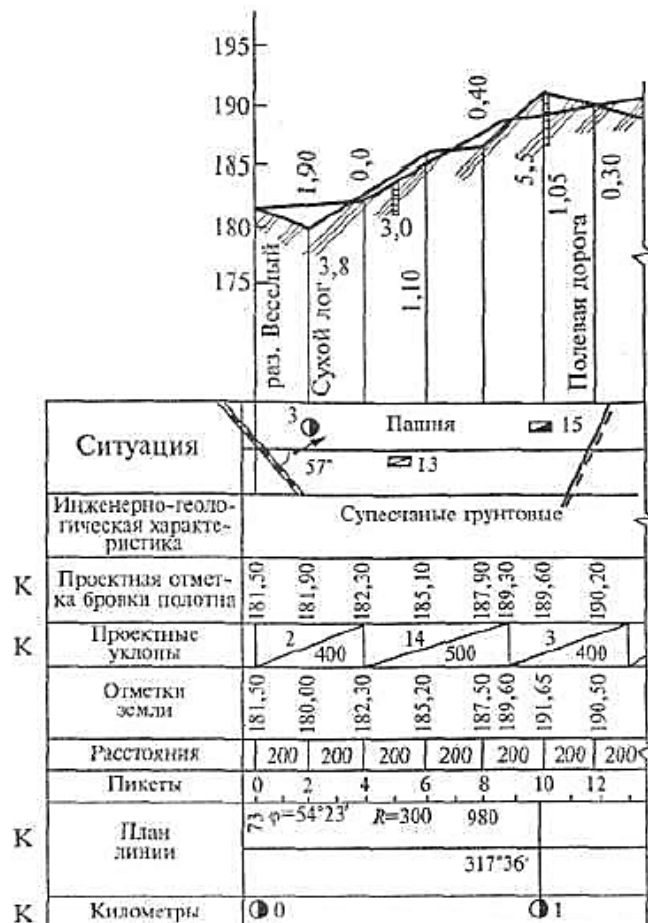


Рис. 1. Продольный профиль участка трассы железной дороги.

Исходными данными для составления продольного профиля трассы являются результаты обработки журнала нивелирования, ведомость прямых и кривых и пикетажная книжка. Для построения продольного профиля используется миллиметровая бумага соответствующих размеров. Построение продольного профиля трассы выполняют в двух различных масштабах: МГ и МВ. МГ - масштаб для горизонтальных построений (горизонтальных проложений), МВ - масштаб для вертикальных построений (высот). МВ обычно берется в 10 раз крупнее МГ. Построение профиля выполняют карандашом, начинают его с вычерчивания сетки профиля. На рис. 2 приведены форма и размеры упрощенного вида сетки (боковика) продольного профиля, содержащей графы, характерные для многих видов линейных сооружений. Полный состав сетки для каждого вида сооружения можно найти в ГОСТах. Боковик (сетку профиля) располагают в левой нижней части листа формата А3, отступив от нижнего края 2-3 см, от левого края - не менее 1 см.

<i>Развернутый план трассы</i>		20
<i>Проектные данные</i>	<i>Уклоны, ‰</i>	10
	<i>Отметка оси дороги, м</i>	15
<i>Фактические данные</i>	<i>Отметка земли, м</i>	15
	<i>Расстояния, м</i>	10
<i>Пикеты</i> <i>Элементы плана</i> <i>Километры</i>		40
10	55	

Рис. 2. Упрощенного вида сетки (боковика) продольного профиля.

Справа от сетки размещается информация о продольном профиле. Длина профиля выбирается в соответствии с длиной трассы и горизонтальным масштабом продольного профиля. Для примера, приведенного в прил.6, общая длина равна 270 мм. Из них 65 мм отводится для граф сетки, 5 мм - на разрыв сетки с профилем и 200 мм - на сам профиль.

При этом необходимо проследить, чтобы начало профиля совпадало с целым сантиметровым делением миллиметровой бумаги. Горизонтальные линии сетки проводятся параллельными линиями, через расстояния, указанные в правой части рис. 2.

Заполнение граф сетки (см. рис. 2.) ведут в следующей последовательности.

1. Заполняют графу «Расстояния». Для этого в масштабе 1:5000 откладывают пикеты (100-метровки) через 2 см, начиная с нулевого пикета. Пикеты отмечают вертикальными линиями, названия пикетов подписывают в строчке «Пикеты» (ниже графы «Расстояния»). Нумерация пикетов идет от 0 до 9. Пикет, кратный 10, не нумеруют, а показывают километровый знак и подписывают номер километра. Кроме пикетов отмечают положения промежуточных и плюсовых точек. Для этого откладывают расстояния до промежуточных (плюсовых) точек, которые берут с плана трассы или из журналов нивелирования. Такие точки обозначаются ПКЗ +10, ПКЗ+26. Расстояния между плюсовыми точками показывают в метрах и записывают между вертикальными линиями. Например, для плюсовых точек между пикетами 3 и 4 (см. прил. 6) должны быть подписаны расстояния 10, 16, 24, 16 и 34 м, сумма которых должна составлять длину пикета (100 м).

2. В графу «Отметка земли» записывают округленные до сантиметров отметки пикетов и плюсовых точек, которые берут из журнала нивелирования трассы (см. прил. 5). Высота записываемых цифр 3 мм.

3. По данным пикетажной книжки, составленной в масштабе 1:2000 (см. прил. 3), в графу «Развернутый план трассы» в масштабе 1:5000 переносят снятую в обе стороны от трассы ситуацию. Перенос результатов съемки может быть осуществлен с чертежа плана трассы. Надписи размеров и плюсовых обозначений контуров не наносят.

Горизонтальная средняя линия графы соответствует спрямленной трассе. На оси трассы стрелками вправо и влево показывают изменения направления трассы (поворот вправо или влево) и подписывают названия вершин углов поворота. При этом вершины углов поворота располагают по их пикетажному значению.

4. Пользуясь ведомостью прямых и кривых, заполняется графа «Элементы плана», располагая точки начала и конца кривой в соответствии с их пикетажным значением. Если закругления устраивают без переходных кривых (радиус круговых кривых более 2000м), положение кривых обозначают пятимиллиметровым смещением проектной линии в сторону поворота. Если закругление устроено с переходной кривой, то ее длину показывают наклонной линией в горизонтальном масштабе со смещением конца переходной кривой в сторону поворота трассы на 5 мм.

Для каждой кривой выписывают ее основные элементы (угол поворота, радиус, длину кривой, тангенс, домер, биссектрису). Если закругление устроено с переходными кривыми, то указывают длину переходной кривой.

Затем из точек начала и конца кривых восстанавливают перпендикуляры до графы «Расстояние». Слева на полученных линиях записывают их плюсовое обозначение (расстояние от предыдущего пикета). Например: пикетажное значение начала кривой равно ПК1+17,22. В соответствии с этим слева от перпендикуляра запишем 17,22, а справа - расстояние до старшего пикета, а именно 82,78 (100-17,22).

Надписи румбов и длин прямых вставок переносят из ведомости прямых и кривых без изменения.

5. В строчке «Километры» на перпендикулярах, опущенных вниз из пикетов, кратных 10, намечают положение километров по трассе (ПКО и ПК) кружками диаметром 5 мм, правую половину которых затемняют. Высота надписей километров 4 мм.

Расчет и нанесение проектной линии.

Проектную (красную) линию наносят в соответствии с заданием на проектирование линейного сооружения (на Рис. 1. проектная линия имеет уклон и не имеет изгибов). Все необходимые расчеты следует производить на отдельных листах.

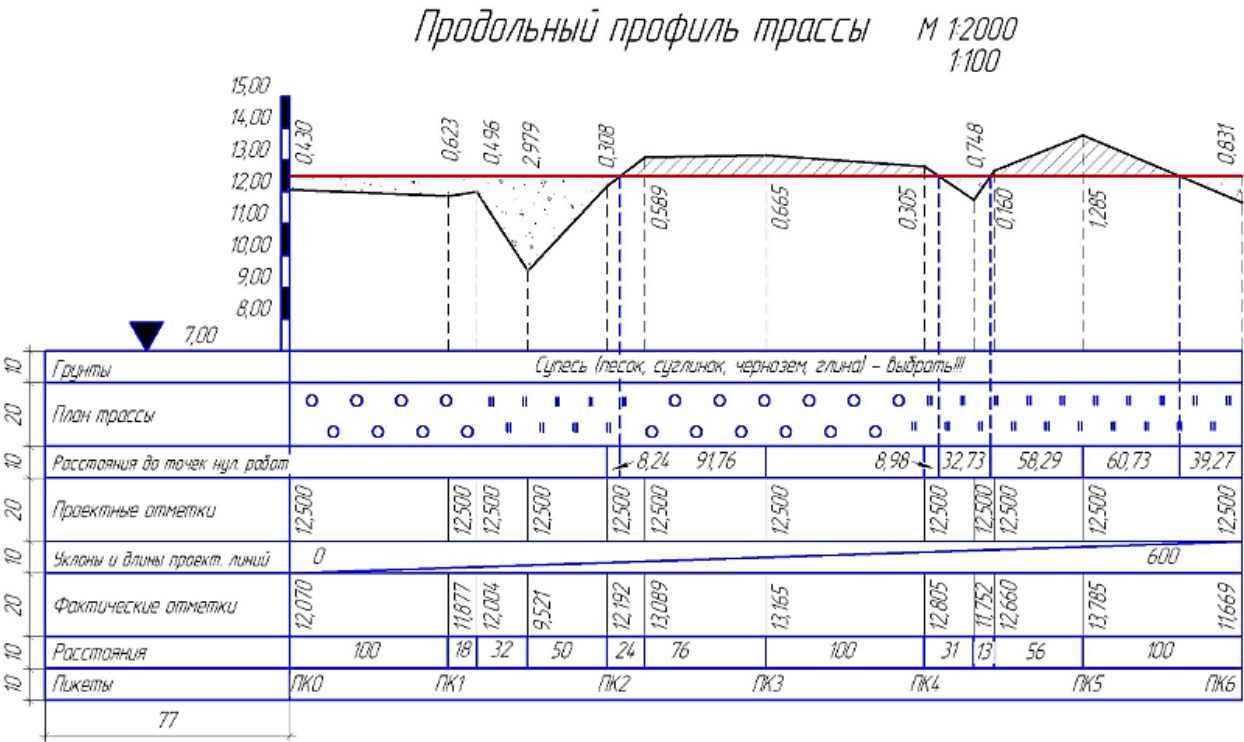


Рис. 1. Продольный профиль участка трассы автомобильной дороги.

Последовательность построения.

1. **Заполняем графу 5 уклонов**, прочерчивая в ней в местах переломов (изменений уклона) проектной линии вертикальные перегородки. У каждой перегородки, слева и справа вдоль нее, вертикально записывают расстояния в метрах на местности от места данного изменения уклона до ближайших заднего и переднего пикетов. Если это изменение происходит на пикете, то с обеих сторон пишут нули.

Внутри каждого узкого прямоугольника, на которые будет разбита графа уклонов (может быть одна линия, на всём протяжении трассы), проводят диагональ: из нижнего левого угла в верхний правый, если уклон отрицательный (линия идет на понижение), или из нижнего левого в верхний правый, если уклон положительный. На горизонтальных отрезках трассы посередине графы проводят горизонтальную черту. Над диагональю или горизонтальной чертой указывают значение проектного уклона в тысячных, а под ней — длину заложения в метрах, на которое этот уклон распространяется.

2. Вычисляют проектные (красные) отметки точек ПК 1 - ПК 5. В начале трассы на ПК 0, записывают проектную отметку, равную фактической отметке ПК 0 плюс 0,430 м. Так же проектная отметка ПК 6 или задаётся или берётся равная существующему сооружению ПК 6 плюс 0,831 м. Отметки остальных точек вычисляют по формуле

$$H_{\text{пк}} = H_{\text{пк} - 1} + id,$$

где $H_{\text{пк}}$ — определяемая проектная отметка; $H_{\text{пк} - 1}$ — известная проектная отметка предыдущей точки; i — проектный уклон; d — горизонтальное расстояние (заложение) между точкой, в которой определяется отметка, и предыдущей.

Вычисленные проектные отметки округляют до сотых долей метра, после чего записывают **в графу 4 проектных отметок**.

Вычисляют проектные отметки всех остальных пикетов и плюсовых точек профиля (по той же формуле). Во избежание лишних ошибок в вычислениях рекомендуется за предыдущую точку с отметкой $H_{\text{пк} - 1}$ всегда брать начало данного элемента проектной линии, учитывая расстояние от этой начальной точки до точки, отметка которой вычисляется. Вычисленные отметки записывают в графу 4.

3. На каждом пикете и плюсовой точке профиля вычисляют рабочие отметки (высоты насыпей или глубины выемок) как разность проектной и фактической отметок. На выемках рабочие отметки записывают над красной линией. Над точками пересечений черной линии профиля с проектной, называемыми точками нулевых работ (или переходными), записывают рабочие отметки 0,00.

Оформление профилей.

Все надписи и построения аккуратно выполняют тонкими линиями.

Красным цветом оформляют проектную линию.

Черным цветом показывают перпендикуляры из точек нулевых работ на линию условного горизонта, рабочие отметки 0,00, **синим** отметки (высоты) точек нулевых работ, горизонтальные расстояния x и y , а также линии пикетажа (нижние линии граф).

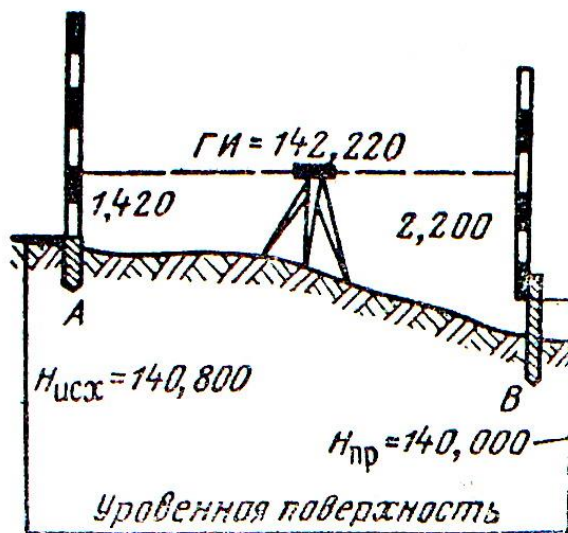
Все остальные линии, надписи и цифры выполняют **черным цветом**.

РАЗДЕЛ 6. Элементы инженерно-геодезических разбивочных работ.

Тема 6.1 Содержание и технология работ по выносу проектных элементов в натуру.

Вынос проектных величин в натуру.

Для определения положения объекта на местности и разбивки его осей в плане определяют горизонтальные элементы проекта – горизонтальные углы и расстояния; для



размещения объекта по высоте – превышения и уклоны. В зависимости от необходимой точности данные для выноса проекта в натуру готовят графическим, аналитическим и графоаналитическим способами.

Наиболее распространен графоаналитический способ: координаты проектных точек измеряют на плане, а координаты точек геодезической основы берут из ведомостей и каталогов координат. По ним вычисляют расстояния и направления.

Результаты подготовки данных отображают на **разбивочном (рабочем) чертеже** – схеме объекта с числовыми величинами, определяющими его плановое положение и размещение основных точек и осей.

Разбивочные работы по существу сводятся к фиксации на местности точек, определяющих проектную геометрию сооружения. **Плановое положение** этих точек может быть определено с помощью построения на местности проектного угла от исходной стороны и отложения проектного расстояния от исходного пункта, а **высотное** – вынос проектных отметок в натуру.

Вынесение на местность точки по ее проектной отметке и линии заданного уклона.

Чтобы вынести на местность точку **В** с проектной отметкой $H_{пр}$, нивелир устанавливают посередине между исходной точкой и определяемой; приводят в рабочее положение. Рейку устанавливают на исходную точку (точка, отметка $H_{исх}$ которой должна быть известна или перенесена от пункта высотной геодезической сети) и берут отсчет **а**.

По формуле $ГИ = H_{исх} + а$ вычисляют горизонт инструмента. Зная проектное значение отметки $H_{пр}$ точки **В**, вычисляем отсчет **б** как $ГИ - H_{пр}$, который должен быть на рейке, установленной на точке **В** с проектной отметкой $H_{пр}$. Поднимая или опуская рейку в точке **В**, добиваемся, чтобы отсчет по рейке соответствовал предвычисленному. Пятка рейки и будет соответствовать проектной отметке, которую фиксируют на местности забивкой колышка либо другим способом.

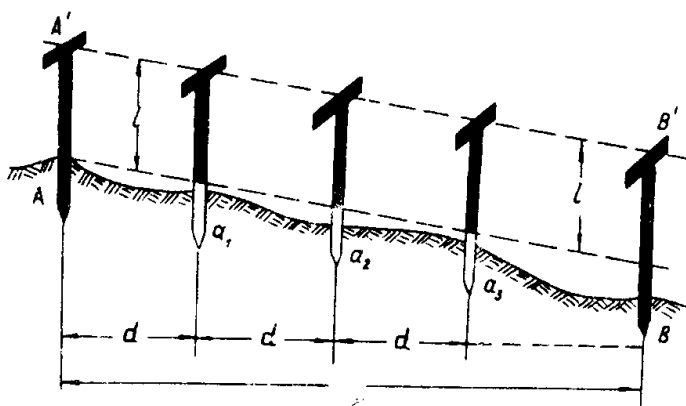
Пример. Построить на местности точку **В** с проектной отметкой 140,000м, если отсчет по рейке, установленной на исходной точке **А** с отметкой 140,800, составил 1,420 м. Горизонт инструмента $ГИ = 140,800 + 1,420 = 142,220$. С учетом проектной отметки H точки **В** вычислим отсчет по рейке, который должен быть на, рейке, установленной на этой точке ($142,220 - 140,000 = 2,200$) (см. рис.).

Путем перемещения по высоте временного знака, фиксирующего на местности определяемую точку, добиваемся, чтобы отсчет по рейке, установленной на этот знак, был равен 2,200. При таком положении рейки пятка будет соответствовать проектной отметке 140,000 м.

Построение проектной линии с заданным уклоном.

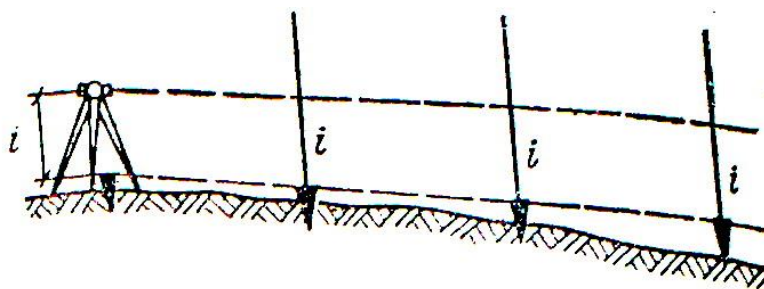
В том случае, когда необходимо построить на местности линию с нулевым уклоном, т. е. горизонтальную линию, задача сводится к переносу на местность проектной отметки $H_{пр}$, но не для одной точки, как было рассмотрено выше, а для ряда точек, лежащих в створе этой линии. Чтобы построить наклонную линию с проектным уклоном i , предварительно вычисляют проектные отметки H_i точек, отстоящих на расстоянии d_1, d_2, d_3 и т. д. от исходной точки A , по формуле

$$H_1 = H_{исх} + i \cdot d_1; \quad H_2 = H_{исх} + i \cdot d_2; \quad H_3 = H_{исх} + i \cdot d_3 \text{ и т. д.}$$



Затем по горизонту инструмента вычисляют отсчеты по рейке a_1, a_2, a_3 на определяемых точках по их проектным значениям $H_1, H_2, H_3...$ Перенос на местность проектных отметок можно выполнить способом, изложенным выше.

Работу по переносу проектных отметок на промежуточные точки линии с заданным уклоном, на концах которой уже вынесены проектные отметки, можно выполнить при помощи теодолита либо нивелира следующим образом.



Установив прибор над исходной точкой, измеряют его высоту i , после чего визируют зрительной трубой теодолита (для нивелира наклоняем зрительную трубу с помощью подъемных винтов) на рейку, установленную на конечной точке, на отсчет i , соответствующий высоте инструмента (вместо рейки можно с успехом использовать Т-образную визирку, высота которой равна высоте инструмента). Промежуточные точки, расположенные в створе проектной линии, закрепляют на местности по высоте таким образом, чтобы отсчет i по рейке, устанавливаемой в этих точках, соответствовал высоте инструмента.

Пример. Необходимо закрепить на местности точки через 20 м вдоль линии с уклоном $-0,01$ при условии, что начальная точка линии имеет отметку 134,000 м, а отсчет по рейке на этой точке $a = 1,320$ м.

Вычисляем ГИ:

$$\text{ГИ} = H_{\text{исх}} + a = 134,000 + 1,320 = 135,320 \text{ м}$$

По формуле $H_{\text{пр}} = H_{\text{исх}} + i \cdot d$ вычислим проектные отметки определяемых точек:

$$H_1 = H_{\text{исх}} + i \cdot d_1 = 134,000 + (-0,01 \cdot 20,00) = 133,800 \text{ м};$$

$$H_2 = H_{\text{исх}} + i \cdot d_2 = 134,000 + (-0,01 \cdot 40,00) = 133,600 \text{ м};$$

$$H_3 = H_{\text{исх}} + i \cdot d_3 = 134,000 + (-0,01 \cdot 60,00) = 133,400 \text{ м и т. д.}$$

Вычислим отсчеты по рейке на точках 1, 2, 3 ...если горизонт инструмента ГИ равен 135,320 м:

$$a_1 = \text{ГИ} - H_1 = 135,320 - 133,800 = 1,520 \text{ м};$$

$$a_2 = \text{ГИ} - H_2 = 135,320 - 133,600 = 1,720 \text{ м};$$

$$a_3 = \text{ГИ} - H_3 = 135,320 - 133,400 = 1,920 \text{ м и т. д.}$$

Закрепленные через 20 м на местности точки изменяем по высоте таким образом, чтобы отсчеты по рейке на них соответствовали вычисленным значениям.

Элементы геодезических построений на строительной площадке.

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.

Элементами геодезических разбивочных работ принято считать проектные углы, отрезки, точки с проектными отметками, линии проектного уклона, которые необходимо построить для перенесения проекта планировки и застройки с плана на местность.

Основные элементы плановых разбивочных работ

Основными элементами плановых разбивочных работ, содержащимися в различных комбинациях в отдельных способах выноса в натуру сооружений, являются: построение линий и углов заданных размеров, построение линий (осей) в заданном направлении.

1) Построение линий заданной длины

Построение линий заданной длины сводится обычно к построению и закреплению на местности наклонного расстояния s , соответствующего проектному горизонтальному расстоянию d . Процесс построения состоит из нескольких операций: приближенного отложения длины линии, измерения точного значения отложенной длины, сравнения ее с проектным значением и смещения конечной точки в проектное положение.

Приближенное значение длины линии s откладывают мерной лентой или рулеткой, конец линии фиксируют (точка B на рис.1).

Точное значение отложенной длины измеряют в зависимости от точностных требований мерной рулеткой, проволоками, параллактическим способом, оптическими и лазерными дальномерами.

Горизонтальное проложение d получают по измеренному наклонному расстоянию s и углу наклона или превышению h :

$$d = s - \frac{h^2}{2s}.$$

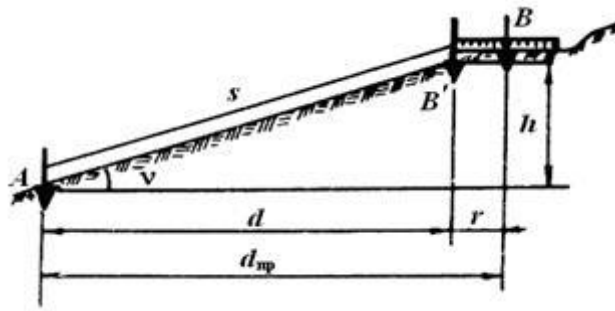


Рис. 1. Схема построения линии заданной длины

При измерении длины наклонной линии рулеткой учитывают поправки за компарирование и температуру окружающей среды.

$$d_{\text{пр}}$$

Полученное значение горизонтального проложения d сравнивают с проектным и на величину их разности

$$r = d_{\text{пр}} - d$$

смещают точку B с помощью линейки в проектное положение B .

2) Построение горизонтального угла проектной величины

Проектные углы откладывают от направлений исходных сторон, закрепленных пунктами разбивочной сети, или от уже разбитых осей сооружений.

При построении угла с точностью прибора в вершине угла O устанавливают теодолит (рис. 2), наводят зрительную трубу на визирную марку, расположенную над точкой (пунктом) A , и снимают отсчет по горизонтальному кругу, затем вычисляют отсчет, соответствующий проектному углу.

Знак «минус» в формуле соответствует отложению угла против часовой стрелки. Далее разворачивают зрительную трубу до вычисленного отсчета и на требуемом расстоянии в створе визирной оси фиксируют на местности точку B . Чтобы исключить влияние приборных погрешностей (коллимационной, неравенства подставок трубы и др.), угол откладывают второй раз, при другом положении вертикального круга, и отмечают точку B' . Делением отрезка BB' пополам находят точку B и закрепляют ее. Направление OB составляет с исходным направлением OA проектный угол в пределах точности теодолита.

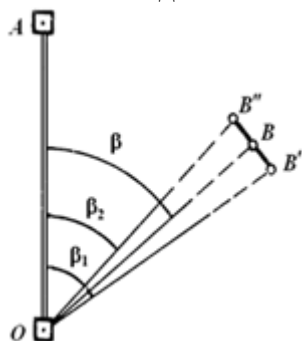


Рис. 2. Построение угла с точностью прибора

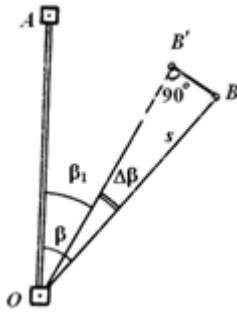


Рис. 3. Построение угла с повышенной точностью

Для построения угла с повышенной точностью используют способ приближений. Вначале в точке O (рис. 3) строят угол AOB описанным выше способом, затем измеряют его с заданной точностью (необходимое количество приемов). Далее вычисляют разность между измеренным углом и его проектным значением

и находят отрезок

$$BB' = s \frac{\Delta\beta''}{\rho''},$$

где $\Delta\beta''$ - угол в радианах, выраженный в секундах.

Отложив на местности отрезок BB' перпендикулярно к линии OB , получают проектный угол AOB заданной точности. При положительном значении точку смещают вправо, а при отрицательном - влево от линии OB .

3) Построение линии проектной длины в заданном направлении

На пересеченной местности линии большой длины разбивают способами вешения и теодолитного хода.

При способе вешения (рис. 4.) теодолит устанавливают в точке B и от направления на точку A строят при двух положениях вертикального круга угол, равный 180° . За окончательное положение точки C принимают среднее из двух вынесенных точек. Затем измеряют расстояние BC и переносят теодолит на точку C . Аналогично выставляют в створе линии BC (AB) последующие точки D, E и другие, пока не будет построена линия проектной длины.

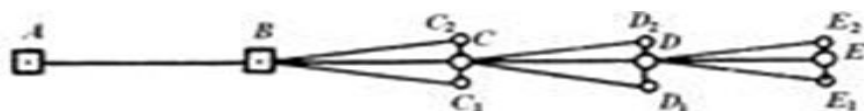


Рис. 4. Построение линий способом вешения

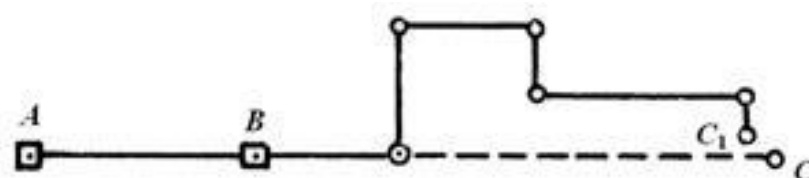


Рис. 5. Построение линий способом теодолитного хода

При наличии в створе линии AB препятствий (временных и постоянных сооружений, котлованов и пр.) для отложения линии проектной длины в заданном направлении применяют способ теодолитного хода (рис. 5.). В этом способе ход прокладывают в обход препятствий, разворачивая трассу каждый раз под углом 90° . Затем контролируют проложение проектной длины по сумме длин сторон, параллельных направлению AB , вычисляют координаты конечной точки C' хода и сравнивают их с проектными координатами точки C . Далее находят длину и направление отрезка $C'C$, откладывают его и закрепляют точку C .

4) Построение заданного направления вне пункта разбивочной сети

Направления осей сооружений можно вынести способом угловых ходов. В отличие от теодолитного хода в угловом ходе измеряют только углы поворота трассы. В простейшем случае, когда с точки P главной (основной) оси сооружения виден пункт B разбивочной сети, угловой ход может состоять всего из двух поворотных углов (рис. 6).

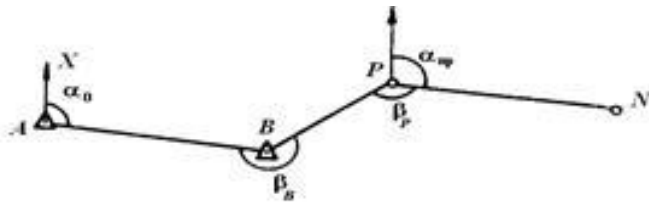


Рис. 6. Построение проектного направления способом углового хода

В рассматриваемом случае дирекционный угол конечной стороны хода равен проектному значению дирекционного угла оси сооружения. Тогда:

$$\alpha_{\text{пр}} = \alpha_0 + 180^\circ \cdot 2 - (\beta_B + \beta_P)$$

$$\beta_P = 360^\circ + (\alpha_0 - \alpha_{\text{пр}}) - \beta_B$$

Практически ось сооружения выносят в натуру в такой последовательности. На пункте B выставляют теодолит, а на пункте A и точке P - визирные марки (вехи). Далее измеряют угол и по формуле вычисляют значение угла. Затем переносят теодолит на точку P и откладывают горизонтальный угол. Положение точки N фиксируют.

Составление разбивочного чертежа

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

Его составляют в масштабах 1:500... 1:2000, а иногда и крупнее в зависимости от сложности сооружения или его элементов, и которые выносятся в натуру. 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 подписываются 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 в 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 от конкретного объекта и условий его строительства.

Полевые работы по вынесению на местность основных осей здания, закрепление осей, обноска, виды обноска

Разбивочные работы для строительства здания начинают с вынесения на местность его основных осей, роль которых обычно исполняют линии, определяющие контур здания в плане. Основные оси закрепляют на местности в местах их пересечения и ставят створные знаки на продолжениях осей. Створные знаки располагают в местах, свободных от предстоящих строительных работ, на расстоянии не менее 15 м от контура здания и удобных для установки геодезических приборов, и выполнения измерений.

Положение точек закрепления осей определяют в ходе составления проекта, где указывают их проектные координаты x , y , выраженные в единой для проекта системе координат. В этой же системе координат должны быть выражены и координаты пунктов геодезической разбивочной сети.

На местность точки закрепления осей выносят обычно способом полярных координат. Так, для вынесения точки Б5 (см. рис. 1) электронный тахеометр устанавливают на пункте 7 разбивочной сети, ориентируют зрительную трубу на пункт 6 и по координатам точек Б5, 7, 6 вычисляют разбивочный угол β_1 и расстояние d_1 . Поворачивая алидаду, откладывают вычисленный угол, ориентируя трубу в направлении на Б5. Перемещая в этом направлении отражатель, откладывают расстояние d_1 . Найденное положение точки Б5 закрепляют. Правильность выноса точки контролируют измерениями с другого пункта сети с вычислением фактически полученных координат точки.

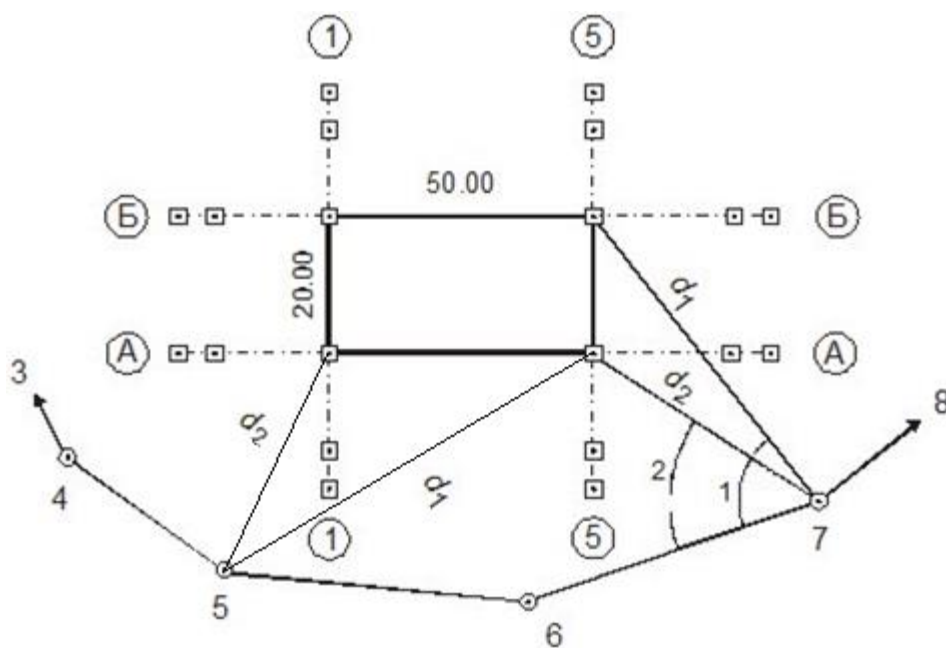


Рис.1. Схема вынесения и закрепления на местности основных осей здания:

Закрепление точек выполняют: в земле - обрезком рельса, штыря или трубы с бетонным якорем, на существующих сооружениях - специальными марками.

По результатам закрепления осей составляют акт разбивки осей здания и исполнительный чертеж.

Для закрепления осей и передачи их в котлован или на фундаменты по периметру здания устраивают обноску.

Обноска бывает:

- 1) сплошная – ряд вкопанных в Землю столбов с шагом 2-3 м прибитой к ним доской толщиной 3-4 см.
- 2) скамеечная – состоит из 2-х столбов и доски, расположенных перпендикулярно линии основных осей.
- 3) створная – состоит из отдельных столбов, каждая пара которых закрепляет одну из осей.
- 4) металлическая – наиболее рациональная и прочная. Для ее устройства используют металлические стойки и горизонтальные штанги.

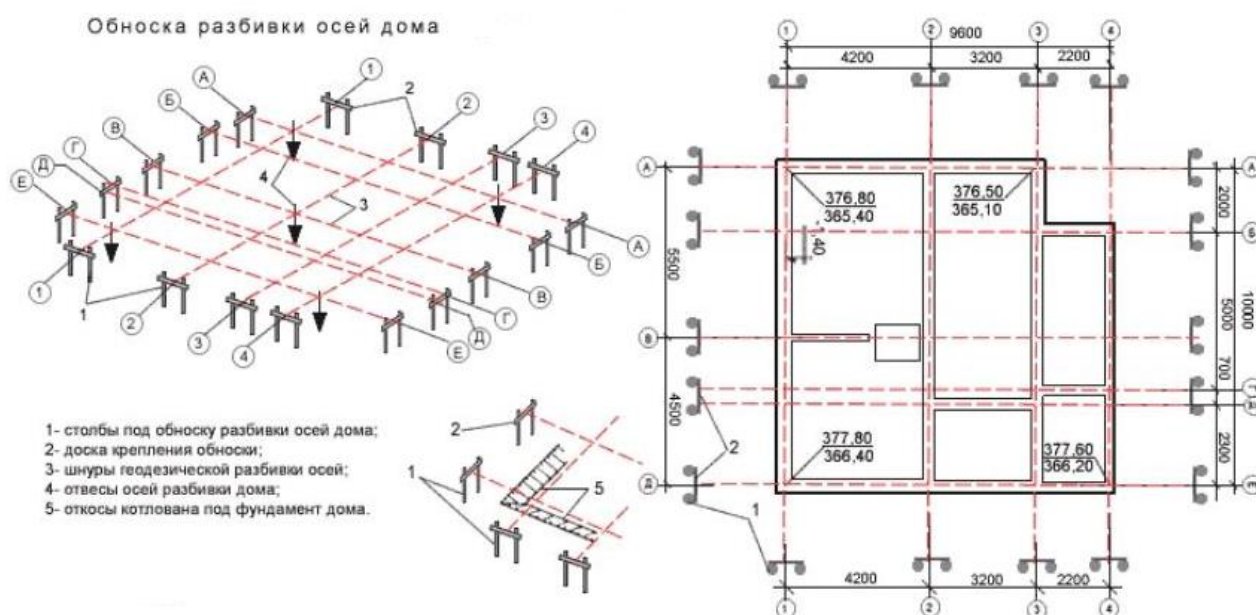


Рис. 2. Обноска для закрепления осей и их передачи.

Обноску строят на расстоянии 3-5 м от котлована. Столбы обноски закапывают на глубину 1 м. Доски прибивают на одном или разных уровнях, высотой от 40 см до 3 м.

Для того, чтобы не допускать ошибок в линейных измерениях и за наклон проектных расстояний, отложенных на обноске, она должна быть горизонтальной, а ее стороны прямолинейны и параллельны осям здания.

От реперов на обноску переносят и отмечают краской точки и нулевые горизонты (уровень чистого пола 1 этажа), от которых откладывают глубину фундамента, уровень полов и т.д.

В процессе строительства состояние обноски и положение осей должны периодически контролироваться на случай восстановления утраченных осей на обноске. Их дополнительно закрепляют створными знаками расположенными в защищенных от повреждения местах.

Применяется при возведении высотных зданий (от 12 этажей).

Сущность заключается в том, что основные точки разбивочной сети на исходном горизонте через отверстия в перекрытиях проектируют на монтажные горизонты с помощью прибора вертикального визирования.

Чтобы перенести точку сети на монтажный горизонт прибор центрируют над точкой на исходном горизонте. Над отверстием на монтажном горизонте закрепляют марку-палетку, таким образом. Чтобы стороны палетки были параллельны основным осям. Палетка представляет собой визирную марку в виде сетки квадратов, нанесенных на прозрачный материал, размером 20х20 см.



Рис. 2. Марка-палетка.

Приведя прибор в рабочее положение отмечают на палетке 4 отсчета, изменяя каждый раз положение прибора на 90° . Средний отсчет принимают за искомую точку.

Тема 6.2 Понятие о геодезическом контроле установки конструкций в плане и по высоте.

Геодезический контроль и проверка установки строительных конструкций производятся практически в трех ситуациях, а именно:

- при установке монтажного оборудования, конструкций, опалубки;
- при окончательном выставленном их положении перед заливкой бетоном, сваркой закладных деталей, болтов или других, предусмотренных технологией приемов закрепления;
- при приемочном контроле.

Проверка устройства монтажных конструкций, опалубки, колонн

При выполнении монтажных работ по установке системной опалубки или готовых железобетонных, металлических конструкций строительными нормами и правилами, технологическими картами, проектами производства работ предусматривается измерительный контроль геометрических параметров, характеризующих проектное и пространственное их положение.

Геометрической основой для установки конструкций и оперативных их проверок служит геодезическая внутренняя разбивочная сеть этажа (яруса) и результаты детальных разбивочных работ по выносу монтажных, установочных или вспомогательных осей.

Устройство опалубки стен и колонн выполняют на основании схемы разбивки. От монтажных осей до внутреннего контура опалубки по всему ее периметру с помощью рулетки производится разметка установочных осей, которые фиксируются на перекрытии строительным карандашом. В обозначенный контур крепятся деревянные маяки (кондукторы), соответствующие ширине стены и стальные стержни для фиксации щитовых панелей. По выполненной разметке мест установки щитов монтируют панели, раскрепляют их при помощи подкосов, соединяют между собой и производят выверку установленного контура опалубки путем измерений стальной рулеткой расстояний от монтажных осей. Контрольные измерения производят в двух крайних положениях нижней ее части. Для щитов длиной более двух метров промеры осуществляются через каждые 1500 мм.

Кроме выставления планового положения нижней части сооружений дополнительно выверяется вертикальность (отвесность) каждой устанавливаемой конструкции. В зависимости от высоты проверяемых сооружений применяются различные инструменты и способы измерений. Так при их высоте до трех метров применяется шнуровой отвес, строительный уровень длиной 2-3 метра. Если высота достигает свыше трех метров, применяют уже оптические теодолиты, лазерные нивелиры, построитель плоскостей (например PLS-5), электронные тахеометры.

Измерения вертикальности поверхностей сооружений определяются следующими способами:

- с использованием строительного отвеса и рулетки;
- с применением теодолита и линейки, при установке прибора на монтажной оси;
- рейкой-отвесом;
- с использованием электронного тахеометра, измеряемого горизонтального проложения от точек стояния прибора до нижней и соответственно верхней части сооружения.

Первый способ заключается в следующем. Наверху конструкции (опалубки) на консоли подвешивается отвес, который успокаивается внизу в емкости с вязущей жидкостью или вручну при безветренной погоде. С помощью короткой рулетки (линейки) измеряются горизонтальные расстояния от отвеса до вертикальной плоскости вверх (11) и вниз (12). Измерения проводятся не менее двух раз, при необходимости многократно.

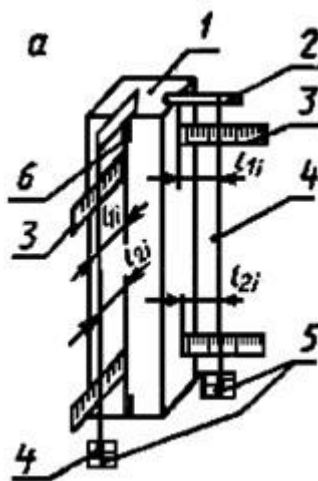


Рис.1. Определение вертикальности плоскости шнуровым отвесом и линейкой (рейкой).

(1 – элемент конструктива; 2 - консольная подвеска шнурового отвеса; 3 – линейка (рейкой).; 4 – шнуровой отвес; 5 – емкость с жидкостью; 6 – вертикальная линия конструктива).

Второй способ подразумевает использование оптического теодолита. Его устанавливают на точку монтажной оси, которая закреплена на перекрытии. После приведения в рабочее положение теодолит ориентируют по монтажной оси на самой удаленной ее точке. В дальнейшем, поочередно возле каждого проверяемого сооружения, снимают отсчеты по вертикальной сетке нитей горизонтальных расстояний на рулетке, линейке или нивелирной рейке, установленных нулем к вертикальной плоскости то вверху, то внизу. Алгебраическая разность верхнего и нижнего отсчетов дает значение предельного отклонения вертикальности, а также направления наклона вертикальной поверхности.

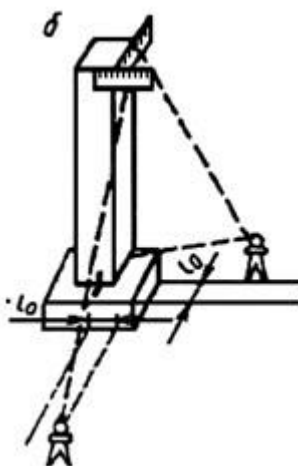


Рис.2. Определение вертикальности теодолитом и линейкой (рейкой).

Третий способ определения заключается в подвешивании на монтируемой конструкции специального устройства рейки-отвеса (Рис.3). И по нему берутся отсчеты по шкале при спокойном состоянии отвеса. После разворота рейки берется второй отсчет. Разность отсчетов дает фактическую точность измерений, а среднеарифметическое значение, - вертикальность поверхности

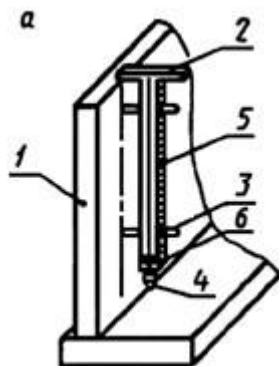


Рис.3. Определение вертикальности рейкой-отвесом

(1 – щитовая панель; 2 - рейка-отвес; 3 - упоры; 4 – шнуровой отвес; 5 - нивелирная рейка; 6 - шкала вертикальных отклонений).

Четвертый способ определения вертикальности поверхностей электронным тахеометром заключается в линейных измерениях горизонтального проложения от прибора до точек по отвесной линии плоскости вверх и вниз элементов конструкций. Разность этих горизонтальных расстояний дает значение вертикальности. Направление наклона вертикальной линии также рассчитывается с учетом того, какое из расстояний имеет большее значение. При выполнении исполнительных съемок готовой строительной конструкции учитывается нижнее плановое ее смещение.

Проверка устройства горизонтальных поверхностей конструкций, опалубки.

При установке горизонтальных этажных перекрытий высотная отметка и горизонтальность опалубки проверяется геометрическим нивелированием с применением нивелира и рейки. Исходными данными для этого служат геодезическая высотная основа в виде рабочих реперов на монтажном горизонте и рабочие чертежи с проектными размерами и отметками перекрытия.

Перед началом работ определяется проектная отметка низа фанеры опалубки. Дополнительно, прибавив к ней +5-10мм, устанавливается запас на просадку так называемой палубы после армирования.

Устанавливают нивелир в рабочее положение между рабочими реперами, и измеряют превышение. Оно должно быть не более ± 5 мм. Определяют горизонт инструмента нивелира (ГИ). Он будет равен алгебраической сумме высотной отметки репера (H_p) и отсчета по рейке (a), установленной на репере.

$$ГИ = H_p \pm a$$

Далее определяют отсчеты, которые должны быть считаны по рейке при установленной опалубке в проектном положении.

$$в = H_{пр} - ГИ$$

где

$в$ – отсчет по рейке, при выставленной опалубке в проектное положение, мм;

$H_{пр}$ – проектная отметка низа фанеры +5-10мм, мм;

ГИ – горизонт инструмента нивелира, мм.

Устанавливая рейку в фанеру палубы и удерживая ее приблизительно в отвесном положении, снимают отсчет по рейке, который должен соответствовать расчетному отсчету ($в$). При несоответствии отсчета опорным винтом стоек поднимают или опускают плоскость палубы в данной точке, добиваясь необходимого отсчета по рейке в перекрестии сетки нитей нивелира. Такой контроль горизонтальности выставления палубы выполняют через каждые 2-4 метра по всему этажному перекрытию.

Исполнительные съемки

Исполнительная съемка осуществляется при геодезическом контроле и приемке элементов и конструктивов зданий. В процессе их проведения определяют соответствие как планового, так и высотного положений проектным положениям.

Рис.4. Исполнительная схема этажа.

Перечень рекомендуемых учебных изданий

Основные источники:

1. Киселев М.И., Михелев Д.Ш. Геодезия ОИЦ "Академия" - 2019, 315 с

Дополнительные источники:

1. Киселев М.И., Лукьянов В.Ф. Лабораторный практикум по геодезии М., Стройиздат – 1987

2. Орлов А.И. Рабочие тетради по геодезии, 2001

3. Фельдман В.Д., Михелев Д.Ш. Основы инженерной геодезии М.:»Высшая школа»- 2001, 315с

4. Давыдов М.Ф., Прудников Г.Г Геодезия М.: «Недра» - 1984, 174с

Интернет-ресурсы: Стройкомпас

Периодические издания: журнал «ГЕОПРОФИ»

Журнал «Геодезия и картография»